NOUVEAU GRAND PARIS

**GRAND PARIS EXPRESS** LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

# DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION
## (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.3**

# Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

Analyse des impacts et présentation des mesures associées

# Sommaire


**1. Analyse des impacts et mesures associées pour la Ligne 15 Sud ..... 9**

**1.1 Climatologie ..... 11**

1.1.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie ..... 11

1.1.2 Impacts et mesures en phase exploitation concernant la climatologie ..... 11

1.1.3 Risques liés à la foudre ..... 11

1.1.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la climatologie ..... 12

**1.2 Relief et topographie ..... 13**

1.2.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et la topographie ..... 13

1.2.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et la topographie ..... 14

1.2.3 Synthèse des impacts et mesures associées concernant le relief et la topographie ..... 14

1.2.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et la topographie ..... 15

**1.3 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation ..... 16**

1.3.1 Principes et stratégie retenus de prise en compte du risque inondation dans le projet en lit majeur ..... 16

1.3.2 Conformité du projet aux Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI) ..... 23

1.3.3 Mesures générales de limitation des impacts ..... 29

1.3.4 Analyse détaillée par ouvrage ou groupe d'ouvrages ..... 30

1.3.5 Moyens de surveillance et d'intervention ..... 119

1.3.6 Prise en compte de la directive « inondation » ..... 120

1.3.7 Compatibilité avec le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands ..... 125

1.3.8 Synthèse relative à la gestion du risque inondation ..... 127

**1.4 Eaux superficielles - Gestion des eaux pluviales ..... 134**

1.4.1 Ouvrages concernés et principes généraux ..... 134

1.4.2 Moyens de surveillance et d'intervention ..... 141

1.4.3 Clés de lecture des fiches descriptives ..... 142

1.4.4 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les gares ..... 143

1.4.5 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les sites de maintenance ..... 180

1.4.6 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les ouvrages annexes ..... 186

1.4.7 Synthèse sur la gestion des eaux pluviales ..... 200

**1.5 Géologie et risques associés ..... 203**

1.5.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques géologiques ..... 203

1.5.2 Impacts du projet associés à la présence d'anciennes carrières ..... 226

1.5.3 Impacts du projet liés à la présence de gypse ..... 249

1.5.4 Impacts du projet liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface ..... 252

1.5.5 Impacts du projet liés à la présence d'argile dans le sous-sol ..... 254

1.5.6 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie ..... 255

**1.6 Hydrogéologie ..... 259**

1.6.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques hydrogéologiques ..... 259

1.6.2 Impacts du projet en phase travaux sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques) ..... 287

1.6.3 Impacts en phase d'exploitation sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques) ..... 336

1.6.4 Impacts liés au rejet des eaux souterraines en phase travaux et exploitation en mesures d'accompagnement ..... 340

1.6.5 Impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation (« effet barrage ») et mesures d'accompagnement ..... 354

1.6.6 Impact de la construction et de l'exploitation du projet sur la qualité des eaux souterraines - mise en communication de nappes ..... 385

1.6.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'hydrogéologie ..... 388

1.6.8 Couts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrogéologie en phase travaux et exploitation ..... 392

**1.7 Occupation du sous-sol ..... 393**

1.7.1 Impacts directs et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol ..... 393

1.7.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'occupation du sous-sol ..... 411

1.7.3 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'occupation du sous-sol ..... 412

1.7.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement relatives à l'occupation du sous-sol ..... 417

**1.8 Gestion des terres et des milieux pollués ..... 418**

1.8.1 Gestion des déblais ..... 418

1.8.2 Risques pyrotechniques ..... 433

1.8.3 Pollution du milieu souterrain ..... 433

1.8.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la gestion des terres et milieux pollués ..... 453

**1.9 Vibrations ..... 455**

1.9.1 Plan de management des bruits et vibrations en phase exploitation ..... 455

1.9.2 La réglementation et les valeurs cibles ..... 455

1.9.3 La nature des risques d'impact vibratoire du projet .....457
1.9.4 Analyse des vibrations liées au projet .....459
1.9.5 Modélisations détaillées et résultats .....465
1.9.6 Mesures d'accompagnement en phase chantier .....478
1.9.7 Mesures d'accompagnement en phase exploitation .....478
1.9.8 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux vibrations .....479
**1.10 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques .....482**
1.10.1 Généralités sur les impacts et démarche ERC.....482
1.10.2 Secteurs d'aménagement ne présentant pas d'impact sur la faune, la flore et les continuités écologiques.....485
1.10.3 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques limités .....487
1.10.4 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques significatifs.....502
1.10.5 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels et mesures de compensation ...525
1.10.6 Mesures de suivi concernant le milieu naturel .....533
1.10.1 Synthèse des impacts et mesures associées relative au milieu naturel .....534
1.10.2 Coûts liés aux mesures d'accompagnement .....540
**1.11 Boisements au sens du Code forestier .....543**
1.11.1 Méthodologie d'évaluation des niveaux d'impact.....543
1.11.2 Synthèse des surfaces de boisements défrichées.....543
1.11.3 Impacts et mesures d'évitement et de réduction à l'échelle du fuseau d'étude .....543
1.11.4 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du Fort de Vanves .....546
1.11.5 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Bry-Villiers-Champigny .....546
1.11.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du SMR de Champigny .....547
1.11.7 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Noisy-Champs .....548
1.11.8 Mesures de compensation concernant les boisements .....549
1.11.9 Coûts liés aux mesures d'accompagnement .....549
1.11.10 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux boisements .....550
**1.12 Natura 2000.....552**
1.12.1 Présentation du site Natura 2000 le plus proche.....552
1.12.2 Les entités de la ZPS à proximité du fuseau d'étude .....552
1.12.3 Incidences du projet en phase chantier .....553
1.12.4 Incidences du projet en phase exploitation .....553
1.12.5 Mesure de suivi .....553
1.12.6 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux sites Natura 2000 .....553
**1.13 Zones humides.....554**
1.13.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de zones humides .....554
1.13.2 Impacts et mesures sur les zones humides en phase chantier .....554
1.13.3 Mesures d'accompagnement sur les zones humides .....563
1.13.4 Impacts et mesures sur les zones humides en phase exploitation .....563
1.13.5 Conclusion relative aux impacts sur les zones humides.....564
1.13.6 Mesures de compensation « Zones Humides ».....566
1.13.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux zones humides .....573
1.13.8 Coûts liés aux mesures .....574
**1.14 Frayères.....576**
1.14.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de frayères .....576
1.14.2 Impacts et mesures sur les frayères en phase travaux .....576
1.14.3 Impacts et mesures sur les frayères en phase exploitation.....592
1.14.4 Mesures d'accompagnement sur les frayères.....593
1.14.5 Conclusion relative aux impacts sur la faune piscicole et les frayères .....593
1.14.6 Mesures de compensation relatives aux frayères .....595
1.14.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la faune piscicole et aux frayères .....612
**1.15 Services écosystémiques .....613**
1.15.1 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude .....613
1.15.2 Impacts et mesures en phase chantier et exploitation concernant les services écosystémiques .....620
1.15.3 Coûts liés aux mesures correctives .....624
1.15.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux services écosystémiques..624
**1.16 Agriculture et pédologie .....626**
1.16.1 Impacts et mesures concernant le milieu agricole .....626
1.16.2 Impacts et mesures sur les sols - Pédologie .....626
1.16.3 Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation .....626
1.16.4 Synthèse du volet agriculture et pédologie.....626
**1.17 Paysage, Patrimoine architectural et archéologie .....627**
1.17.1 Impacts et mesures sur Patrimoine protégé .....627
1.17.2 Impacts et mesures sur le paysage.....636
*1.17.2.21 Impacts des ouvrages annexes* .....655

1.17.3 Patrimoine archéologique .....657
*1.17.3.2 Impacts et mesures en phase* .....657
1.17.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative au paysage, au patrimoine culturel et à l'archéologie .....659
**1.18 Population, emploi et occupation du sol .....660**
1.18.1 Impacts et mesures en phase chantier .....660
1.18.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation .....661
1.18.3 Synthèse des impacts à l'échelle du projet .....671
**1.19 Urbanisme réglementaire .....675**
**1.20 Risques Technologiques.....675**
1.20.1 Rappel des enjeux .....675
1.20.2 Impacts et mesures en phase chantier .....676
1.20.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques .680
1.20.4 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques .....683
1.20.5 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques ..684
**1.21 Mobilité.....685**
1.21.1 Impacts et mesures en phase chantier .....685
1.21.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation .....687
1.21.3 Impacts et mesures à proximité des gares et des ouvrages annexes.....694
1.21.4 Synthèse des impacts et mesures associées liée à la mobilité .....720
**1.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre .....722**
1.22.1 Energie .....722
1.22.2 Energies renouvelables .....726
1.22.3 Emissions de gaz à effets de serre.....743
1.22.4 Synthèse des impacts et associée relative à la consommation énergétique et aux émissions de gaz à effets de serre .....750
**1.23 Environnement sonore.....751**
1.23.1 Impacts et mesures générales en phase chantier .....751
1.23.2 Creusement du tunnel au tunnelier.....753
1.23.3 Ouvrages spécifiques réalisés en méthode traditionnelle .....753
1.23.4 Fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers .....755
1.23.5 Conclusion sur les impacts sonores en phase chantier.....761
1.23.6 Impacts et mesures générales en phase exploitation .....761
1.23.7 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes.....764
1.23.8 Impacts et mesures liés à l'exploitation des sites de maintenance .....765
1.23.9 Conclusion sur les impacts sonores en phase exploitation ..... 765
1.23.10 Méthodologie d'évaluation des impacts spécifiques et définition des objectifs de niveaux sonores..... 766
1.23.11 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des gares et des sites de maintenance .. 768
1.23.12 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des ouvrages annexes..... 788
1.23.13 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'environnement sonore..... 789
**1.24 Ondes électromagnétiques .....802**
1.24.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques ... 802
1.24.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques ..... 803
1.24.3 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques ..... 809
**1.25 Santé et sécurité.....810**
1.25.1 Qualité de l'air ..... 810
1.25.2 Environnement sonore ..... 819
1.25.3 Sécurité routière ..... 819
1.25.4 Synthèse des impacts et mesures liée à la santé et la sécurité ..... 820
**2. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus ..823**
**2.1 Projets connexes aux gares de la Ligne 15 Sud .....825**
2.1.1 Impacts cumulés potentiels ..... 825
2.1.2 Impacts paysagers ..... 825
2.1.3 Impacts sur le sous sol..... 825
2.1.4 Impacts sur le milieu humain ..... 826
**2.2 Autres projets retenus pour l'analyse des impacts cumulés .....826**
2.2.1 Liste des projets retenus ..... 826
2.2.2 Les Contrats de Développement Territorial (CDT) ..... 827
2.2.3 Les projets du secteur de la gare de Pont de Sèvres ..... 832
2.2.4 Les projets du secteur de la gare d'Issy RER ..... 835
2.2.5 Les projets du secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart ..... 835
2.2.6 Les projets du secteur de la gare de Bagneux ..... 836
2.2.7 Les projets du secteur de la gare de Villejuif IGR ..... 838
2.2.8 Les projets du secteur de la gare de Villejuif Louis Aragon ..... 839
2.2.9 Les projets du secteur de la gare des Ardoines..... 839
2.2.10 Les projets du secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny ..... 841

2.2.11 Les projets du secteur de la gare de Noisy-Champs ..... 842
2.2.12 Les autres lignes du Grand Paris Express ..... 842
**2.3 Appréciation des principaux impacts cumulés ..... 843**
2.3.1 Impacts des projets connexes en phase chantier ..... 843
2.3.2 Impacts des projets connexes en phase exploitation ..... 847

**3. Analyse des impacts à l'échelle du Grand Paris Express ..... 851**
**3.1 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express ..... 853**
**3.2 Évaluation pour chaque thématique environnementale ..... 854**
3.2.1 Climatologie ..... 854
3.2.2 Relief – Topographie ..... 854
3.2.3 Géologie ..... 854
3.2.4 L'eau superficielle et souterraine ..... 855
3.2.5 La gestion des déblais ..... 857
3.2.6 La gestion des terres polluées ..... 857
3.2.7 Occupation du sous-sol ..... 858
3.2.8 Vibrations ..... 858
3.2.9 Le patrimoine naturel ..... 859
3.2.10 L'archéologie ..... 862
3.2.11 Le paysage et le patrimoine culturel ..... 862
3.2.12 Risques technologiques ..... 863
3.2.13 Ondes électromagnétiques ..... 863
3.2.14 Population et emplois et étalement urbain ..... 864
3.2.15 La mobilité francilienne ..... 865
3.2.16 Les nuisances sonores ..... 866
3.2.17 Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre ..... 867
3.2.18 La qualité de l'air et la santé ..... 869

**4. Synthèse des impacts et des mesures associées ..... 871**
**4.1 Synthèse des impacts et mesures en réponse aux enjeux localisés ..... 873**
**4.2 Plan de Management Environnemental ..... 881**
**4.3 Bilan environnemental ..... 882**

**5. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols ..... 883**
**5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau ..... 885**
5.1.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands ..... 885
5.1.2 Compatibilité avec les SAGE ..... 889
**5.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets ..... 890**
5.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC ..... 890
5.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP ..... 890
**5.3 Compatibilité du projet avec le SRCE ..... 891**
5.3.1 Notion d'opposabilité du SRCE ..... 891
5.3.2 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale ..... 891
5.3.3 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France ..... 891
**5.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace ..... 892**
5.4.1 Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont ..... 892
5.4.2 Opération d'Intérêt National (OIN) Val Maubuée ..... 894
5.4.3 Contrat de Développement Territorial (CDT) ..... 894
5.4.4 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) ..... 895
5.4.5 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD) ..... 895
**5.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU) ..... 896**
**5.6 Compatibilité avec les périmètres de protection de captage d'eau potable ..... 896**
**5.7 Compatibilité du projet avec le PDUIF ..... 897**

**6. Analyse des coûts collectifs induits par le projet ..... 899**
**6.1 Introduction ..... 901**
**6.2 Coûts de la pollution atmosphérique ..... 901**
6.2.1 Méthodologie ..... 901
6.2.2 Calcul des coûts ..... 901
**6.3 Coûts des accidents de la route ..... 901**
6.3.1 Méthodologie ..... 901
6.3.2 Calcul des coûts ..... 902
**6.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre ..... 902**

6.4.1 Méthodologie ..... 902
6.4.2 Calcul des coûts ..... 903
**6.5 Coûts des nuisances sonores ..... 903**
6.5.1 Méthodologie ..... 903
6.5.2 Calcul des coûts ..... 904
**6.6 Coûts de périurbanisation éludables ..... 904**
6.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle ..... 904
6.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle ..... 905
6.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD ..... 906
**6.7 Synthèse des coûts collectifs ..... 906**

**7. Analyse des méthodes et difficultés rencontrées ..... 907**
**7.1 Préambule ..... 909**
**7.2 Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie, eaux superficielles et pédologie ..... 909**
7.2.1 Climat ..... 909
7.2.2 Topographie ..... 909
7.2.3 Eaux superficielles ..... 909
7.2.4 Pédologie ..... 909
**7.3 Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie .910**
7.3.1 Géologie ..... 910
7.3.2 Hydrogéologie ..... 910
7.3.3 Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques ..... 911
**7.4 Milieux naturel, faune et flore ..... 913**
7.4.1 Niveaux d'enjeux appliqués pour les expertises naturalistes ..... 913
7.4.2 Statuts réglementaires et statuts de rareté/menace des espèces et habitats et définitions ..... 914
7.4.3 Prospections flore / habitat naturel ..... 915
7.4.4 Caractérisation des boisements ..... 915
7.4.5 Inventaire insectes ..... 916
7.4.6 Inventaire avifaune ..... 917
7.4.7 Inventaire amphibiens ..... 918
7.4.8 Inventaire reptiles ..... 919
7.4.9 Inventaire chiroptères ..... 920
7.4.10 Inventaire mammifères ..... 921
7.4.11 Inventaire piscicole et expertise des berges ..... 922
7.4.12 Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites ..... 923
7.4.13 Limites liées à la méthode de travail ..... 929
**7.5 Population, emploi et occupation du sol ..... 930**
7.5.1 Méthodologie ..... 930
7.5.2 Limites ..... 930
**7.6 Mobilité ..... 931**
7.6.1 Méthodologie ..... 931
7.6.2 Limites ..... 933
**7.7 Energie et gaz à effet de serre ..... 934**
7.7.1 Rappel méthodologique ..... 934
7.7.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées ..... 934
**7.8 Bruit et Vibrations ..... 934**
**7.9 Santé ..... 935**
7.9.1 Rappel méthodologique ..... 935
7.9.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées ..... 935

# 1. Analyse des impacts et mesures associées pour la Ligne 15 Sud

## 1.1 Climatologie

Dans ce chapitre, seuls sont pris en compte les impacts induits par le projet sur les aspects météorologiques.

Les impacts induits sur les changements climatiques et les gaz à effets de serre sont abordés dans des parties spécifiques de l'étude d'impact.

### 1.1.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie

#### *1.1.1.1 Impacts directs et indirects*

**Le projet n'a pas d'impact direct sur l'évolution des précipitations et des températures**. En effet, il ne contribue pas de manière directe et perceptible à la production de vapeur d'eau atmosphérique et ne produit pas de chaleur ou de froid en quantité permettant de faire varier de façon perceptible les températures extérieures.

#### *1.1.1.2 Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

### 1.1.2 Impacts et mesures en phase exploitation concernant la climatologie

#### *1.1.2.1 Impacts directs et indirects*

Les impacts se définissent par rapport aux grandeurs mesurées par les stations météorologiques et rappelées ci-dessus.

Dans le cas présent, l'impact consisterait en une variation, à la hausse ou à la baisse de ces valeurs. Or, il est très difficile de relier un impact quel qu'il soit du projet sur ces grandeurs.

Les émergences de grande taille, en particulier certaines gares, seront susceptibles de modifier localement la circulation des vents sur une hauteur dépendant de celle de l'émergence.

L'impact restera localisé autour de l'émergence et dépendra intégralement de la configuration du bâti autour de l'émergence :

- Si le bâti est dense, l'impact sera réduit en superficie par les bâtiments riverains,
- Si le bâti n'est pas dense, l'impact sera d'autant plus étendu que la hauteur de l'émergence est grande.

Ces modifications seront très locales et donc non significatives à l'échelle du territoire sur lequel s'implante le projet.

#### *1.1.2.2 Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

### 1.1.3 Risques liés à la foudre

Le risque de foudre, traduit par le niveau Kéraunique est très faible, dans la zone couverte par le projet. Il n'est cependant pas nul.

#### *1.1.3.1 Ouvrages potentiellement foudroyables*

Le projet étant essentiellement souterrain, les risques de foudroiement sont limités aux émergences, c'est-à-dire aux gares, aux ouvrages annexes et aux sites de maintenance.

Les sites de maintenance (SMR Champigny et SMI Vitry) sont les sites les plus susceptibles d'être foudroyés car la surface de bâtiments y est importante et ils présentent des installations électriques en partie aériennes.

**La probabilité de foudroiement des ouvrages annexes est quasiment nulle** car l'émergence de ce type d'ouvrage est au ras du sol, et très souvent entourée de constructions.

**En ce qui concerne les gares, la probabilité de foudroiement est également très faible** car l'émergence de la gare est limitée ou très proche d'immeubles nettement plus hauts qu'elle.

Seule la gare de Villejuif IGR, qui présente une émergence significative et de hauteur comparable au voisinage proche (voir la description de la gare), et qui est située sur une butte (au point culminant de la topographie du fuseau étudié), présente un risque plus important, très limité cependant.

**En phase chantier**, les risques sont plus importants car des engins à flèche de grande taille (grues, pelles mécaniques) et des installations de stockage sont présents sur chaque emprise de chantier.

#### *1.1.3.2 Conséquences d'un foudroiement*

La principale atteinte à la sécurité des biens et des personnes résulte des disfonctionnements du réseau électriques et de ses conséquences.

**Les disfonctionnements du réseau électrique** se traduisent d'abord par l'arrêt du réseau, donc l'arrêt de tous les appareils électriques qui y sont connectés. Selon la section du réseau concernée, cet arrêt est susceptible d'engendrer celui des rames de métro et/ou celui d'appareils de sécurité comme les ventilateurs.

Dans certaines circonstances, l'arrêt du réseau résulte de dégâts portant atteinte au réseau lui-même : fonte de câble, endommagement d'appareils de régulation.

Dans certaines circonstances exceptionnelles, ces disfonctionnements peuvent engendrer des incendies par hausse très forte et localisée de température.

Dans la très grande majorité des cas, l'arrêt du réseau est la seule conséquence, un redémarrage étant possible moyennant une inspection.

Les personnes ne peuvent être foudroyées dans les installations du Grand Paris Express. En effet, à partir du moment où elles entrent dans une gare, elles sont protégées de la foudre.

La sécurité des personnes peut être atteinte indirectement :

- Par l'incendie résultant d'une surtension issue d'un foudroiement ;

- Par des disfonctionnements électriques engendrant des courts circuits ou des arcs électriques atteignant les personnes.

**En phase chantier**, les conséquences concernent principalement le fonctionnement des engins de chantiers et les personnes qui assurent leur fonctionnement.

#### *1.1.3.3 Mesures de protection contre la foudre*

Les mesures de protection contre la foudre sont classiques et systématiquement mises en œuvre :

- **Mise en œuvre de paratonnerre et/ou parafoudre sur les émergences** : la gare de Villejuif IGR et les sites de maintenance sont concernés par ce type de mesure. Ces installations sont prévues pour recevoir la foudre et en canaliser les conséquences. Elles sont systématiquement intégrées au projet.

- **Mise en œuvre de protections contre les surtensions dans le réseau électrique** : ces protections, **systématiquement mises en œuvre et de type disjoncteur**, sont réparties sur le réseau de manière à isoler des compartiments de réseau des effets néfastes des surtensions.

**En phase chantier,** les engins présentant une flèche de grande hauteur comme les grues, sont équipés de dispositifs parafoudre.

### 1.1.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la climatologie

Les parties prévues en aérien (émergences des gares, des ouvrages annexes, SMR Champigny) seront susceptibles de modifier très localement la direction et la vitesse des vents.

Ces modifications seront trop locales et trop peu impactantes pour se montrer significatives à l'échelle du territoire sur lequel s'implante la Ligne 15 Sud.

Les mesures de protection contre la foudre sont intégrées au projet pour les ouvrages et engins de chantier qui le nécessitent.

## 1.2 Relief et topographie

### 1.2.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et la topographie

#### *1.2.1.1 Prise en compte des pentes*

Les pentes maximales observées sur le profil en long du tracé de référence seront localisées :

- Entre les gares de Issy RER et Fort d'Issy/Vanves/Clamart ;
- Entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR ;
- Entre les gares de Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre ;
- Entre les gares de Champigny-sur-Marne et Bry-Villiers-Champigny.

Les pentes maximales du terrain naturel sont de l'ordre de 15% sur des linéaires réduits. À noter que les pentes entraînent une nécessaire adaptation du profil en long du tunnel.

**L'impact est faible.**

L'impact sera le plus fort pour les bases chantier situées dans les zones en forte pente citées ci-dessus. La création des bases chantier pourra alors nécessiter un terrassement local destiné à aplanir le terrain pour que ces dernières y soient fonctionnelles. L'ampleur de cet impact sera directement liée à l'organisation des bases chantier qui reste inconnue à ce jour.

Les modifications resteront cependant confinées à l'emprise de la base chantier, donc vraisemblablement faibles à nuls à l'échelle du projet.

#### *1.2.1.2 Variation du relief engendrée par le stockage de déblais sur les bases chantier*

L'impact du chantier sur la topographie, et plus généralement sur le relief, est défini comme une variation du relief, donc une modification des courbes de niveau. Ce type d'impact est donc analysé à la surface du sol, et concerne les sections en aérien et les émergences : gares et ouvrages annexes et puits tunneliers.

Il n'y aura pas de section en aérien réalisée sur le linéaire de la Ligne 15 Sud.

Pour les émergences, la taille de ces dernières reste le principal critère d'analyse : une gare occupe une surface au sol de plusieurs milliers de mètres-carrés alors qu'un ouvrage annexe ne nécessite que quelques centaines de mètres-carrés.

Globalement, **l'impact du chantier sur la topographie restera faible**, car la quasi-totalité de la Ligne 15 Sud est souterraine et sera construite au tunnelier. En effet, sur le linéaire de la Ligne 15 Sud, seules deux parties sont réalisées en tranchée couverte. Il s'agit de l'arrière gare au nord et au sud de Noisy-Champs et d'une section à l'arrivée du SMI de Vitry-sur-Seine.

L'impact direct sera ainsi principalement ressenti au niveau des puits d'attaque tunnelier et des bases chantier d'où seront extraits et temporairement stockés les déblais.

Concernant la gestion des déblais des tunneliers, les installations de chantier (puits d'attaque tunnelier) sont situées au niveau de l'Ile de Monsieur, de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, de l'OA Parc Robespierre, de la gare de Villejuif Louis Aragon, de l'OA Friche Arrighi, de la gare de Bry-Villiers-Champigny, de la gare de Noisy-Champs.

Pour ces 8 sites, les déblais seront évacués suivant un ou plusieurs modes de transports. Cependant, les écarts entre la production et l'évacuation des déblais seront absorbés par des stocks tampons, qui permettent d'entreposer les terrains excavés avant leur évacuation. Un stock tampon pouvant accueillir environ un jour de production de déblais, à cadence maximale, est prévu.

Il y aura donc un volume de terres, potentiellement significatif, à stocker durant les travaux. Ce stockage engendrera donc très localement des modifications du relief dont l'ampleur dépend de la zone de stockage.

L'impact dépend directement des choix du maître d'ouvrage dans la gestion des flux de déblais. Il sera modéré localement au niveau des bases chantier et faible à négligeable à l'échelle de l'ensemble du projet.

#### *1.2.1.3 Variation du relief engendrée par le stockage de déblais hors bases chantier*

La construction de l'infrastructure et de tous les ouvrages conduira à produire plus de 5.4 millions de $m^3$ de déblais pour la Ligne 15 Sud.

La gestion de ces déblais fait l'objet d'études particulières. Cependant, l'essentiel de ces derniers servira à combler des carrières en fin d'exploitation et à créer des remblais.

Le fait de combler des cavités (carrières) ou de stocker ces déblais en buttes modifiera significativement la topographie des zones concernées.

L'impact indirect du chantier sera donc localement fort sur les zones recevant les déblais de ces derniers.

#### *1.2.1.4 Mesures d'accompagnement*

*a. Mesures d'évitement*

**Profil en long compatible aux pentes**

Dans sa conception, le projet est adapté aux pentes fortes des secteurs d'Issy RER à Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Arcueil-Cachan - Villejuif IGR, et Villejuif Louis Aragon - Vitry Centre.

La mise en œuvre de l'infrastructure se fera donc sans modification préalable des pentes dans ce secteur.

*b. Mesures de réduction*

**Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage**

La limitation de la profondeur de l'infrastructure a permis d'éviter la gestion de volumes de déblais supplémentaires à stocker, et ainsi une perception modifiée des reliefs où ces déblais seront temporairement stockés.

C'est dans ce sens que les études d'Avant-Projet ont été menées par la Société du Grand Paris. Elles ont tendu à rapprocher le profil en long du tunnel au plus près du TN, tout en considérant l'occupation du sous-sol (réseaux, infrastructure, fondations de bâtis).

Ainsi, les ouvrages émergents (gares, OA) ont été insérés en limitant leur profondeur (réduction de déblais associés).

**Mise en place de palissades masquant la perception du site**

Un aménagement qualitatif des bases chantier et des aires de stockage sera recherché, afin de réduire la perception visuelle liée aux stocks.

*c. Effets résiduels*

Le rapprochement au plus près du TN de l'infrastructure réduit les volumes de déblais. Ces derniers nécessitent néanmoins d'être gérés.

*d. Mesures de compensation aux effets résiduels*

En raison du caractère temporaire de l'impact, il est difficile de compenser visuellement ce dernier.

**Organisation de la gestion des déblais**

La gestion des déblais fait l'objet d'études spécifiques précisant les lieux potentiels d'entreposage, les moyens de transport et l'organisation de la gestion des déblais.

Pour la gestion anticipée des déblais produits par l'ensemble du Grand Paris Express, le maître d'ouvrage a réalisé un Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED) annexé à l'étude d'impact.

En accord avec ce dernier, la Société du Grand Paris contribuera à faciliter l'ouverture d'installations spécialisées de type Installations de Stockage de Déchets Inertes ou Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux.

*e. Mesures de suivi dans le temps*

**Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED**

La principale mesure de suivi dans le temps consistera à analyser la correspondance des actions de gestion des terres avec les documents références produits par la Société du Grand Paris (SDED général à l'échelle du Grand Paris, SDED à l'échelle de la Ligne 15 Ouest).

### 1.2.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et la topographie

#### *1.2.2.1 Impacts directs et indirects*

Le projet n'a pas d'impact direct/indirect permanent sur la topographie. En effet, le projet dans son état d'exploitation est souterrain et ne prévoit pas de remblais ou de déblais permanents.

#### *1.2.2.2 Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'accompagnement n'est à prévoir en phase exploitation.

### 1.2.3 Synthèse des impacts et mesures associées concernant le relief et la topographie

| Sections | Niveau d'enjeu | Caractéristique et niveau d'impact | Mesures associées |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Pentes fortes dépassant localement 15% notamment entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR | *Impact direct*<br>Adaptation du tunnel et de la méthode constructive | *Évitement*<br>Profil en long compatible aux pentes<br>*Réduction*<br>Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage<br>Mise en place de palissades masquant la perception du site<br>*Suivi*<br>Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED<br>*Impacts résiduels*<br>6,1 millions de $m^3$ de déblais à gérer (voir impacts du projet sur l'environnement concernant les déblais)<br>Modification significative de la topographie des zones de stockage permanent utilisées, par le comblement des cavités (carrières) ou le stockage des déblais en buttes |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | | | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | | | |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Pas d'enjeu sur cette section | Pas d'impact sur cette section | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5% | *Impact direct*<br>Adaptation du tunnel et de la méthode constructive | |

### 1.2.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et la topographie

#### *1.2.4.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier*

**Coûts des mesures – Phase chantier**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure |
|---|---|
| Profil en long compatible aux pentes | Non quantifiable, réflexion issue des études de conception |
| Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage | Non quantifiable, réflexion issue des études de conception |
| Organisation de la gestion des déblais | Coût lié à la mise en œuvre des documents référents (SDED notamment) |
| Mise en place de palissades masquant la perception du site | Environ 100€ par m² |

#### *1.2.4.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation*

Aucune mesure n'est prévue en phase exploitation.

## 1.3 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation

### 1.3.1 Principes et stratégie retenus de prise en compte du risque inondation dans le projet en lit majeur

#### *1.3.1.1 Nature des impacts attendu*

L'impact hydraulique des remblais ou de bâtiments rendus étanches peut résulter :

- d'une **modification des conditions d'écoulement** (réduction des sections mouillées, obstacle à l'écoulement …), qui provoque une modification de la ligne d'eau et des vitesses d'écoulement au droit et aux abords immédiats du site. Ces impacts sont souvent plus sensibles en lit mineur qu'en lit majeur ;

- d'une **réduction de la capacité d'expansion des crues atteignant le site considéré,** provoquant une augmentation du débit de pointe en aval. Cette augmentation impacte le cours d'eau sur tout son parcours en aval du projet, même si cette augmentation s'atténue lentement avec la propagation de la crue.

#### *1.3.1.2 Recensement des ouvrages concernés*

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'ouvrages concernés en cas de crue centennale par secteur hydraulique en distinguant les gares, les ouvrages annexes et le site de maintenance des infrastructures (SMI).

| Secteur hydraulique | Cours d'eau concerné | Gare(s) | Ouvrage(s) annexe(s) | SMI |
|---|---|---|---|---|
| Boucle de Boulogne-Billancourt | Seine | 1 | 3 | 0 |
| Vitry-sur-Seine/Alfortville | Seine | 3 | 5 | 1 |
| Boucle de Saint-Maur-des-Fossés | Marne | 0 | 2 | 0 |
| **TOTAL** | **-** | **4 (16*)** | **10 (38*)** | **1 (1*)** |

** Nombre total d'ouvrages du même type dans le projet de Ligne 15 Sud.*

Le secteur hydraulique Arcueil-Cachan dans le département du Val-de-Marne n'est pas concerné par le risque inondation par débordement de cours d'eau, car la Bièvre est busée au droit du fuseau d'étude. En revanche, des inondations par débordement du réseau d'assainissement (dans lequel la Bièvre canalisée est intégrée) sont possibles.

**La part des ouvrages concernés en cas de crue centennale représente 25% du nombre total de gares et d'ouvrages.**

Le tableau de synthèse des aléas page suivante détaille l'ensemble des ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes, site de maintenance des infrastructures) concernés par les inondations en précisant leur seuil d'inondation au sens de la Directive inondation :

1. crue fréquente : crue de janvier 1982 (période de retour 10 ans) ;
2. crue moyenne : crue de janvier 1910 (période de retour 100 ans) ;
3. crue extrême : pas d'évènement historique connu, crue de projet dit R1.4 (période de retour 1 000 ans).

**Tableau de synthèse des aléas**

| Ordre | Ouvrage | Intervention en lit mineur | INONDABILITE DES OUVRAGES (phases **chantier /exploitation**) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 10 ans | | 100 ans | | 1000 ans | |
| | | | **Crue fréquente** phase **chantier** | **Crue fréquente** phase **exploitation** | **Crue moyenne** phase **chantier** | **Crue moyenne** phase **exploitation** | **Crue extrême** phase **chantier** | **Crue extrême** phase **exploitation** |
| 1 | OA Ile de Monsieur | O | O | O | O | O | O | O |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | O | N | N | O | O | O | O |
| 3 | OA ZAC SAEM | N | N | N | O | O | O | O |
| 4 | OA Place de la résistance | O | N | N | O | O | O | O |
| 5 | Gare d'Issy RER | N | N | N | N | N | O | O |
| 6 | OA Centre technique municipal | N | N | N | O | O | O | O |
| 7 | Gare des Ardoines | N | N | N | O | O | O | O |
| 8 | OA Rue Gabriel Péri | N | N | N | O | O | O | O |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | N | N | N | O | O | O | O |
| 10 | OA Friche Arrighi | O | N | N | O | O | O | O |
| 11 | OA Rue de Rome | N | N | N | O | O | O | O |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | N | N | N | O | O | O | O |
| 13 | OA Université de Créteil | N | N | N | O | O | O | O |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | N | N | N | O | O | O | O |
| 15 | OA Stade F. Desmond | N | N | N | N | N | N | N |
| 16 | OA Avenue Ceinture | N | N | N | N | N | N | N |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | N | O | N | O | O | O | O |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | N | N | N | N | N | O | O |
| 19 | OA impasse Abbaye | N | N | N | O | O | O | O |
| 20 | Gare de Champigny Centre | N | N | N | N | N | O | O |

Légende :

Interventions en lit mineur - Inondabilité des ouvrages : oui (O) / non (N) | OA : Ouvrage Annexe

1 à 5 : secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt (Seine aval) / 6 à 15 : secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville (Seine amont) / 16 à 20 : secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés (Marne)

### 1.3.1.3 Stratégie retenue pour le projet concernant les ouvrages et remblais en lit majeur

Conformément aux règlements des PPRI, au SDAGE et aux réflexions en cours dans le cadre du TRI de l'agglomération francilienne, la stratégie de prise en compte du risque inondation par débordement de la Seine et de la Marne dans le projet s'axe autour de deux objectifs principaux :

1. Objectif n°1 : protéger les biens et les personnes au droit du projet ;
2. Objectif n°2 : ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet.

#### a. *Objectif n°1 : protéger les biens et les personnes au droit du projet*

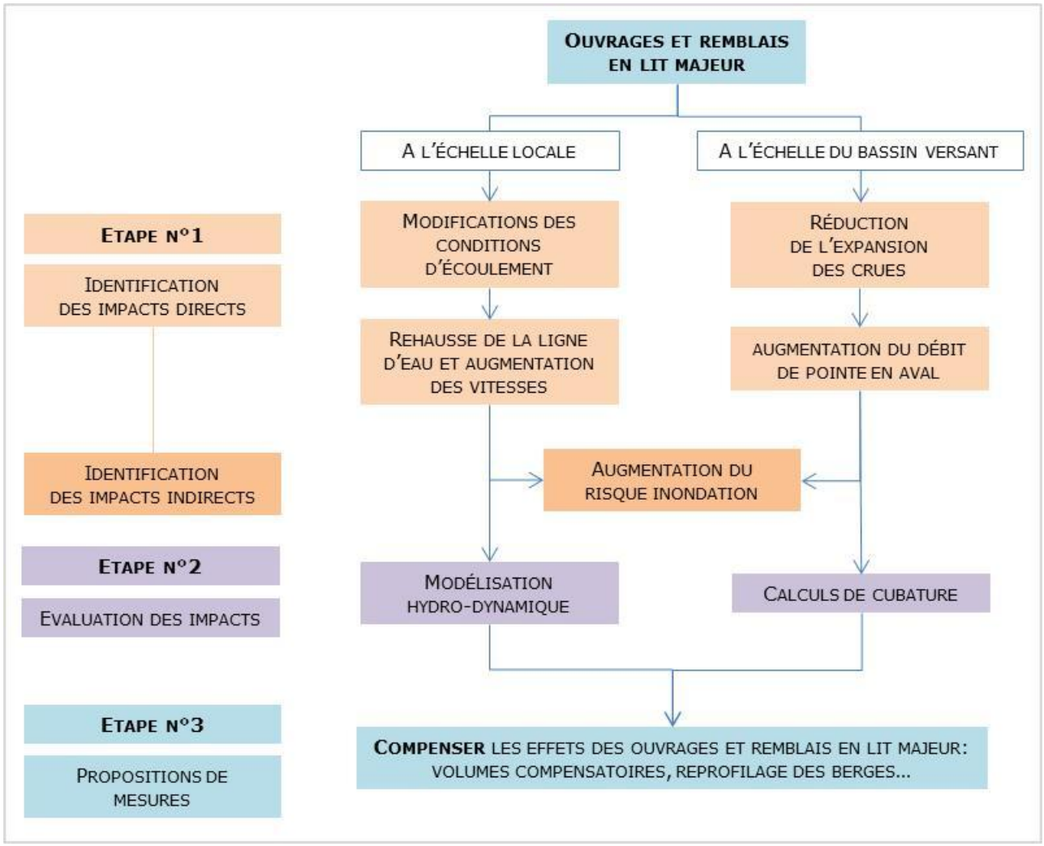
Afin de protéger les biens et les personnes au droit du projet, le projet vise à réduire la vulnérabilité aux inondations.

La principale mesure est la mise hors d'eau de l'ensemble de l'infrastructure jusqu'à la cote de crue centennale, augmentée de 20 cm. La cote de crue dépend du bief de la Seine ou de la Marne concernée. Elle est précisée dans les deux PPRI concernés (Hauts-de-Seine et Val-de-Marne).

#### b. *Objectif n°2 : ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet*

L'organigramme ci-contre présente les trois étapes réalisées afin de ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet, à savoir :

1. Étape n°1 : identification des impacts directs et indirects. Pour les impacts directs, il s'agit des impacts à l'échelle locale du projet (modifications des conditions d'écoulement) et des impacts à l'échelle globale du bassin versant (augmentation du débit de pointe à l'aval). L'ensemble de ces impacts sont susceptibles d'augmenter le risque inondation aux deux échelles précitées (impact indirect) ;
2. Étape n°2 : évaluation des impacts. L'évaluation des impacts a été réalisée avec une modélisation hydrodynamique et un calcul de cubatures (voir description détaillée de la méthodologie au chapitre suivant) ;
3. Étape n°3 : propositions de mesures, afin de limiter au maximum les impacts du projet, telles que la compensation des volumes soustraits à la crue.




**Stratégie Inondation SGP**

Dans le cadre du Réseau de Transport Public du Grand Paris (RTPGP), la Société du Grand Paris a élaboré une démarche pour fixer les lignes directrices à étudier et à intégrer dans la conception des infrastructures du programme concernées par le risque d'inondation (secteurs d'aménagements situés en zones inondables).

Cette approche s'appuie sur la réglementation en vigueur, qui impose aux pétitionnaires d'intégrer le risque inondation dans leur projet afin notamment de protéger les infrastructures et leurs usagers, de s'assurer de la conservation du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ainsi que de préserver les milieux aquatiques. Cette démarche est déclinée au travers d'étapes structurantes permettant de déterminer les objectifs et engagements pour le projet. À ce titre, ces derniers seront à décliner de manière « opérationnelle » par les autres parties prenantes du projet (Maîtres d'œuvres, Assistants à Maîtrise d'Ouvrage, Entreprises, etc.).

Les principaux objectifs de la SGP sont donc les suivants :

1) Protéger contre les crues l'infrastructure et ses usagers,
2) Réaliser les travaux en tenant compte du risque de crue,
3) Ne pas aggraver le risque inondation.

En ce sens, des niveaux de protection spécifiques ont été déterminés en relation avec les données réglementaires et institutionnelles actuellement disponibles :

- ***Crue de protection permanente (PPRI+20 cm) :*** Crue « fictive » dont les niveaux d'eau sont ceux de la crue « PPRI » (crue centennale, 1910) rehaussés de 20 cm quel que soit le secteur considéré, ce qui permet d'intégrer les incertitudes des valeurs fournies par les PPRI (études hydrauliques, ouvrages de protection, …). Les types d'aménagements à prévoir seront permanents ou à défaut provisoires,

- ***Crue de protection supplémentaire (Crue « EA2012 R1.15 » ; scénario « Etat de l'art 2012 » établi par la DRIEE en 2011) :*** Ce scénario construit en multipliant les débits de la crue de 1910 par 1.15 correspond à une période de retour pour cette crue de l'ordre de 500 ans (estimation DRIEE). Ce niveau de protection permet la prise en considération d'une crue « supérieure » significative, cohérente avec le plan ORSEC et moins contraignante que la crue extrême (au sens de la Directive Inondation). Les types d'aménagements à prévoir seront provisoires.

La Société du Grand Paris souhaite ainsi s'inscrire dans les objectifs de la région Ile-de-France (Préfecture de Région) et de l'OCDE qui consistent à renforcer la résilience des infrastructures et des réseaux (aujourd'hui encore globalement vulnérables et peu préparées à affronter une inondation) ainsi qu'à développer la protection des biens et des personnes dans un cadre de planification à long terme.

### *1.3.1.4 Méthodologie retenue d'évaluation des impacts*

le présent chapitre développe et précise les méthodes retenues pour évaluer les impacts (étape n°2).

#### *a. Evaluation des modifications des conditions d'écoulement*

Les modifications des conditions d'écoulement (hauteurs et vitesses) sont évaluées grâce à une **modélisation hydraulique de la Seine et de la Marne**.

Cette modélisation hydraulique a été réalisée avec le logiciel InfoWorks® RS de la société Wallingford & Halcrow. Ce logiciel permet de construire des modèles 1D-linéaire à casiers ou 2D et ainsi de réaliser des simulations en régime permanent ou transitoire.

Ce logiciel a été développé afin de reproduire les écoulements de la Tamise au Royaume-Uni. Ce fleuve présente des caractéristiques similaires à la Seine (largeur, pente, débits, etc.). Infoworks® RS apparaît donc adapté à la modélisation de la Seine à Paris.

Afin de modéliser les écoulements et les incidences éventuelles du projet sur les zones sujettes au risque inondation, quatre modèles ont été construits en fonction des secteurs concernés :

- un modèle de la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt ;

- un modèle de la Seine pour le secteur de Vitry-sur-Seine ;

- deux modèles de la Marne pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés.

Les emprises des modèles ont été définies de manière à prendre en compte toutes les emprises des gares, ouvrages annexes et emprises des travaux situées en zone inondable et ce jusqu'à la crue millénale (cartographie TRI).

La construction de chacun des modèles est basée sur une structure filaire à une dimension couplée à un maillage à deux dimensions (voir emprises du maillage 2D en fin de chapitre pour chacun des quatre modèles ci-après) :

- le lit mineur est modélisé en une dimension (modèle filaire) afin de permettre la modélisation des ouvrages présents dans le lit mineur (ouvrages de franchissement, écluses, etc.) ;

- les rives droites et gauches sont modélisées en deux dimensions afin de reproduire de manière précise les écoulements des crues dans les lits majeurs complexes (forte urbanisation, présence de remblais jouant le rôle de digue (route, voie ferrée, etc.).

La connexion entre le lit mineur et le lit majeur est assurée par des surverses latérales. Ces surverses sont construites :

- de manière à représenter les murettes anti-crues lorsqu'elles sont existantes : le niveau des surverses correspondent à la cote des murettes ;

- à partir des levés topographiques LIDAR lorsque aucune murette n'est existante (par exemple l'île Seguin ou l'île Saint Germain) : le niveau des surverses correspond alors au niveau du terrain naturel.

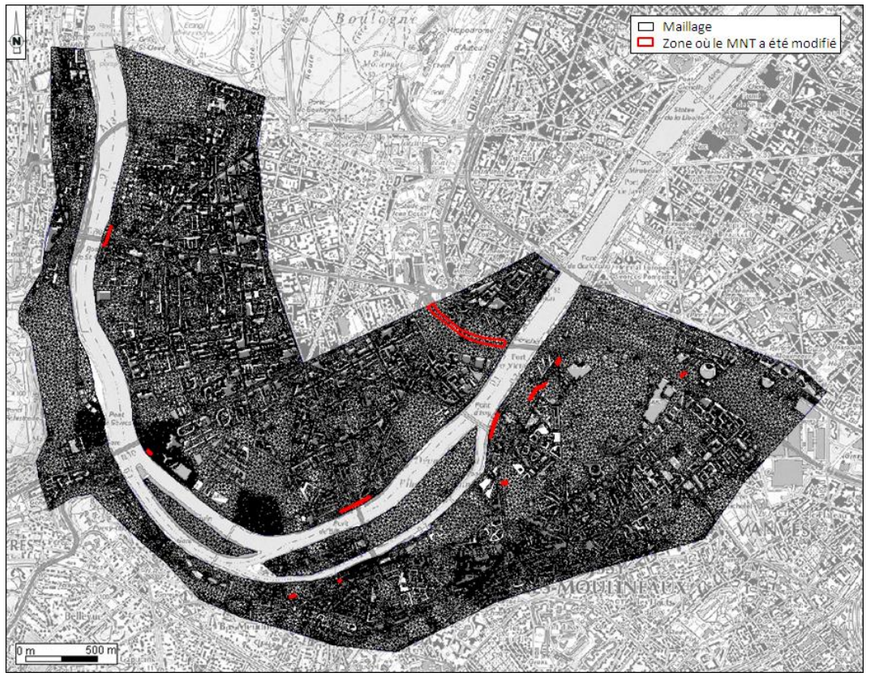
Les modèles sont notamment construits sur la base des données bathymétriques de VNF (pour les fonds de lit des cours d'eau) et sur les données LIDAR pour les berges et le lit majeur.

Les données disponibles sur les bâtiments existants (IGN) ont également été utilisées.

À titre d'exemple, le modèle de la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est composé de 84 profils en travers dont 58 sur le bras principal de la Seine (bras droit) soit environ un profil tous les 120 m. Le nombre de profil en travers a été densifié (environ un profil tous les 30 m) au droit de la future gare et au droit du futur puits d'attaque de l'Ile de Monsieur afin d'étudier plus précisément les éventuels impacts en lit mineur.

Onze ouvrages transversaux ont été modélisés afin de reproduire les influences des ponts sur les écoulements.

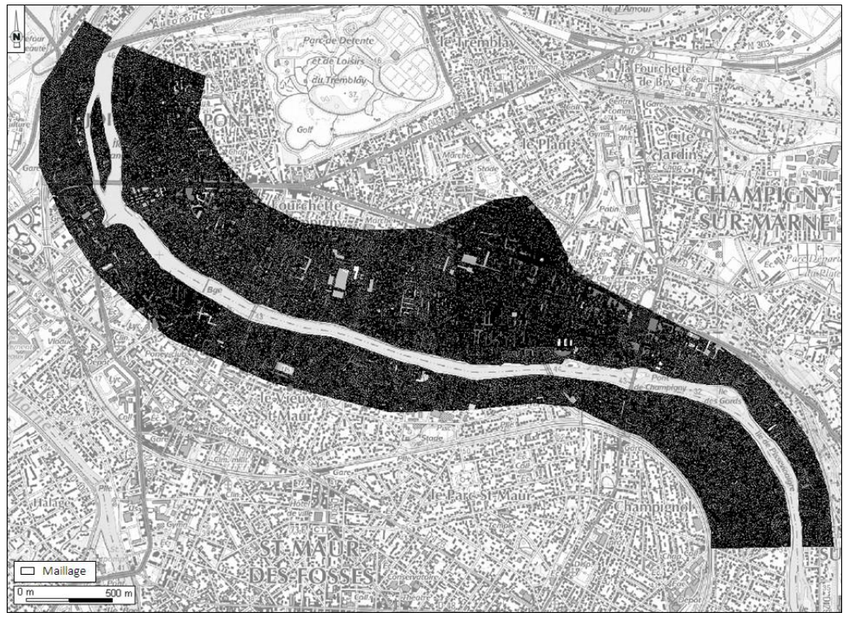
Le détail de la construction des différents modèles ainsi que l'ensemble des hypothèses retenues sont fournis dans les rapports détaillés de modélisation.




**Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Seine Aval**




**Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Seine Amont**




**Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Amont**




**Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Aval**

*b. Évaluation de l'expansion des crues*

La méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'**évaluation des volumes soustraits à la crue**, et le cas échéant sur leur nécessaire compensation.

**Rappel du règlement du PPRI (voir chapitre 1.3.2 page 22)**

Les règlements des deux PPRI concernés par le projet imposent une compensation similaire en volume de la manière suivante :

1. le règlement du PPRI de la Seine des Hauts-de-Seine impose que les « *ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains, …), et ceux non inondables, sont autorisés sous réserve que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par* ***un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins.*** » (Titre 2-II-2) ;

2. le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne impose que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation autorisés sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale. »* (Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5). Le règlement précise en outre que *« **tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais** pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Des remblais ponctuels d'importance limitée rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison).

Le projet s'attache à **compenser les volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur uniquement et non en lit mineur** comme c'est le cas par exemple pour le reprofilage de la berge au droit de la gare du Pont de Sèvres.

La compensation volumique s'applique en effet de manière implicite aux remblais et locaux étanches implantés en lit majeur d'un cours d'eau et non en lit mineur étant donné que ce sont les notions de « capacité de stockage » et de « volume d'expansion des crues » qui sont invoquées. Or le lit mineur d'un cours d'eau n'est pas directement lié à ces notions. En revanche, il conviendra de limiter au maximum l'incidence sur la section mouillée (et non le volume pris en lit mineur) dans les zones d'écoulements préférentiels.

**Compensation en phase exploitation et en phase chantier :**

**Le projet vise à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en phase exploitation et en chantier le cas échéant.**

En effet, les textes réglementaires en vigueur imposent d'assurer la conservation des champs d'expansion des crues (principalement par la compensation des volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur) en phase exploitation, une fois la période de travaux achevée. La phase chantier n'est pas évoquée au sein des PPRI en vigueur.

Concernant la phase travaux, la mise en œuvre de mesures compensatoires dédiée sera conditionnée par le phasage général des aménagements. A ce titre et lorsque cela est rendu nécessaire, une attention particulière sera portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

### *1.3.1.5 Critères d'évaluation des impacts*

*a. Évaluation des modifications des conditions d'écoulement*

Les incidences des ouvrages sur les écoulements de la Seine en cas de crue sont définies selon deux critères : les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement. Étant donnés les enjeux différents en lit mineur et lit majeur, une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement est réalisée.

Les classes d'impact sur les écoulements ont été définies comme suit :

- Classes d'impacts sur les niveaux d'eau :
  - **Impact non significatif** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 1 cm. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique,
  - **Impact faible** : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur d'un remous très localisé créé par un petit obstacle dans une zone d'écoulement marqué (véhicule par exemple),
  - **Impact modéré** : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues,
  - **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. L'impact de l'ouvrage sur les lignes d'eau est supérieur à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue ;
- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur :
  - **Impact non significatif** : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique,
  - **Impact faible** : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créées par un petit obstacle (véhicules),
  - **Impact modéré** : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement d'une classe d'aléa,
  - **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa ;
- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur :
  - **Impact non significatif :** différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers,
  - **Impact faible :** 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers,

- **Impact modéré :** 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont,
- **Impact fort :** différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

| Classe | Critère sur les différences (ΔN) de niveau d'eau | Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en <u>lit mineur</u> | Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en <u>lit majeur</u> |
|---|---|---|---|
| **5 Impact non significatif** | 6 **ΔN < 1 cm** | 7 **ΔV < 0.10 m/s** | 8 **ΔV < 0.05 m/s** |
| **9 Impact faible** | 10 **1 cm ≤ ΔN < 5 cm** | 11 **0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s** | 12 **0.05 m/s ≤ ΔV < 0.10 m/s** |
| **13 Impact modéré** | 14 **5 cm ≤ ΔN < 10 cm** | 15 **0.20 m/s ≤ ΔV < 0.30 m/s** | 16 **0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s** |
| **17 Impact fort** | 18 **10 cm ≤ ΔN** | 19 **0.30 m/s ≤ ΔV** | **20 0.20 m/s ≤ ΔV** |

*b. <u>Évaluation de l'expansion des crues</u>*

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'**évaluation des volumes soustraits à la crue**.

Les classes d'impacts sur les volumes soustraits ont été définies comme suit :

- **Impact non significatif** : volume soustrait à la crue inférieure à 200 $m^3$. Cette classe correspond en général à des aménagements limités en surface, tels que de l'habitat individuel ou des édicules ;
- **Impact faible** : volume soustrait à la crue entre 200 $m^3$ et 1 000 $m^3$. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface inférieure à 5 000 m², tels que de l'habitat collectif ou des émergences de gare ;
- **Impact modéré** : volume soustrait à la crue entre 1 000 $m^3$ et 5 000 $m^3$. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface de l'ordre de l'hectare, tels que des lotissements ;
- **Impact fort** : volume soustrait à la crue au-delà de 5 000 $m^3$. Cette classe correspond en général à des aménagements en surface au-delà de 5 hectares. Il s'agit alors de projets d'aménagement d'envergure, tels que des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC).

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

| Classe | Critère sur les volumes soustraits à la crue |
|---|---|
| **21 Impact non significatif** | 22 **V < 200 $m^3$** |
| **23 Impact faible** | 24 **200 $m^3$ ≤ V < 1 000 $m^3$** |
| **25 Impact modéré** | 26 **1 000 $m^3$ ≤ V < 5 000 $m^3$** |
| **27 Impact fort** | 28 **V ≤ 5 000 $m^3$** |

### 1.3.2 Conformité du projet aux Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI)

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ensemble de l'infrastructure ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI.

#### *1.3.2.1 PPRI et zones concernés*

Comme présenté dans l'état initial, le fuseau d'étude est concerné par deux Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) en vigueur :

- le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine ;
- le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

Le tableau de synthèse ci-contre détaille le PPRI concerné et les zones concernées par ouvrage, en précisant également les cotes casier.

Conformément au règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne, pour connaître la cote de la P.H.E.C. atteinte au droit d'un projet visé dans le présent règlement, la règle suivante a été appliquée (voir schéma explicatif) :

1. projeter une droite perpendiculaire à l'axe du fleuve à partir du centre du projet : cette droite coupe l'axe du fleuve entre deux points kilométriques,
2. par convention, la cote P.H.E.C. applicable au droit du projet est celle déduite par le calcul suivant : P.H.E.C. = AM – (I ´ (AM - AV) / L).

*P.H.E.C.* = *Cote de la crue de 1910 applicable au droit du projet.*
*AM* = *Cote de la crue de 1910 inscrite dans le cartouche en amont du projet.*
*AV* = *Cote de la crue de 1910 inscrite dans le cartouche en aval du projet.*
*L* = *Longueur entre l'amont et l'aval des deux repères des points kilométriques sur l'axe du cours d'eau (à exprimer en mètre).*
*I* = *Longueur entre le point kilométrique de l'amont et le point de contact entre la projection perpendiculaire à l'axe du fleuve et l'axe du fleuve (à exprimer en mètre).*

*Le schéma suivant définit les paramètres de la formule avec un exemple de calcul :*

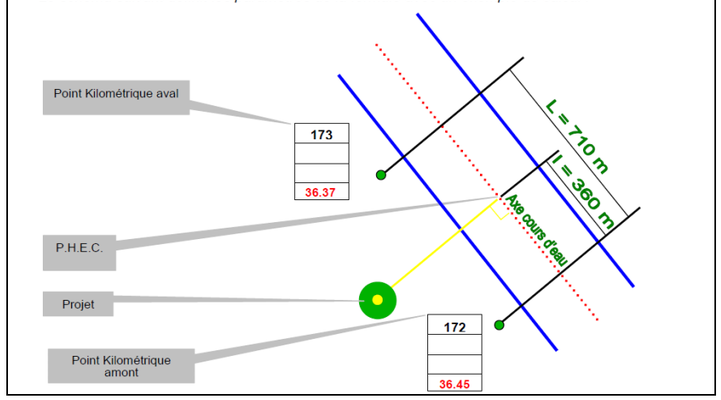



**Tableau de synthèse des aléas et bilan des zones réglementaires concernées par les PPRI**

| | | PPRI | Zone(s) concernée(s) | Cote casier (en m NGF) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | OA Ile de Monsieur | 92 | A | 31,35 / 31,50 |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 92 | A, B, D | 31,50 / 31,55 |
| 3 | OA ZAC SAEM | 92 | D | 31,55 |
| 4 | OA Place de la résistance | 92 | A | 31,65 |
| 5 | Gare d'Issy RER | nc | nc | 31,65 |
| 6 | OA Centre technique municipal | 94 | violet clair/foncé | 35,49 |
| 7 | Gare des Ardoines | 94 | violet clair/foncé | 35,49 |
| 8 | OA Rue Gabriel Péri | 94 | bleue | 35,49 |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | 94 | violet clair/foncé | 35,49 |
| 10 | OA Friche Arrighi | 94 | violet clair/foncé | 35,49 |
| 11 | OA Rue de Rome | 94 | bleue | 35,49 |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | 94 | bleue | 35,48 |
| 13 | OA Université de Créteil | 94 | bleue | 35,48 |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | 94 | bleue | 35,48 |
| 15 | OA Stade F. Desmond | nc | nc | 35,72 |
| 16 | OA Avenue Ceinture | nc | nc | 35,72 |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | 94 | violet foncé | 35,72 |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | nc | nc | 35,71 |
| 19 | OA impasse Abbaye | 94 | orangé foncé | 37,93 |
| 20 | Gare de Champigny Centre | nc | nc | 37,48 |

Légende :

Interventions en lit mineur - Inondabilité des ouvrages : OA : Ouvrage Annexe | nc : non concerné

1 à 5 : secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt (Seine aval) / 6 à 15 : secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville (Seine amont) / 16 à 20 : secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés (Marne)

### 1.3.2.2 Un projet autorisé quel que soit la zone réglementaire concernée

a. *Pour le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine*

**Point 1 : un projet compatible avec le règlement du PPRI :**

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : le projet est donc autorisé dans les quatre zones réglementées : A, B, C et D. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

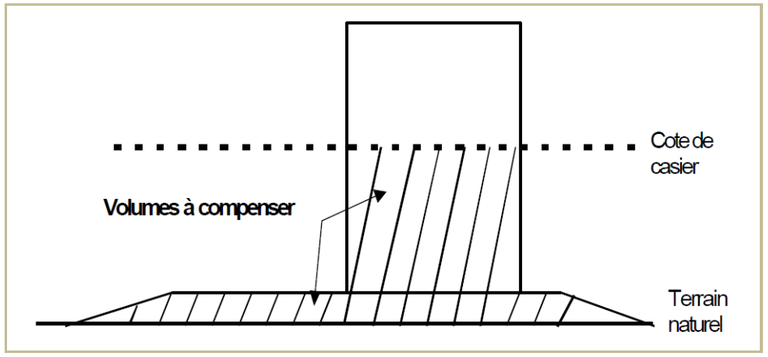
**A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare du Pont de Sèvres et des trois ouvrages annexes concernés sont donc possibles par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.**

**Point 2 : des mesures compensatoires nécessaires :**

Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois leur autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;
- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;
- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…) ;
- En cas d'opération d'aménagement d'ensemble (ZAC, lotissement, opérations groupées, zone portuaire...), le volume à compenser est localisé sur l'emprise de l'ensemble de l'opération sous réserve que la localisation de ces compensations et leurs volumes ne provoquent pas d'aggravation de la situation en amont et en aval de l'opération (une étude technique doit être fournie par le pétitionnaire).




Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de la gare du Pont de Sèvres et des ouvrages annexes devra donc être compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m (voir tableau ci-après).

| | | Cote casier (en m NGF) | Cote casier - 2,50 m (en m NGF) |
|---|---|---|---|
| 1 | OA Ile de Monsieur | 31,35 / 31,50 | 29,00 |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 31,50 / 31,55 | 29,00 |
| 3 | OA ZAC SAEM | 31,55 | 29,05 |
| 4 | OA Place de la résistance | 31,65 | 29,15 |

**Point 4 : des dispositions constructives à adapter :**

La construction de l'infrastructure de transport nécessite la prise en compte de certaines prescriptions constructives. Celles concernant directement constructions de logements et de bureaux ne s'appliquent pas au projet. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- Les fondations et les parties de bâtiment et installations construites sous la cote de casier doivent être réalisées avec des matériaux résistants à l'eau.
- Les équipements de second œuvre des constructions tels que revêtements des sols ou de murs, situés en dessous de la cote de casier doivent être résistants à l'eau.
- Les bâtiments et installations doivent pouvoir résister aux tassements différentiels et aux sous-pressions hydrostatiques. Toutes les constructions et installations doivent être fondées dans le sol de façon à résister à des affouillements, des tassements ou des érosions localisées.
- Toute surface de plancher fonctionnel située au-dessous de la cote de casier doit être conçue de façon à faciliter l'évacuation rapide des eaux après la crue.
- Afin d'être protégés des crues faibles ou moyennes, les sous-sols à usage de stationnement peuvent être réalisés en cuvelage étanche jusqu'à 2,5 m sous la cote de casier, mais au-delà, ils doivent être inondables pour servir de bassin de stockage, de compensation et

d'équilibrage des pressions sur la structure des bâtiments. Ils doivent avoir une hauteur sous poutre d'au moins 2,5 m au premier niveau, et de 2,10 m au moins pour les autres niveaux de telle sorte que les véhicules puissent être évacués.

Ces mesures sont prises en compte. Les ouvrages souterrains étant concernés par la présence de nappes souterraines prennent en compte de fait une résistance à l'eau.

D'autres mesures de la rubrique « réseaux » du PPRi des Hauts-de-Seine peuvent être rappelées :

- Les équipements et les locaux techniques annexés à une construction peuvent être placés en dessous de la cote de casier à condition qu'ils soient placés en cuvelage étanche établi jusqu'à cette cote, avec compensation établie sur l'unité foncière ou l'opération d'ensemble.

- Les ascenseurs doivent être munis d'un dispositif interdisant en tant que de besoin la desserte des niveaux inondés.

- Les câblages (téléphone, électricité, informatique, etc...) doivent être installés au-dessus de la cote de casier, à l'exclusion de ceux strictement nécessaires au fonctionnement des surfaces de planchers situés en dessous de cette cote. Ces derniers doivent être munis de dispositifs de mise hors service en cas d'inondation, permettant d'éviter toute dégradation des réseaux alimentant les planchers situés au-dessus de la cote de casier.

- Les réseaux techniques doivent être résistants à l'eau ou pouvoir être mis hors circuit sans nuire au fonctionnement des niveaux non inondables de l'immeuble. Le raccordement au réseau d'assainissement doit être muni de clapets anti-retour sous réserve que le profil en long du réseau d'assainissement ne soit pas incompatible avec la mise en place d'un tel dispositif.

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 4 *« stockage »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* précise les mesures dispositions suivantes :

- Les produits dangereux, polluants ou sensibles à l'humidité doivent être stockés au-dessus de la cote de casier. Sont notamment concernés les substances entrant dans le champ d'application des arrêtés ministériels des 21 février 1990 et du 27 juin 2000 modifiant l'arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances et transposant la directive 98/98/CE du 1er décembre 1998.

- Si nécessaire, tout stockage de matière ou produits polluants et/ou sensibles à l'humidité situé au-dessous de la cote de casier doit être placé dans un conteneur étanche lesté ou arrimé, de façon à résister à la crue et à ne pas être entraîné lors de cette crue. Notamment :

    - Les citernes non enterrées doivent être fixées à l'aide de dispositifs résistants à une crue atteignant la cote de casier. Les ancrages des citernes enterrées doivent être calculés de façon à résister à la pression engendrée par la crue. L'évent des citernes doit être élevé au-dessus de la cote de casier, Plan de prévention du Risque Inondation - Règlement - DDE 92 24 ;

    - Les citernes d'hydrocarbures enterrées ne sont autorisées que sous réserve qu'elles résistent aux sous-pressions hydrostatiques et qu'elles soient à double enveloppe.

**➔ Le tableau page suivante synthétise les principales prescriptions et préconisations par type de zone, pour le PPRI.**

**Tableau de synthèse des principales prescriptions applicables pour le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine** (source : règlement du PPRI)

<table>
<tr><th>Identifiant</th><th>Zone A</th><th>Zone B</th><th>Zone C</th><th>Zone D</th></tr>
<tr><td>Description</td><td>Zone à forts aléas et zone à préserver pour la capacité et le stockage de la crue</td><td>Centre urbain</td><td>Zone urbaine dense</td><td>Zone de mutation urbaine</td></tr>
<tr><td>Code couleur zonage</td><td>Rouge</td><td>Bleu</td><td>Orange</td><td>Mauve</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Règles d'urbanisme</td><td>Constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport autorisées y compris dans la marge de recul (pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale). (Titre 2-I-1.2)<br><br>Remblais et sous-sols (sauf à usage de stationnement) interdits. (Titre 2-I-1.1)</td><td>Constructions nouvelles autorisées sous réserve de règles de construction et d'aménagement (voir ci-dessous)<br><br>Aires de stationnement autorisées en sous-sol ou non.</td><td colspan="2">Constructions nouvelles autorisées sous réserve de règles de construction et d'aménagement (voir ci-dessous)<br><br>Sous-sols (sauf à usage de stationnement) interdits.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables autorisés sous réserve que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. Les ouvrages sans volume (murs anti-bruit, panneaux de signalisation) ne donnent pas lieu à compensation. (Titre 2-II-2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Règles de construction</td><td>Cote minimale du plancher fonctionnel des constructions à la cote casier. (Titre 2-I-1.2)</td><td>Cote minimale du plancher fonctionnel des constructions à la cote casier. (Titre 2-I-2.2)</td><td>Limitation de l'emprise au sol de 60% pour toute unité foncière de plus de 2 500 m². (Titre 2-I-3.2)<br><br>Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier</td><td>Limitation de l'emprise au sol de en fonction de la surface globale des terrains classés en zone de mutation urbaine et en fonction de l'unité foncière<br><br>Dérogation pour la cote du plancher dans certains cas<br><br>Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier</td></tr>
<tr><td colspan="4">- Aménagements de biens et activités existants situés au-dessous de la cote de casier seront de préférence réalisés avec des matériaux imputrescibles. Il est recommandé de traiter toutes les structures en matériaux putrescibles ou sensibles à la corrosion situées en dessous de la cote de casier, avec des produits hydrofuges ou anti-corrosifs et de les entretenir régulièrement.<br>- Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier.<br>- Stockage des produits dangereux, polluants ou sensibles à l'humidité au-dessus de la cote casier (conteneur étanche lesté le cas échéant pour le stockage des produits polluants et/ou sensibles à l'humidité en dessous de la cote casier).</td></tr>
<tr><td>Autres règles</td><td>Ne pas porter atteinte la sécurité publique et ne pas polluer le fleuve (étude technique à fournir et mesures compensatoires à prendre)</td><td>Compensation des remblais obligatoire<br><br>Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche</td><td>Compensation des remblais obligatoire<br><br>Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche</td><td>Compensation des remblais obligatoire<br><br>Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche<br><br>obligation de desserte pour les ouvrages d'art et les infrastructures de surface</td></tr>
</table>

*b. Pour le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne*

**Point 1 : un projet compatible avec le règlement du PPRI :**

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare des Ardoines, de Vert de Maisons, de Créteil l'Echat ainsi que des sept ouvrages annexes concernés (voir tableau synthétique ci-avant) sont donc possibles par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

**Point 2 : des mesures compensatoires nécessaires :**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences des gares et des ouvrages annexes devra donc être compensé. Le règlement précise explicitement la nécessité de la réalisation d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été menée pour l'ensemble des ouvrages émergents concernés, en phase d'exploitation comme en phase chantier (voir détail de méthodologie au chapitre 1.3.1.4 page 19).

**➔ Le tableau page suivante synthétise les principales prescriptions et préconisations par type de zone, pour le PPRI.**

**Synthèse des principes de prescription hors zone de grand écoulement** (source : notice de présentation du PPRI

| Nature du projet \ Zone | Zone bleue<br>centre urbain | Zone violette<br>zone urbaine dense | Zone orange<br>autre espace urbanisé |
|---|---|---|---|
| Equipements sensibles | 1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement | 1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement | 1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement |
| Activités/Equipements en secteur diffus | Niveau du terrain naturel ou de la voirie | Niveau du terrain naturel ou de la voirie ;<br>Emprise au sol inondable < 60% | Niveau du terrain naturel ou de la voirie ;<br>Emprise au sol inondable:<br>< 30% en zone foncée<br>< 40% en zone claire, |
| Activités/Equipements en grande opération | Niveau du terrain naturel ou de la voirie | Niveau du terrain naturel ou de la voirie ;<br>Emprise au sol inondable < 50% | Autorisés dans certains ca uniquement |
| Habitations nouvelles en secteur diffus | Règle du "Duplex" | Règle du "Duplex" ;<br>Emprise au sol inondable < 40% | 1er plancher > P.H.E.C.<br>Emprise au sol inondable :<br>< 30% zone foncée<br><40% en zone claire |
| Habitations nouvelles en grande opération | Règle du "Duplex" | 1er plancher > P.H.E.C;<br>Emprise au sol inondable < 50% ;<br>Etude hydraulique et mesures compensatoires en zone foncée | **Interdites** sauf en cas de renouvellement urbain ou en secteurs OIN |
| Extension d'habitations | Règle du "Duplex " ;<br>Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON | Règle du "Duplex" ;<br>Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON | Règle du "Duplex" ;<br>Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON |
| | | Emprise au sol inondable < 40% | Emprise au sol inondable :<br>< 30% zone foncée<br>< 40% zone claire |
| Changement de destination pour un usage d'habitation | Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C | Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C | Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C |
| Opérations mixtes | La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers | La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers | La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers |

**Tableau de synthèse des principales prescriptions applicables pour le PPRI de la Marne et de la Seine pour le Val-de-Marne** (source : règlement du PPRI)

| Identifiant | Zone rouge | Zone verte | Zones orange | Zones violettes | Zone bleue |
|---|---|---|---|---|---|
| **Description** | Zone de grand écoulement | Espace naturel de loisirs | Autre espace urbanisé en aléas fort et très fort (orange foncé) et Autre espace urbanisé en autres aléas (orange clair) | Zone urbaine dense en aléas fort et très fort (violet foncé) et Zone urbaine dense en autres aléas (violet clair) | Centre urbain |
| **Code couleur zonage** | Rouge | Vert | Orange foncé et Orange clair | Violet foncé et Violet clair | Bleu |
| **Règles d'urbanisme** | Infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation autorisés sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale. *(Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5)* | | | | |
| **Règles de construction** | Implantation des parties sensibles à l'eau au-dessus de la cote des PHEC (appareillages électriques ou électroniques, compresseurs, machinerie d'ascenseur, appareils de production de chaleur ou d'énergie…).<br>Implantation d'une issue de secours au-dessus de la cote des PHEC, desservant l'ensemble de la construction.<br>Conception des sous-sols afin de permettre l'évacuation des eaux après la crue. | | | | |
| **Règles d'aménagement** | Tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. *(Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5)* | | | | |
| **Recommandations** | Chaque fois que cela est possible, il est recommandé de :<br>- construire les planchers habitables ou les planchers fonctionnels au-dessus des P.H.E.C. ;<br>- privilégier la transparence hydraulique quand cela est possible ;<br>- prendre toutes les mesures visant à isoler d'une crue correspondant aux P.H.E.C. les constructions, les équipements sensibles et les stocks et matériel ;<br>- prévoir des dispositifs de vidange et de pompage pour les planchers inondables ;<br>- lorsqu'il n'est pas possible d'installer ou de stocker tous les matériels et produits sensibles à l'eau au-dessus de la cote des PHEC, prévoir des dispositifs permettant leur déplacement aisé vers des planchers non inondable (moyens de manutention adaptés par exemple) ;<br>- isoler les réseaux ou de les installer au-dessus de la cote des P.H.E.C. (notamment les postes de distribution) lors des réfections des réseaux de distribution des fluides. De même, il est utile et recommandé de pouvoir isoler les réseaux inondés du reste de l'installation ;<br>- placer les véhicules et engins mobiles parqués au niveau du terrain naturel de façon à ce qu'ils conservent leurs moyens de mobilité et de manœuvre en vue de permettre à tout moment une évacuation rapide ;<br>- disposer, dans chaque construction existante à usage d'habitation, d'une issue de secours située au-dessus des PHEC (cette issue, qui peut être une fenêtre, devra permettre l'évacuation aisée des occupants et l'acheminement des secours) ;<br>- éviter l'ennoiement des réseaux, pour les gestionnaires d'assainissement, en isolant au moyen de vannes les secteurs des réseaux inondés des autres secteurs non inondés. | | | | |

### 1.3.3 Mesures générales de limitation des impacts

#### *1.3.3.1 Éviter de construire en zone inondable*

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'**éviter de construire en zone inondable**.

Quatre gares de la Ligne 15 Sud sont toutefois situées en zone inondable.

Elles correspondent au croisement du fuseau avec les vallées de la Seine et de la Marne au droit de trois secteurs :

1. Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt pour la Seine : gare du pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt ;

2. Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville : gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine et gare de Vert de Maisons à Alfortville ;

3. Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés : gare de Saint-Maur Créteil.

En effet, leur localisation, comme celle de l'ensemble des gares, a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[1]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées.




**Vue en perspective de la berge AVP-B optimisé sur Pont de Sèvres – passerelle hors projet** (source : Société du Grand Paris)

#### *1.3.3.2 Réduire la vulnérabilité des aménagements aux inondations*

La principale mesure de réduction du risque inondation est de **réduire la vulnérabilité des futurs aménagements**. Pour ce faire, dans la mesure du possible, les ouvertures des ouvrages situés en zone inondable seront surélevées pour être hors d'eau. Cette démarche nécessite alors de compenser ces émergences (par exemple, les aérations représentées sur le photomontage ci-contre).

#### *1.3.3.3 Réduire l'impact des aménagements sur les crues*

Un important travail d'optimisation a été réalisé en phase de conception afin de réduire l'impact des aménagements sur les crues.

La partie aérienne de la gare de Pont de Sèvres a été entièrement reprise en reprofilant le quai projeté, l'objectif étant de réduire l'impact en lit mineur et en lit majeur.

Un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage (voir détails par ouvrage dans le chapitre suivant).

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la suppression de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;

- le décaissement du terrain naturel ;

- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures.

L'ensemble des mesures est détaillé dans l'analyse par ouvrage (voir chapitre suivant).

[1] *Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.*

### 1.3.4 Analyse détaillée par ouvrage ou groupe d'ouvrages

#### *1.3.4.1 OA Ile de Monsieur – puits d'entrée de tunnelier*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) voire supérieure à 2 m (aléa très fort) pour le secteur en bord de Seine pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A) |
| | Impacts en lit mineur | L'impact sur le niveau d'eau et sur les vitesses est négligeable au droit de l'ouvrage annexe jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | Il n'y a pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale, à l'exception de la crue de projet 50 ans qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,18 m/s (impact modéré). |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - La centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale ;<br>- Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue. |

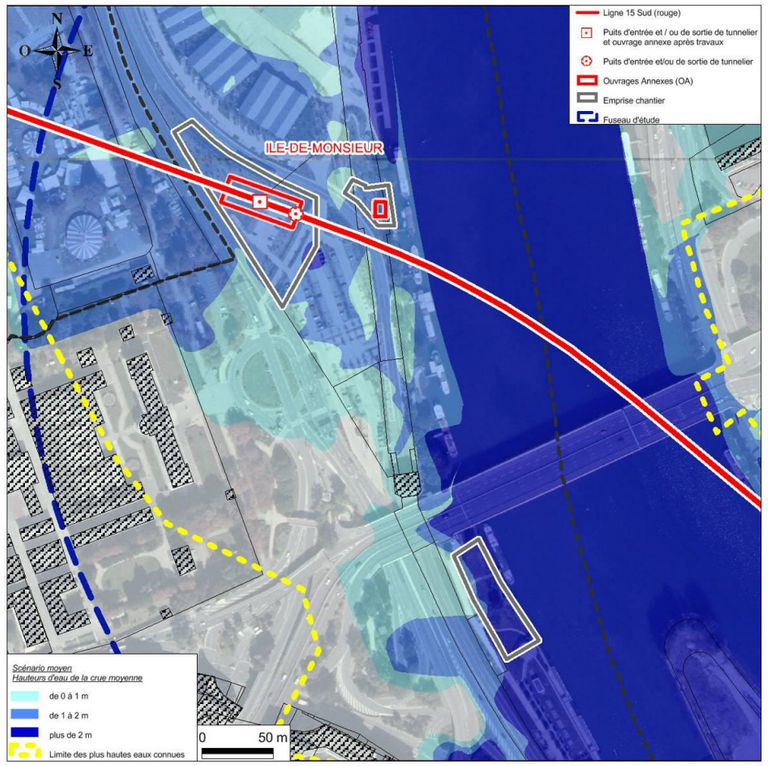
| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A) |
| | Impacts en lit mineur | L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | - Il n'y a pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale, à l'exception de la crue de projet 50 ans qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,16 m/s (impact modéré) ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 1 640 $m^3$ (phase de référence exceptionnelle : phase chantier en raison de sa durée) |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Réalisation d'un décaissé du terrain principal de 47 cm pour libérer un volume à la crue de 1 730 $m^3$. |

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) voire supérieure à 2 m (aléa très fort) pour le secteur en bord de Seine pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

*a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

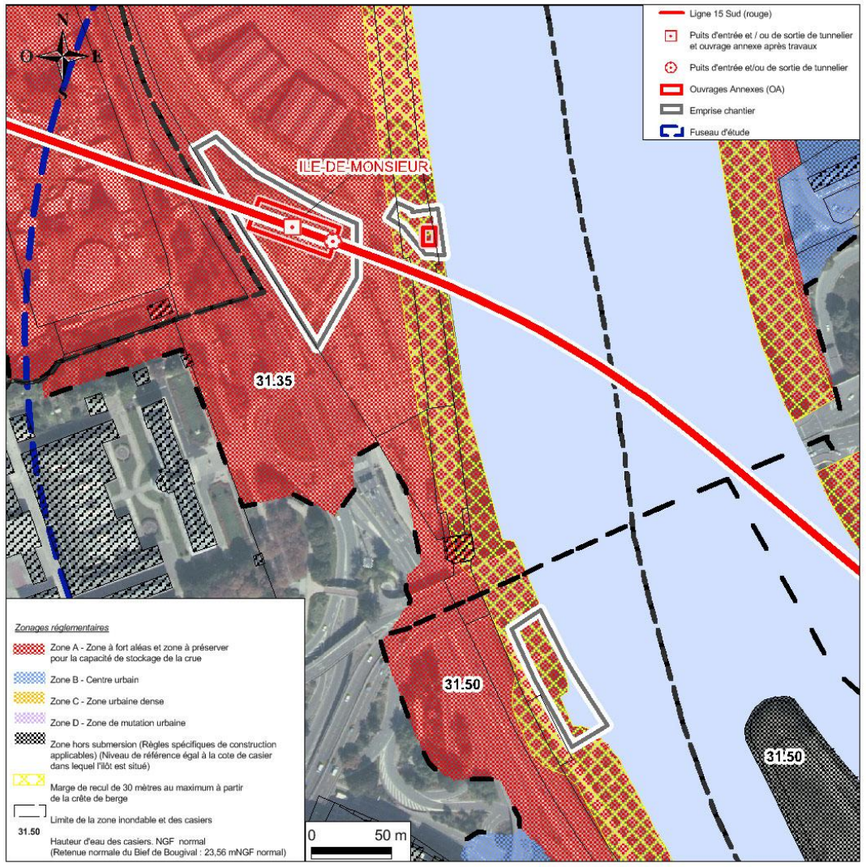
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

**L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est notamment située dans la zone A, à savoir la zone réglementaire du PPRI la plus prescriptive, y compris la marge de recul.**




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92** (source : DRIEE)

*b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>*

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : A. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.**

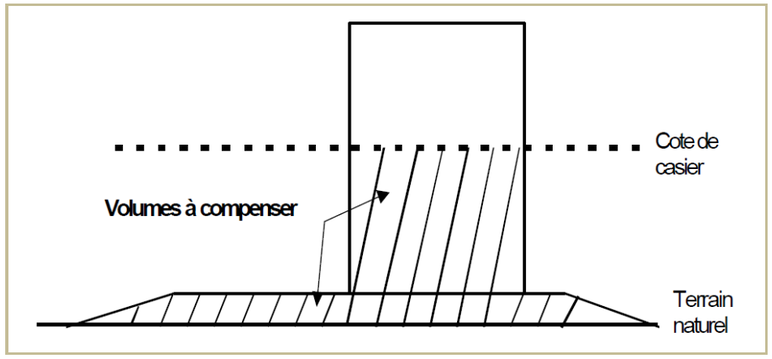
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).




Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de l'ouvrage annexe sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,00 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Il est prévu de mutualiser la compensation nécessaire de la gare de Pont de Sèvres au droit de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur.

Le chapitre 1.2 (zone A) du règlement du PPRI précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*.

### c. *Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (pour plus d'information, le lecteur est invité à prendre connaissance du rapport de modélisation en annexe du présent document).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |
| projet | 50 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | + 0,18 |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

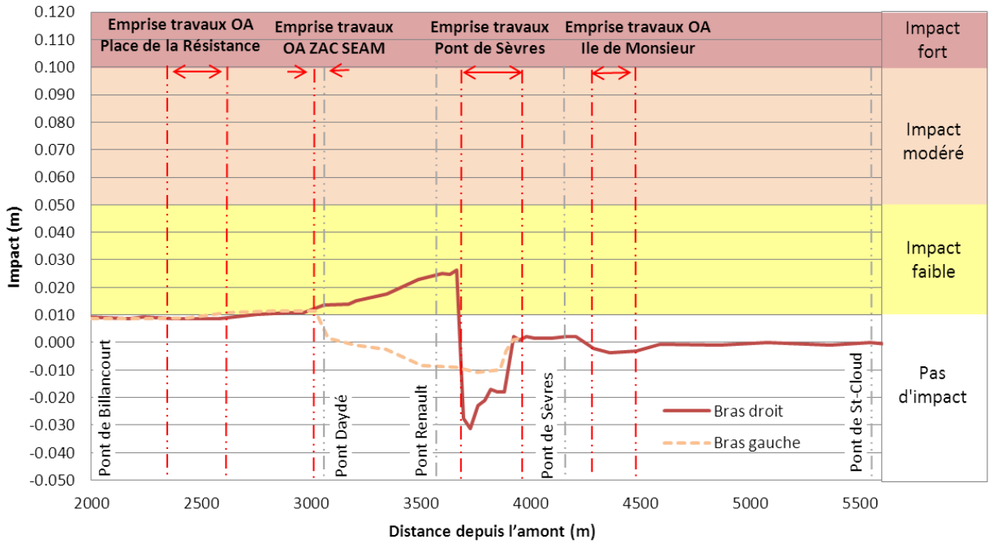
* NI : non inondable

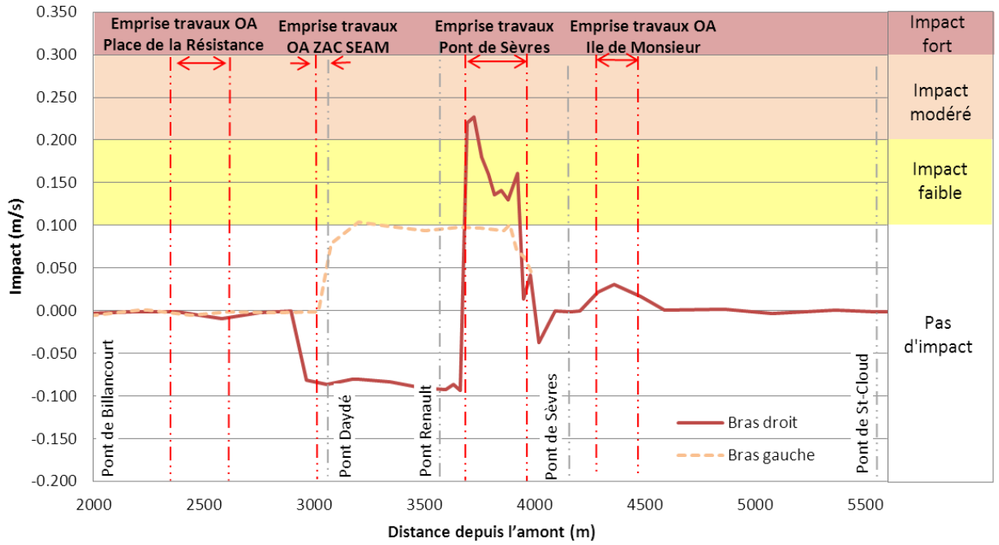
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

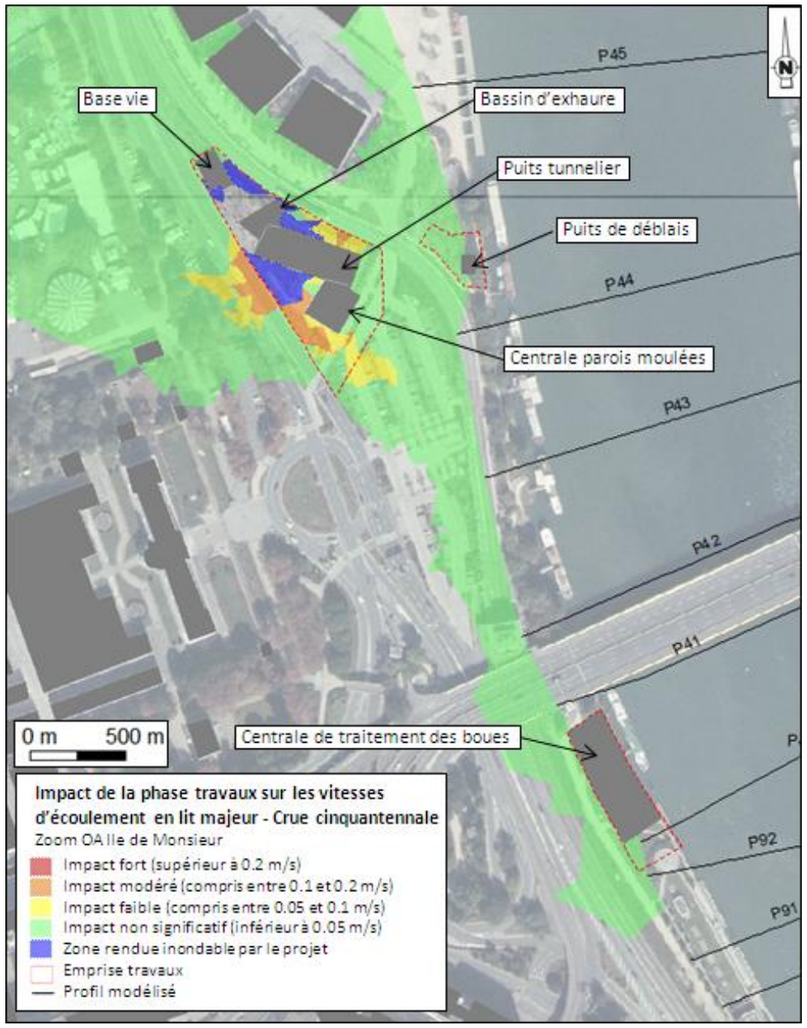
**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau et sur les vitesses est négligeable au droit de l'ouvrage annexe.**




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**Pour le lit majeur :** l'analyse des résultats du tableau ci-avant montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**, à l'**exception de la crue de projet 50 ans** qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,18 m/s (voir figure ci-après). Cet impact localisé s'explique par un étroit chenal d'inondation pour la crue de projet.




**Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

En phase travaux, une paroi périphérique permettant de rehausser celles des puits (puits d'attaque et puits d'extraction des déblais) par rapport à la côte casier sera mise en place afin d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers.

La centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale.

Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.

Étant donné la durée prévisionnelle des travaux sur le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur (durée estimée à 8-10 ans car ce dernier restera en place pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest), le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues.

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| | | Niveau TN | Hauteur (m) | Longueur (m) | largeur (m) | Surface (m²) | Volume (m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUITS | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | | | 1205 | 602.05 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | | | | 602.05 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | | | | 361.50 |
| PUITS TEMPORAIRE | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 10.60 | 9.00 | 95.4 | 47.70 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 10.60 | 9.00 | | 47.70 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 10.60 | 9.00 | | 28.60 |
| BASSIN D'EXHAURE | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 22.40 | 8.00 | 179.2 | 89.60 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 22.40 | 8.00 | | 89.60 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 22.40 | 8.00 | | 53.80 |
| CENTRALE TRAITEMENT DE BOUES | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 20.00 | 3.90 | 78 | 78.00 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 20.00 | 3.90 | | 78.00 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 20.00 | 3.90 | | 23.40 |
| | | | | | | | 2102.00 |

Le volume soustrait à la crue de 2 102 $m^3$ correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Il est prévu un décaissement de 59 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 2 118 $m^3$, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

Le calcul du volume décaissé est le suivant :

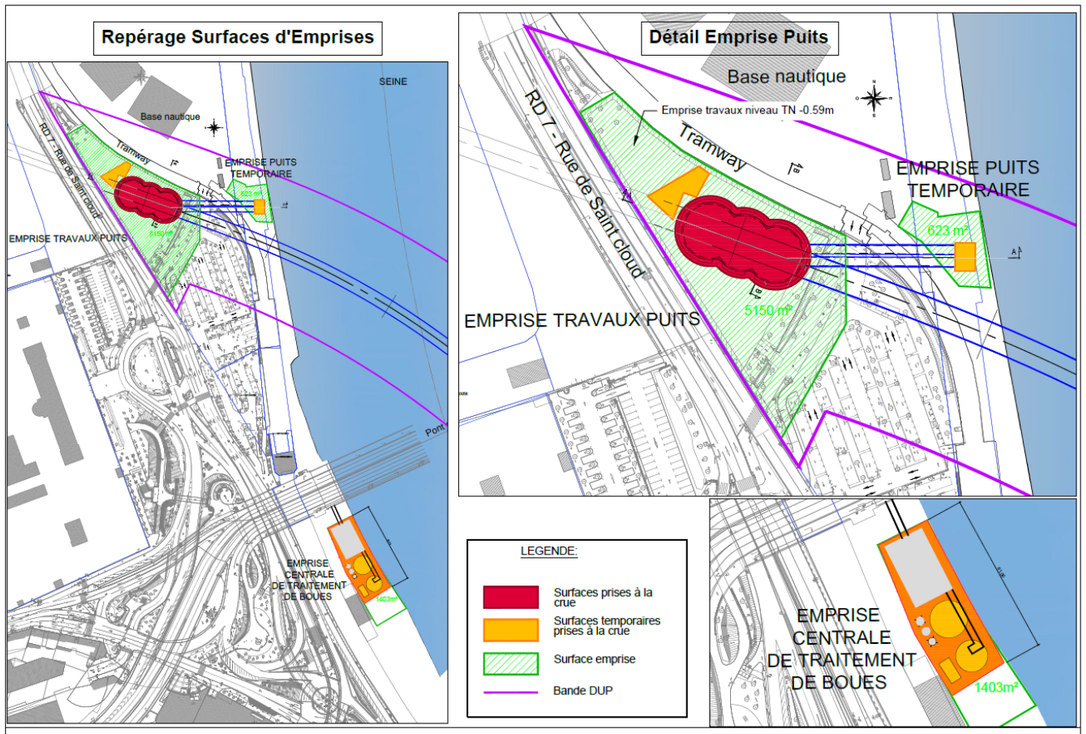
$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits} - S_{bassin\ d'exhaure}) \times 0,59$$

$$V_{décaissé} = (5\ 150 - 1\ 560) \times 0,59 = 3\ 590 \times 0,59$$

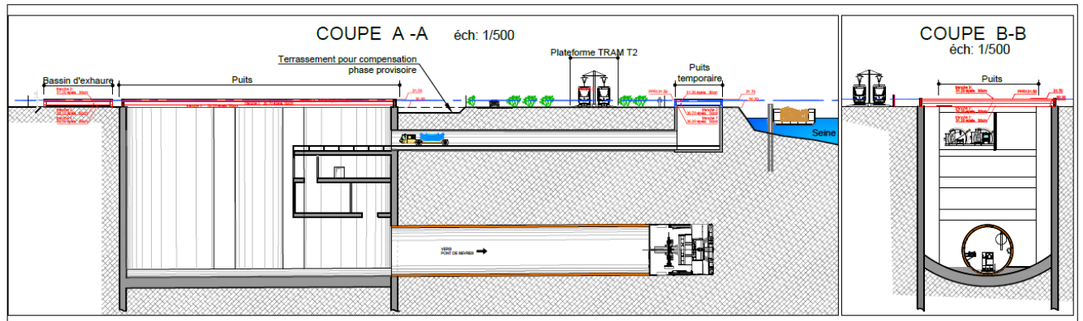
$$V_{décaissé} = 2\ 118\ m^3$$

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 560 m²) seront totalement compensées (total de 3 590 m² libérés à la crue).**

**De plus, la centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale. Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.**




OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en Plan — Phase provisoire




| | | Niveau TN | Hauteur (m) | Longueur (m) | largeur (m) | Surface (m²) | Volume (m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUITS | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | | | 1205 | 602.05 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | | | | 602.05 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | | | | 361.50 |
| PUITS TEMPORAIRE | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 10.60 | 9.00 | 95.4 | 47.70 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 10.60 | 9.00 | | 47.70 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 10.60 | 9.00 | | 28.60 |
| BASSIN D'EXHAURE | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 22.40 | 8.00 | 179.2 | 89.60 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 22.40 | 8.00 | | 89.60 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 22.40 | 8.00 | | 53.80 |
| CENTRALE TRAITEMENT DE BOUES | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | 20.00 | 3.90 | 78 | 78.00 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | 20.00 | 3.90 | | 78.00 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | 20.00 | 3.90 | | 23.40 |
| | | | | | | | 2102.00 |

Surface d'emprise ..... = 5150 m²
- surfaces puits = 1205
+ bassin d'exhaure 22.40x8=179.2m²
+ centrale boue 20x3.90=78m²
+ puits temporaire 10.60x9=95.40m²
= 1557.6 m²

**PHASE TRAVAUX** Compensation = 2102 : 3592.4= **0.59 m** soit nivellement de la surface d'emprise = (TN.) 30.20 - 0.59 = 29.61

OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUMES A COMPENSER - Coupes — Phase provisoire

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |
| projet | 50 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | + 0,16 |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

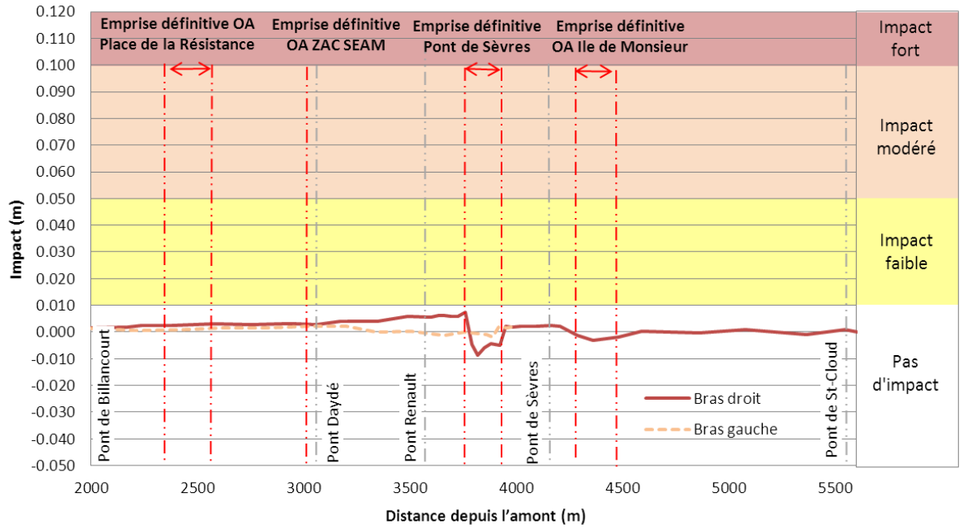
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

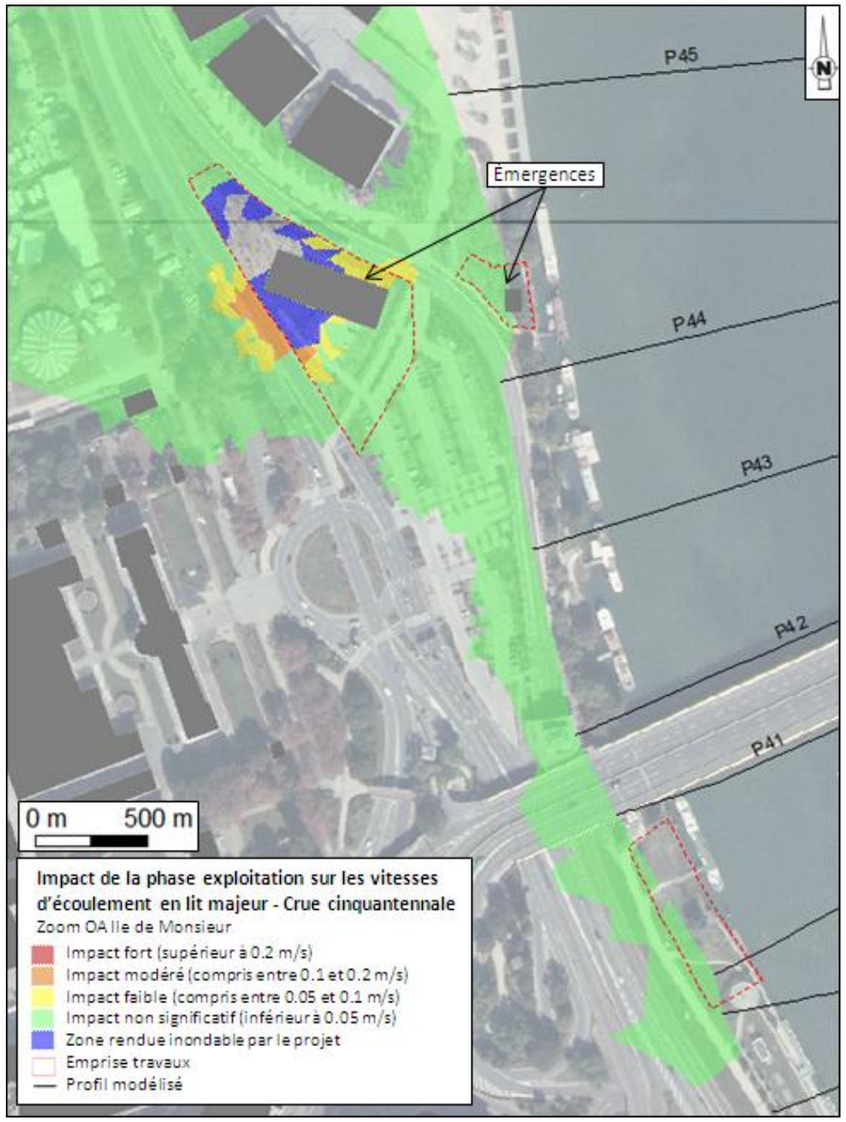
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de conclure les deux points suivants :

**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**Pour le lit majeur** : l'analyse des résultats du tableau ci-avant montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**, à l'**exception de la crue de projet 50 ans** qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,16 m/s (voir figure ci-après).




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Étant donné la durée prévisionnelle des travaux sur le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur (durée estimée à 15 ans car ce dernier restera en place pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest), le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite à la crue (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,20 ; 30,70] | 0,50 | 30 | 15,4 |
| 2 | [30,70 ; 31,20] | 0,50 | 30 | 15,4 |
| 3 | [31,20 ; 31,50] | 0,30 | 30 | 9,2 |
| **TOTAL** | **[30,20 ; 31,50]** | **1,30** | **-** | **40** |

Le volume soustrait à la crue de 1 640 $m^3$ correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Il est prévu un décaissement de 26 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 183 $m^3$, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

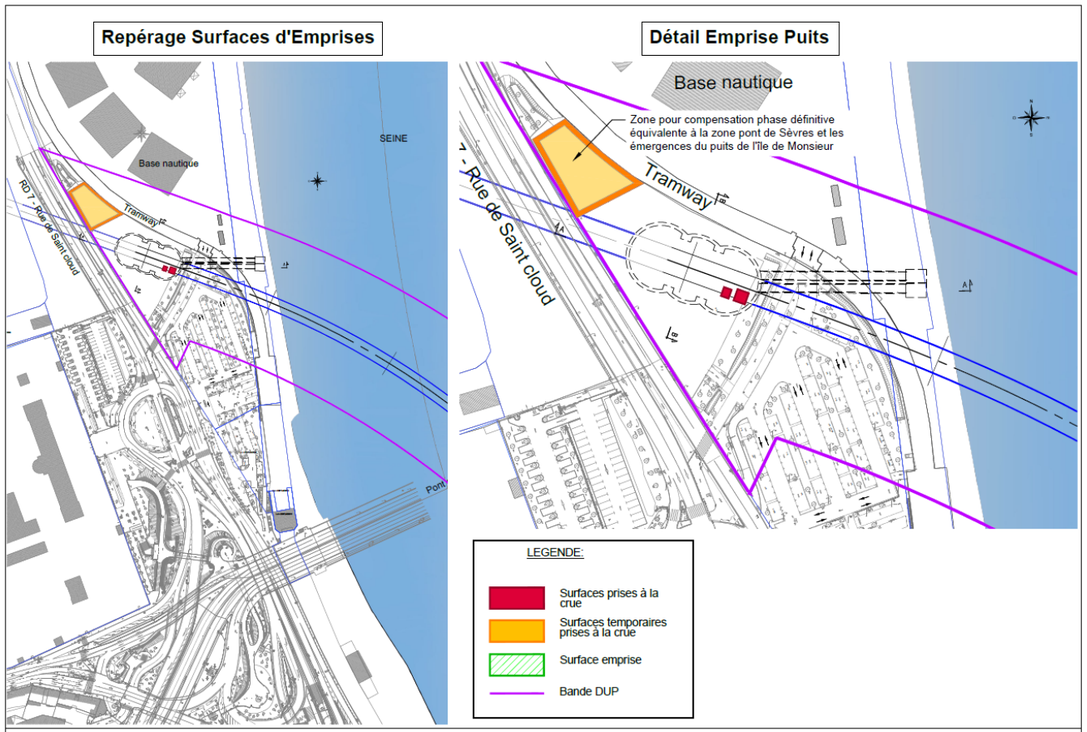
Le calcul du volume décaissé est le suivant (détail pages suivantes) :

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{gaines}) \times 0,26$$

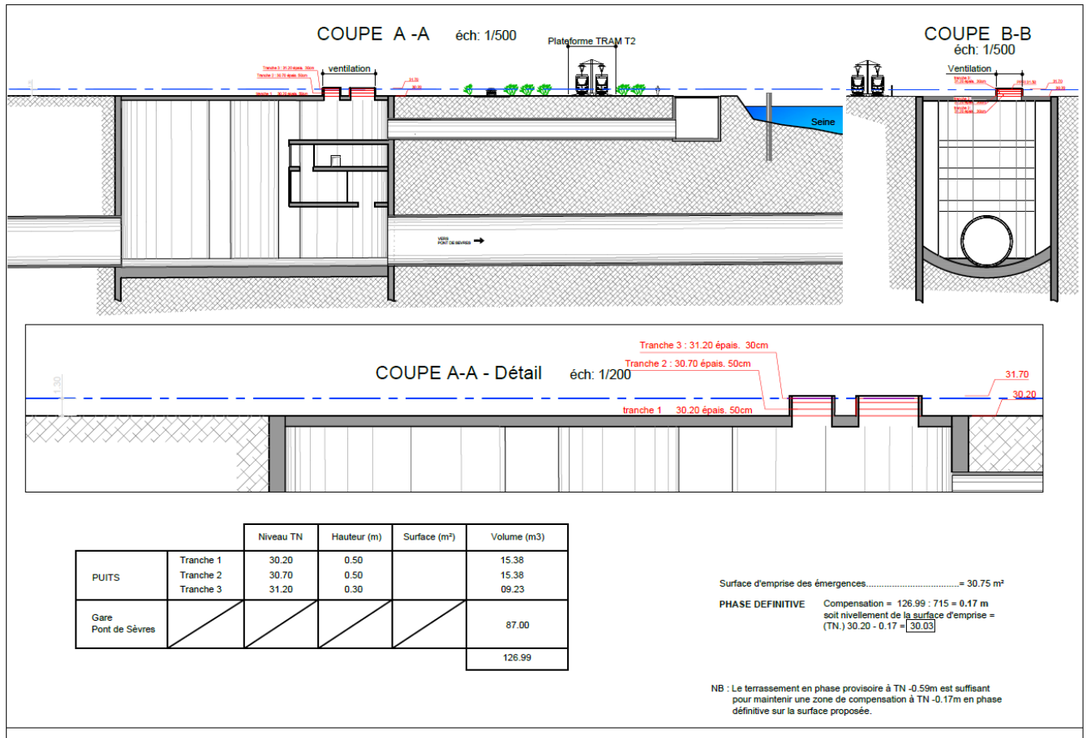
$$V_{décaissé} = (744 - 30) \times 0,26 = 714 \times 0,26$$

$$V_{décaissé} = 183\ m^3$$

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume.** Le surplus permettra la compensation du volume résiduel pour la gare de Pont de Sèvres, soit 143 $m^3$. **Les surfaces soustraites à la crue (total de 30+595 m²) seront totalement compensées (total de 714 m² libérés à la crue).**




OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en Plan — Phase définitive après intervention T4




| | | Niveau TN | Hauteur (m) | Surface (m²) | Volume (m3) |
|---|---|---|---|---|---|
| PUITS | Tranche 1 | 30.20 | 0.50 | | 15.38 |
| | Tranche 2 | 30.70 | 0.50 | | 15.38 |
| | Tranche 3 | 31.20 | 0.30 | | 09.23 |
| Gare Pont de Sèvres | | | | | 87.00 |
| | | | | | 126.99 |

Surface d'emprise des émergences.....= 30.75 m²

**PHASE DEFINITIVE** Compensation = 126.99 : 715 = **0.17 m**
soit nivellement de la surface d'emprise =
(TN.) 30.20 - 0.17 = 30.03

NB : Le terrassement en phase provisoire à TN -0.59m est suffisant pour maintenir une zone de compensation à TN -0.17m en phase définitive sur la surface proposée.

OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUMES A COMPENSER - Coupes — Phase définitive après intervention T4

### 1.3.4.2 Gare du Pont de Sèvres

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zones A, B et D) |
| | Impacts en lit mineur | Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1,2 cm sur un linéaire de 500 m en amont de la gare de Pont de Sèvres) et l'impact sur les vitesses est modéré avec une augmentation des vitesses de l'ordre de 0,23 m/s. |
| | Impacts en lit majeur | Le secteur amont (ZAC Seguin Rives de Seine) connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum jusqu'à la crue centennale, considéré comme un impact faible. L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,14 m/s). |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zones A, B et D) |
| | Impacts en lit mineur | L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | - l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau au droit du secteur de la gare de Pont de Sèvres (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 90 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation mutualisée avec la réalisation d'un décaissé du terrain principal de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

La figure ci-après présente une reconstitution 3D de la berge au droit de la future gare du Pont de Sèvres. La berge est constituée d'une partie en perré et d'une partie en mur droit.



**Vue en perspective de la berge actuelle sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)**

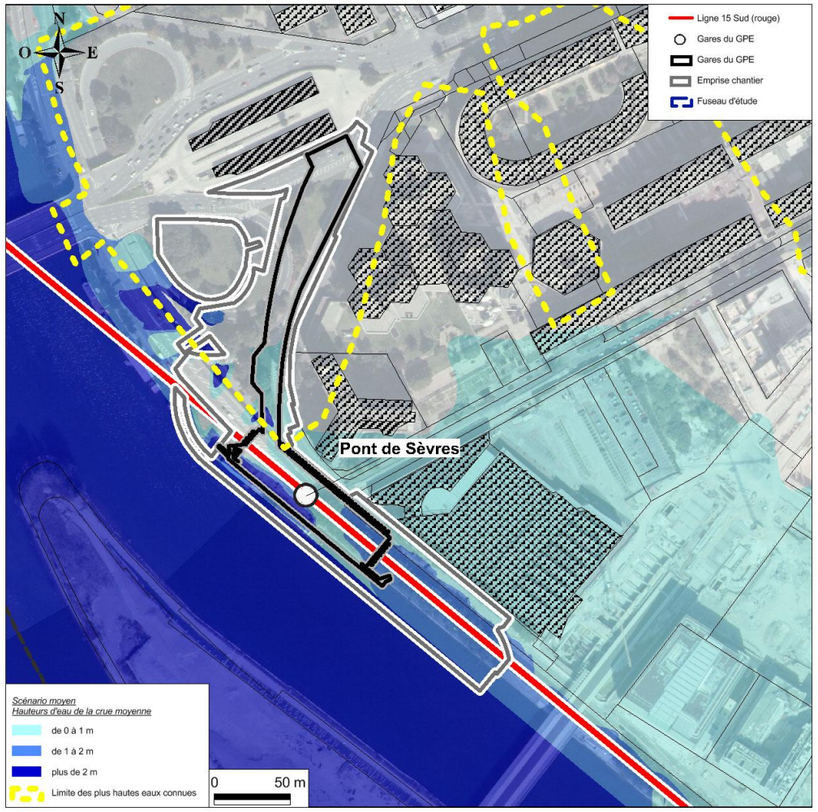
L'extrait ci-contre présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.**

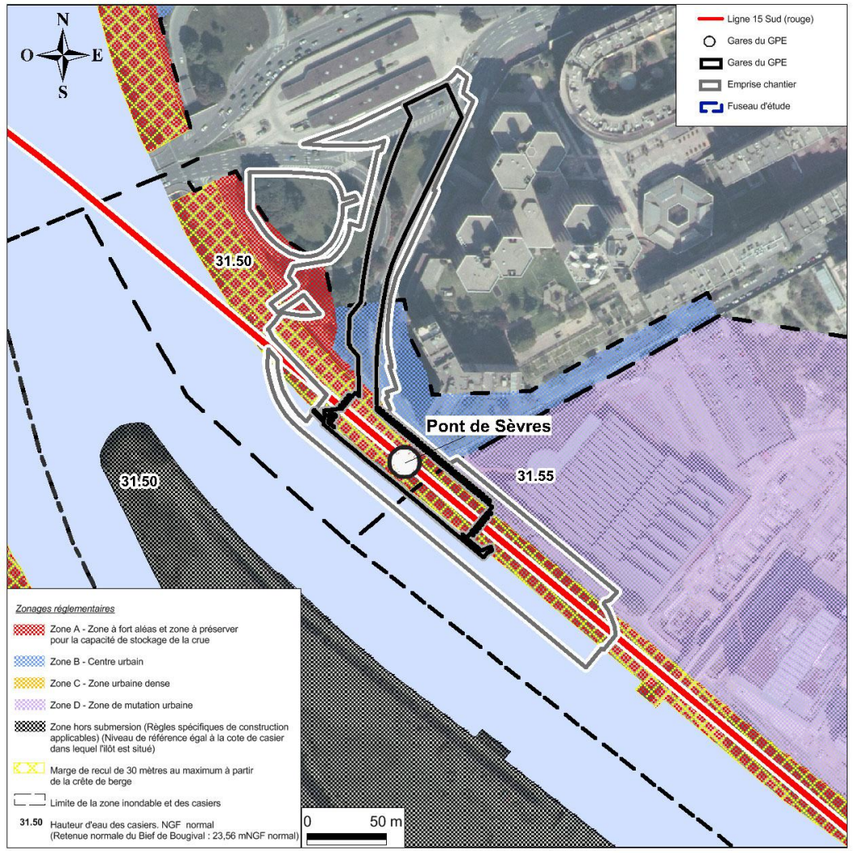
**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », sont situées dans la zone A, à savoir la zone réglementaire du PPRI la plus prescriptive.**

**Les emprises sont également concernées par les zones réglementaires B et D, à savoir « centre urbain » et « zone de mutation urbaine », correspondant à la ZAC Seguin – Rives de Seine.**




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92** (source : DRIEE)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

*b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>*

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans les deux zones réglementées concernées : A, B et D. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement

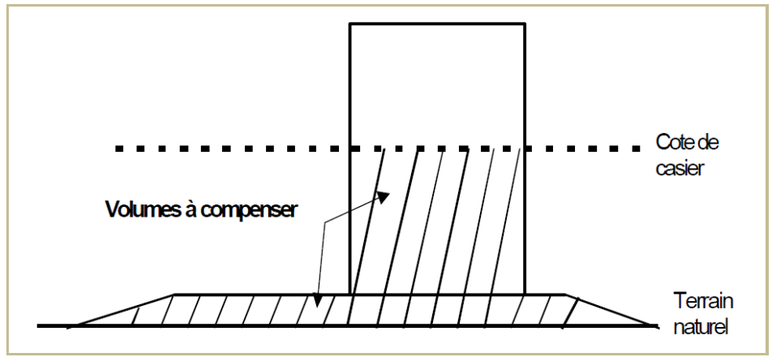
précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

**A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare du Pont de Sèvres apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.**

Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;
- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;
- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…) ;
- En cas d'opération d'aménagement d'ensemble (ZAC, lotissement, opérations groupées, zone portuaire...), le volume à compenser est localisé sur l'emprise de l'ensemble de l'opération sous réserve que la localisation de ces compensations et leurs volumes ne provoquent pas d'aggravation de la situation en amont et en aval de l'opération (une étude technique doit être fournie par le pétitionnaire).



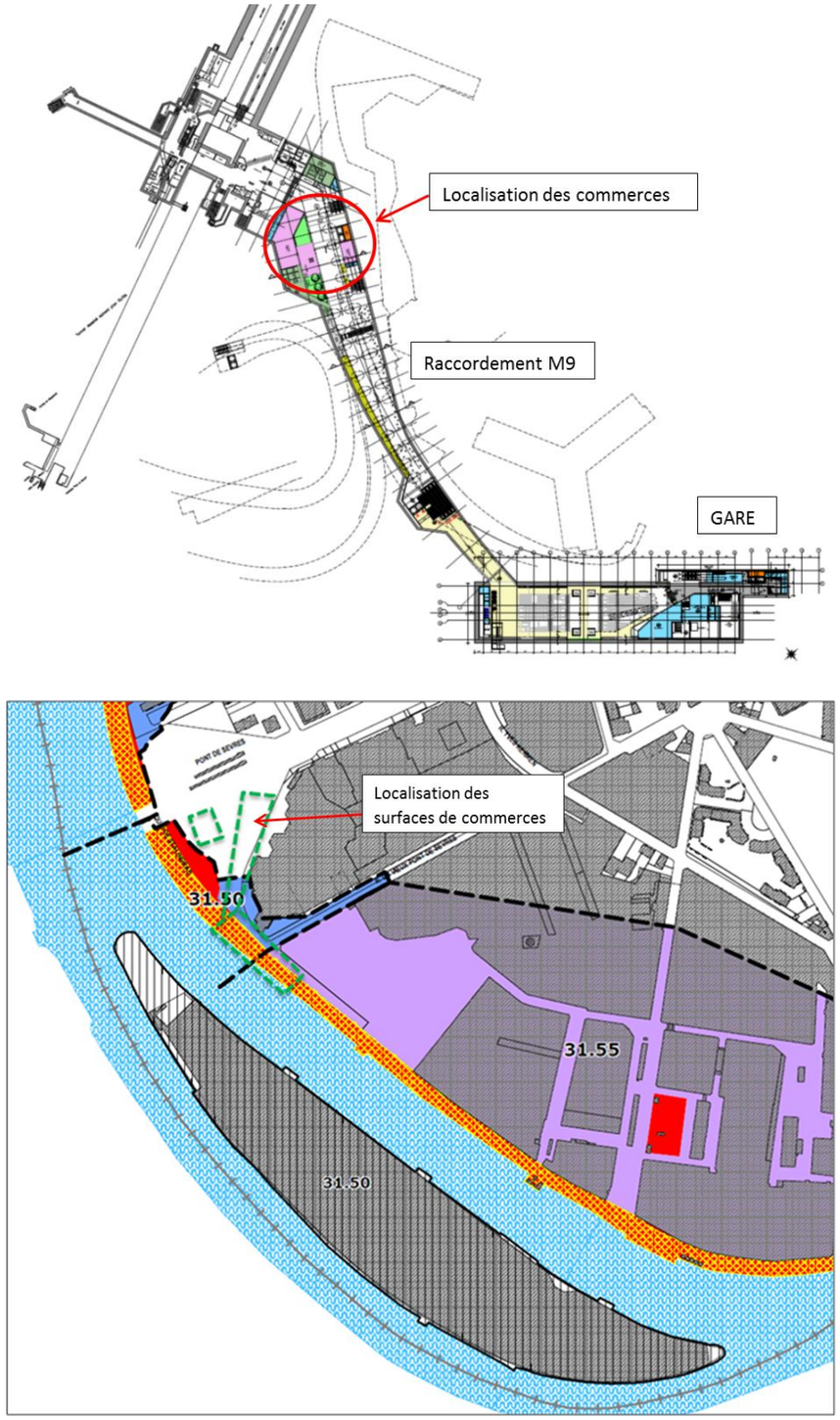

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés au nivellement et aux émergences de la gare du Pont de Sèvres sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,00 m NGF. Il est prévu de mutualiser la compensation au droit de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 1.2 (zone A) précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*. Il en est de même pour la zone B (chapitre 2.1) et pour la zone D (chapitre 4.2). Ces deux dernières zones offrent tout de même des assouplissements pour certains usages :

- En zone B, Les surfaces de bureaux, commerces et activités, à usage autre que centres d'intervention et de secours, centres d'exploitation de services publics, centres de contrôle, surfaces d'habitation ou d'hébergement collectif de personnes, peuvent aussi être implantés au-dessus de la cote de la voirie existante sans pouvoir être situés à plus de 2 m au-dessous de la cote de casier, sous réserve que la SHON totale située en dessous de cette cote soit :
  - inférieure ou égale à 300 m² lorsque la surface de l'unité foncière est inférieure à 3 000 m².
  - inférieure ou égale à 10 % de la surface de l'unité foncière lorsque celle-ci est supérieure à 3 000 m². En cas d'opération d'aménagement d'ensemble, cette surface peut être répartie sur l'entité foncière hors surfaces de voirie sans pouvoir dépasser 30% de la surface d 'une unité foncière donnée.
- En zone D, la cote de tout plancher nouvellement créé, à quelque usage que ce soit, doit être située au-dessus de la cote de casier. Cependant,
  - les entrées de bâtiments de moins de 30 m² de SHON et les rampes pour handicapés peuvent être installées jusqu'à la cote du terrain naturel ou de la voirie existante.
  - les caves des logements et les locaux techniques (contenant des équipements d'alimentation en énergie, télécommunications, transformateurs) peuvent être réalisés sous le niveau de la cote de casier à la condition d'être placés en cuvelage étanche établi jusqu'au niveau de cette cote. Le volume ainsi cuvelé doit être compensé par un volume au moins égal rendu inondable compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins.

Au niveau de la gare Pont de Sèvres, l'implantation de surfaces de commerces est prévue au niveau du couloir de raccordement au métro ligne 9, situé en dehors du zonage du PPRI.

L'implantation de ces surfaces de commerces est représentée sur les figures suivantes.




Cependant, les commerces étant créés dans une zone en déblai, une analyse plus poussée de la réglementation du PPRI peut être réalisée.

L'extrait de plan ci-dessous montre que les zones de commerces (en rose) sont effectivement implantées sous la côte casier la plus proche (31.50m).




En analysant l'implantation des commerces vis-à-vis de la réglementation de la zone du PPRI la plus proche (zone B) dans laquelle s'insère une partie du couloir de correspondance, il peut être constaté que :

- les commerces sont implantés le long d'une voirie, voie de raccordement entre la ligne 15 et la ligne 9,
- les commerces sont implantés moins de 2 m sous la côte casier (côte supérieure à 29.50m),
- la surface totale des commerces, représentant 255 m² (+terrasse), est inférieur à 1% de l'emprise du couloir de correspondance (3 000 m²) et a fortiori de l'emprise totale de la gare.

Par conséquent, l'implantation des commerces prévue au niveau du couloir de correspondance au droit de la gare de pont de Sèvres est compatible avec le PPRI, bien que celui-ci ne s'applique pas à cette zone.

c. *Phase chantier (version initiale)*

**Aménagement en lit mineur**

En phase travaux, les principales installations de chantier seront implantées dans l'échangeur de la RD910/RD1 situé hors zones inondables. Les autres installations seront placées sur pilotis ou au-dessus de la cote casier pour permettre le libre écoulement des eaux, notamment la centrale à boue.

Une paroi périphérique rehaussée par rapport à la cote casier sera créée afin d'éviter les entrées d'eau en cas de crue.

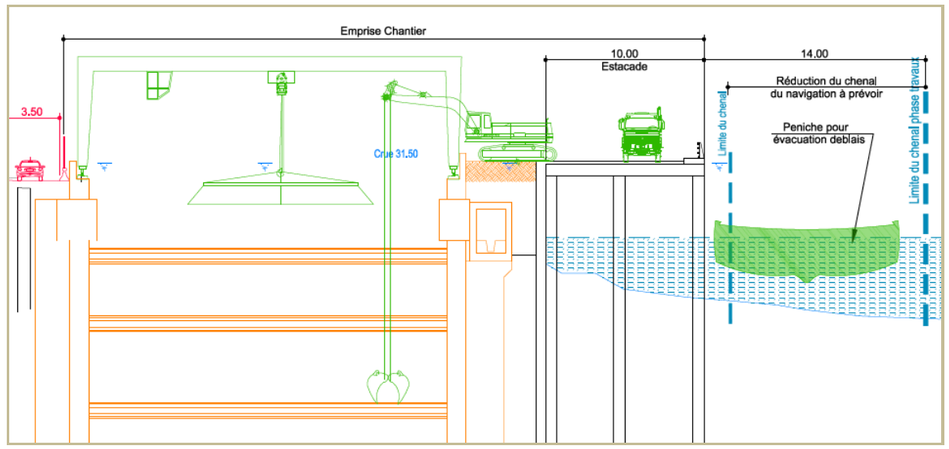
Par ailleurs, la réalisation de la boîte gare et le maintien de la circulation par déviation de voirie nécessite la réalisation d'un remblai et d'une estacade en Seine avec mise en œuvre d'un rideau de palplanches. Le remblai a été réduit dans la limite des contraintes techniques (parois avec refends pour consolider la boîte au regard de la nature géologique des terrains).

Le remblai provisoire est nécessaire pour réaliser une plate-forme de travail au droit de la gare. Il est maintenu par un rideau de palplanches qui règne sur la longueur de la gare et un peu de part et d'autre.

A la fin du chantier, les tubes métalliques de l'estacade sont recépés au niveau de la base du lit de la Seine. Le rideau mixte (palplanches+tubes) est recépé à 1m environ au dessus du fond du lit de la Seine. Cette partie de rideau mixte conservée en rive de Seine, est nécessaire car elle assure le maintien et le blocage de la galerie Sevesc durant la vie de l'ouvrage.Les ouvrages provisoires en Seine (remblais, estacades) seront placés à une cote de mise hors crue de 31,55 m + 20 cm.

Ainsi, la phase travaux prévoit :

- la mise hors d'eau de la boîte gare pour la crue de 1910 (rehausse de la paroi moulée au-dessus des 31,55 m NGF) ;
- la création d'un remblai en lit mineur par l'installation d'un rideau de palplanches sur 230 ml ;
- la création d'une estacade en lit mineur (voir vue en coupe ci-dessous).




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | + 0,01 | NI | + 0,23 | NI |
| 1955 | 30 ans | + 0,02 | NI | + 0,23 | NI |
| projet | 50 ans | + 0,02 | NI | + 0,23 | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,03 | + 0,03 | + 0,23 | + 0,14 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

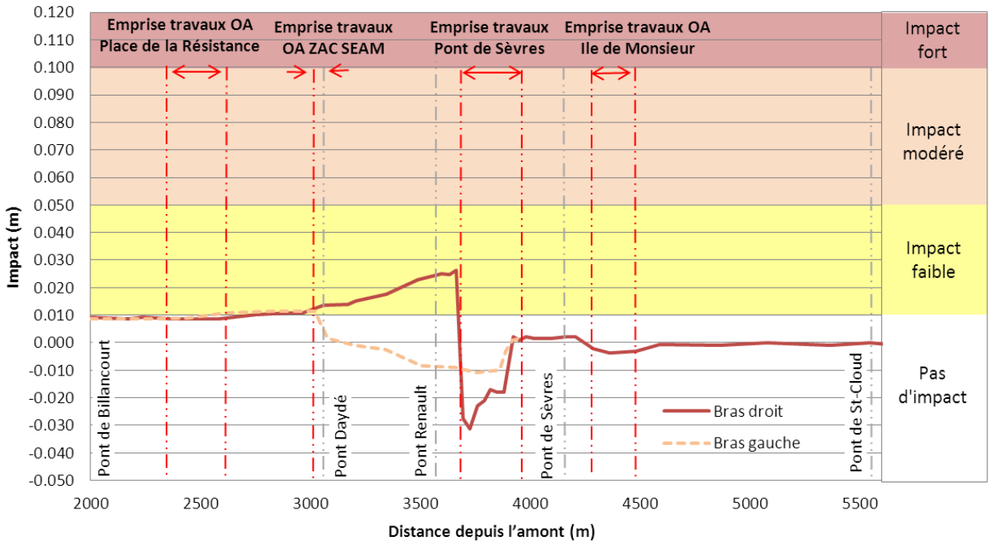
Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

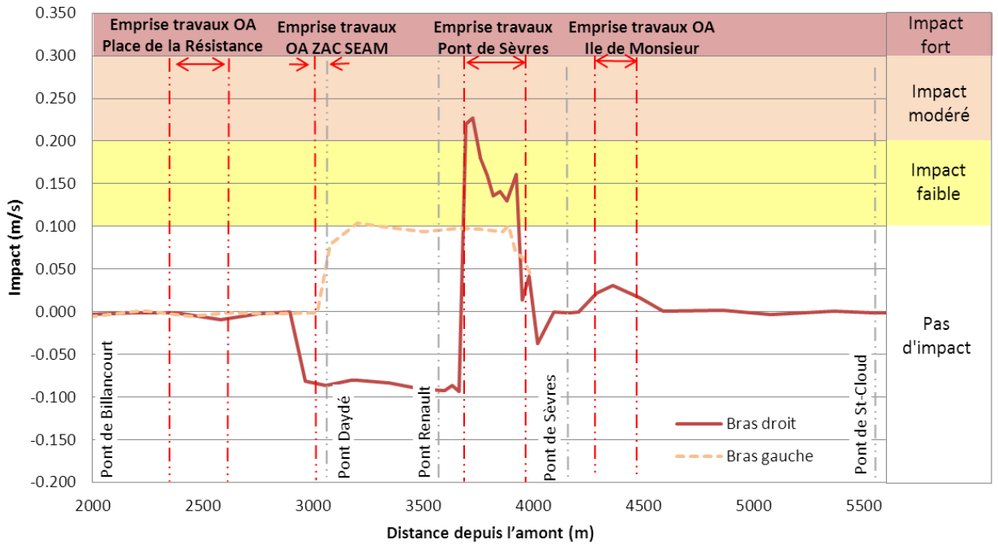
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1,2 cm sur un linéaire de 500 m en amont de la gare de Pont de Sèvres) et l'**impact sur les vitesses est modéré** avec une augmentation des vitesses de l'ordre de 0,23 m/s (ponctuellement au droit de l'emprise des travaux de Pont de Sèvres). Ces impacts ne concernent que le bras droit de la Seine.

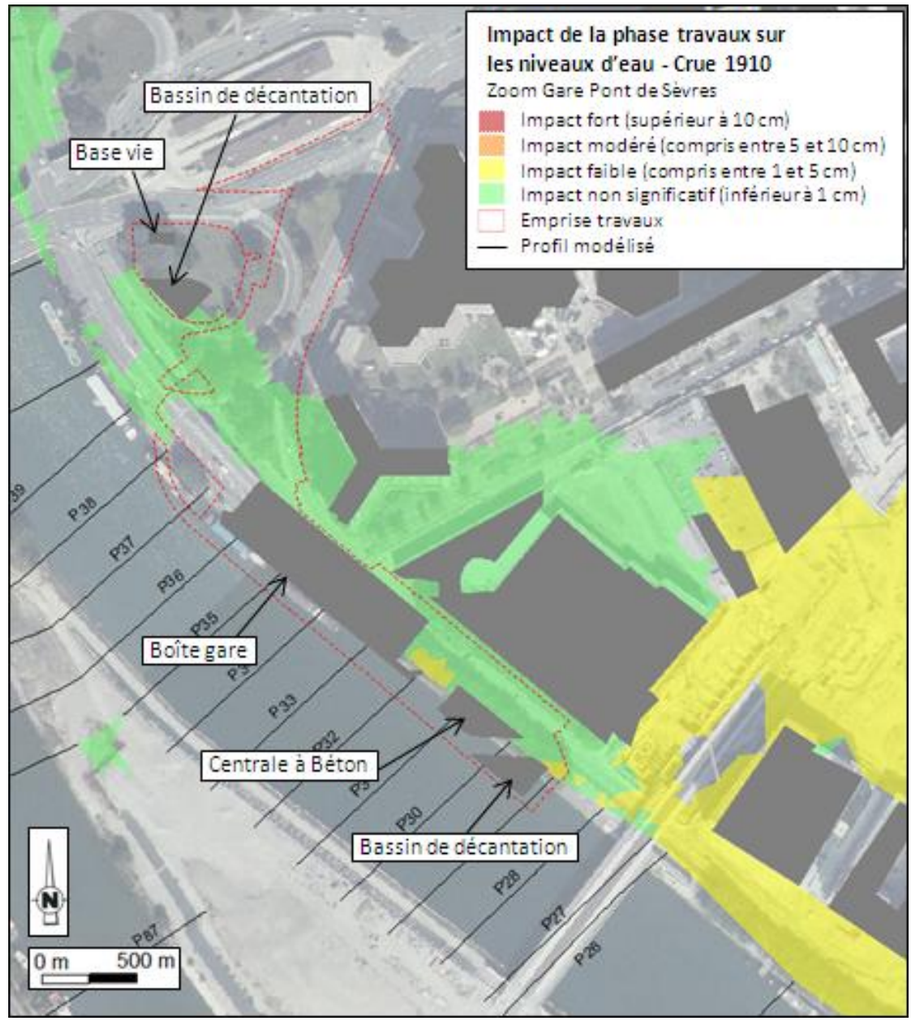
Le **rehaussement maximal attendu de la ligne d'eau et l'augmentation des vitesses sont dus pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.

En phase travaux, l'incidence sur le niveau d'eau reste décelable jusqu'à un peu plus de 500 m en amont de la future gare, au droit de l'ouvrage annexe ZAC SAEM.



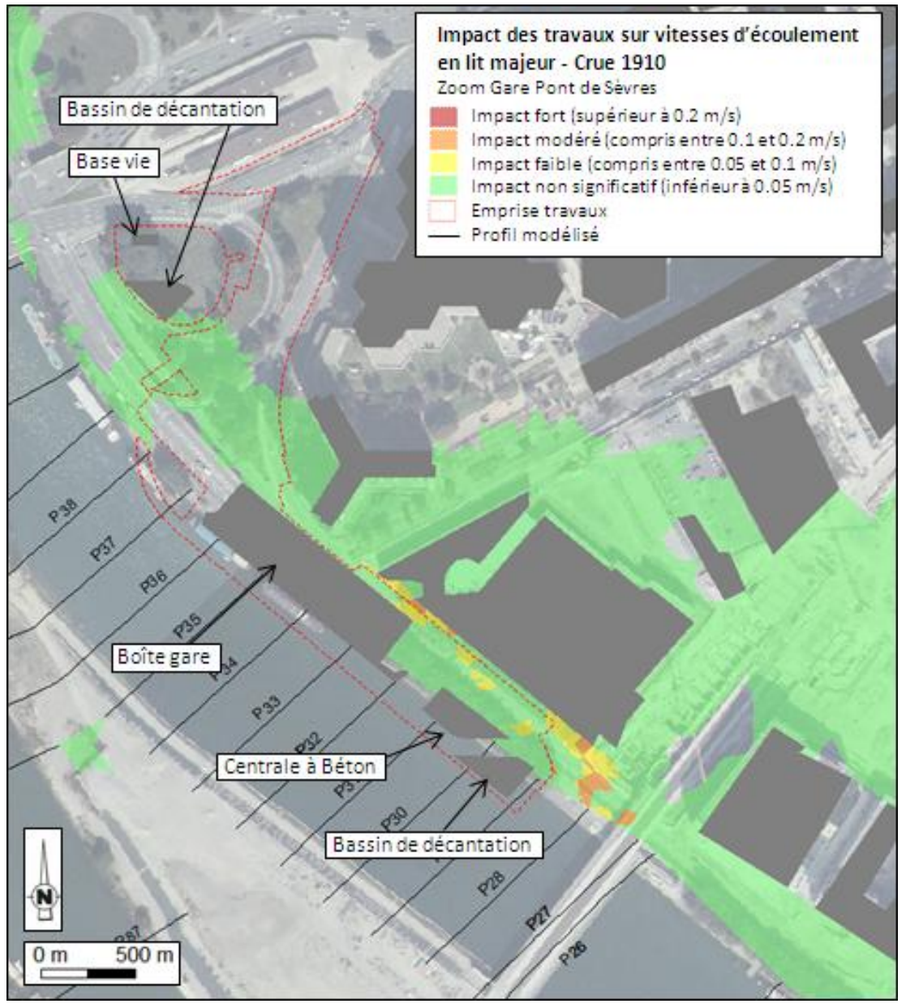




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres**

**En lit majeur,** la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur amont (ZAC Seguin Rives de Seine) connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement** négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,14 m/s) (voir figures ci-après).




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres**

*d. <u>Mise en œuvre de mesures de réduction des incidences sur les lignes d'eau en phase chantier (version actualisée)</u>*

Afin de réduire l'impact de la phase chantier sur les niveaux d'eau (2,6 cm), la maîtrise d'œuvre a proposé une modification de l'estacade consistant en un rétrécissement de celle-ci.

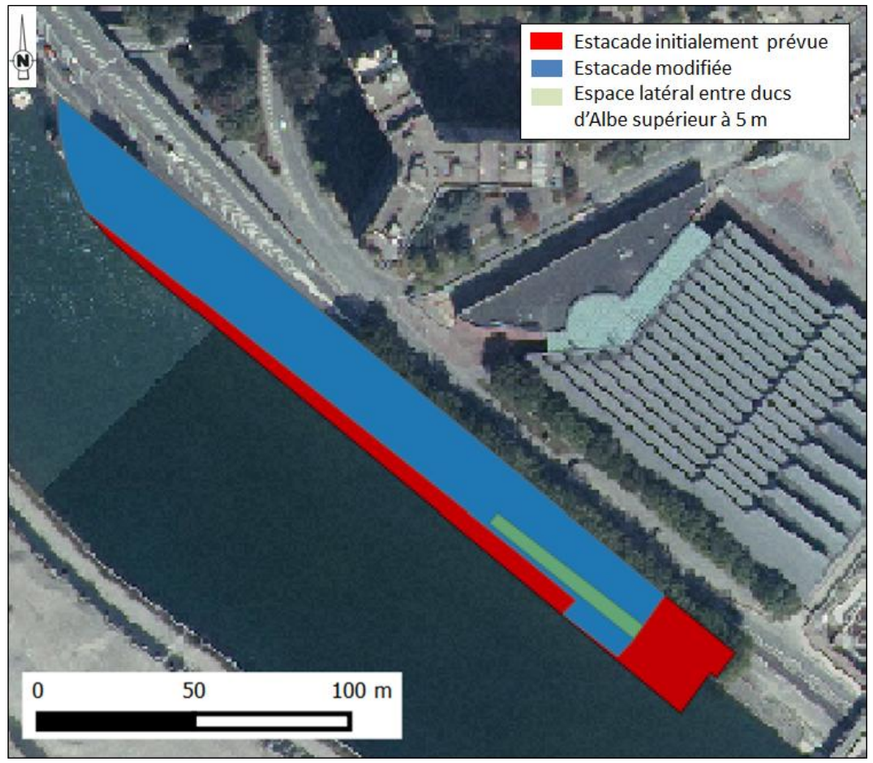
<u>Définition et modélisation de la phase chantier modifiée</u>

La modélisation en lit majeur de la phase chantier est identique à celle présentée au paragraphe précédent. La seule modification intervient sur l'estacade présente dans le lit mineur au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Celle-ci est rétrécie d'environ 5 m sur la quasi-totalité de sa longueur. D'autre part, sur les 60 premiers mètres de l'estacade modifiée, la largeur latérale entre deux ducs d'Albe est de 6 m. Ceci permet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », de ne pas considérer l'estacade comme entièrement pleine sur les 60 premiers mètres : seuls les espaces latéraux inférieurs ou égaux à 5 m sont considérés obstrués.

La carte suivante présente de manière succincte les différences entre l'estacade initiale et celle modifiée.

De la même manière que pour la phase travaux, l'estacade modifiée a été modélisée par un reprofilage des profils en travers au droit de la gare de Pont de Sèvres sur un linéaire d'environ 240 m (du profil P30 à P38).




**Différence entre l'estacade initiale et l'estacade modifiée**

Incidences de la phase chantier modifiée

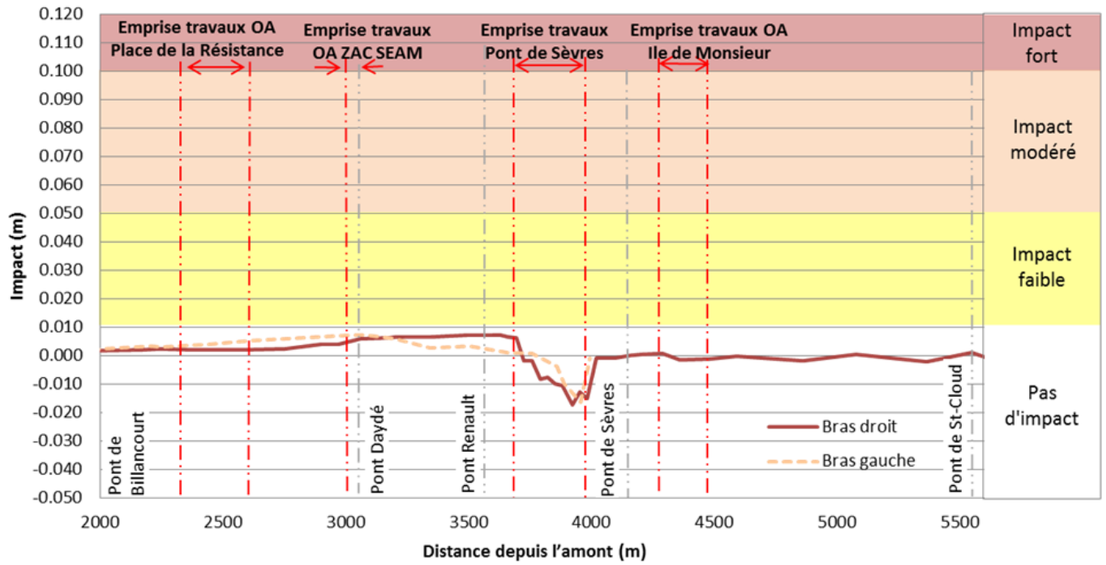
a) Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase travaux modifiée, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau inférieur centimètre en amont de la gare de Pont de Sèvres (**impact non significatif**),
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

**Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur au centimètre, cf. graphique suivant).**




***Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982***

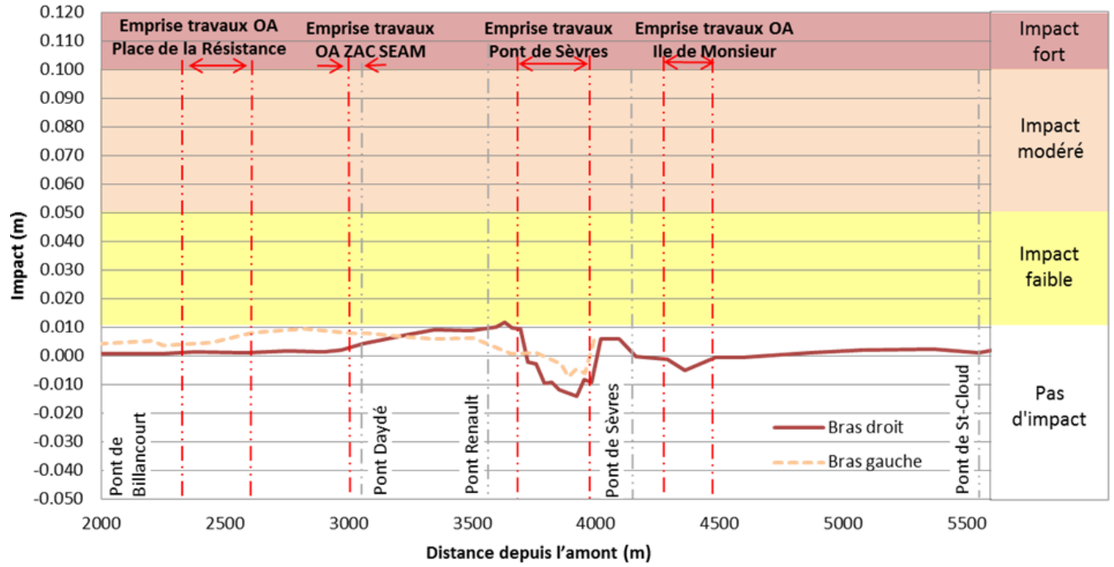
b) Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955 étant faiblement débordante, le seul l'ouvrage annexe pouvant avoir un impact sur les inondations en lit majeur est l'OA Ile de Monsieur. L'impact non significatif de cet ouvrage sur la crue de 1955 est inchangé par la modification de la phase travaux initialement prévue.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,1 cm) sur un linéaire d'environ 100 m en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un **impact faible**,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

**Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1.1 cm, cf. graphique suivant).**




***Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955***

c) Crue de 1910 (crue centennale)

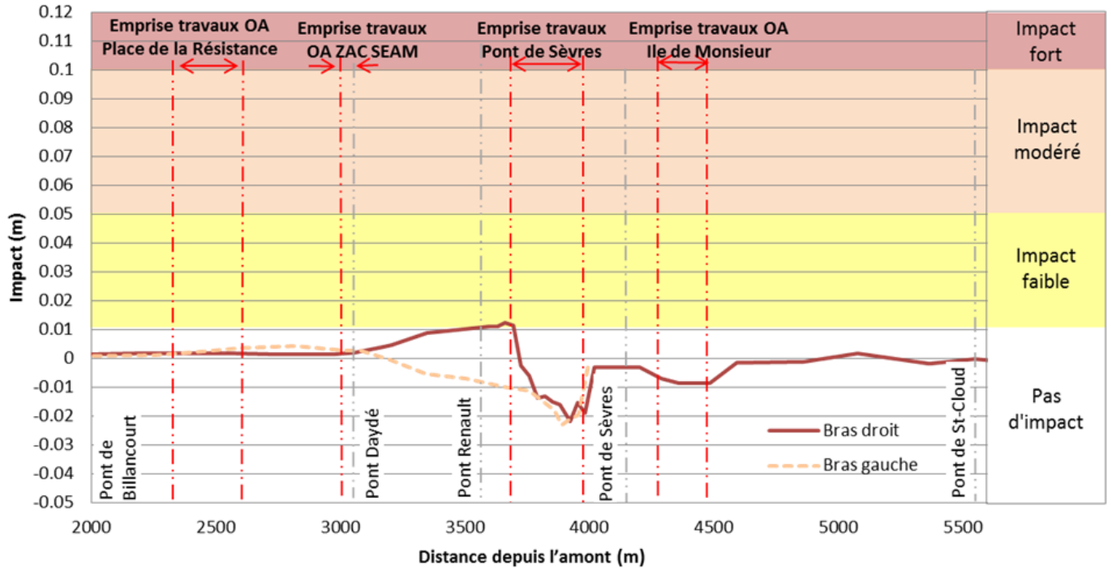
La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI des Hauts-de Seine. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA place de la Résistance. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

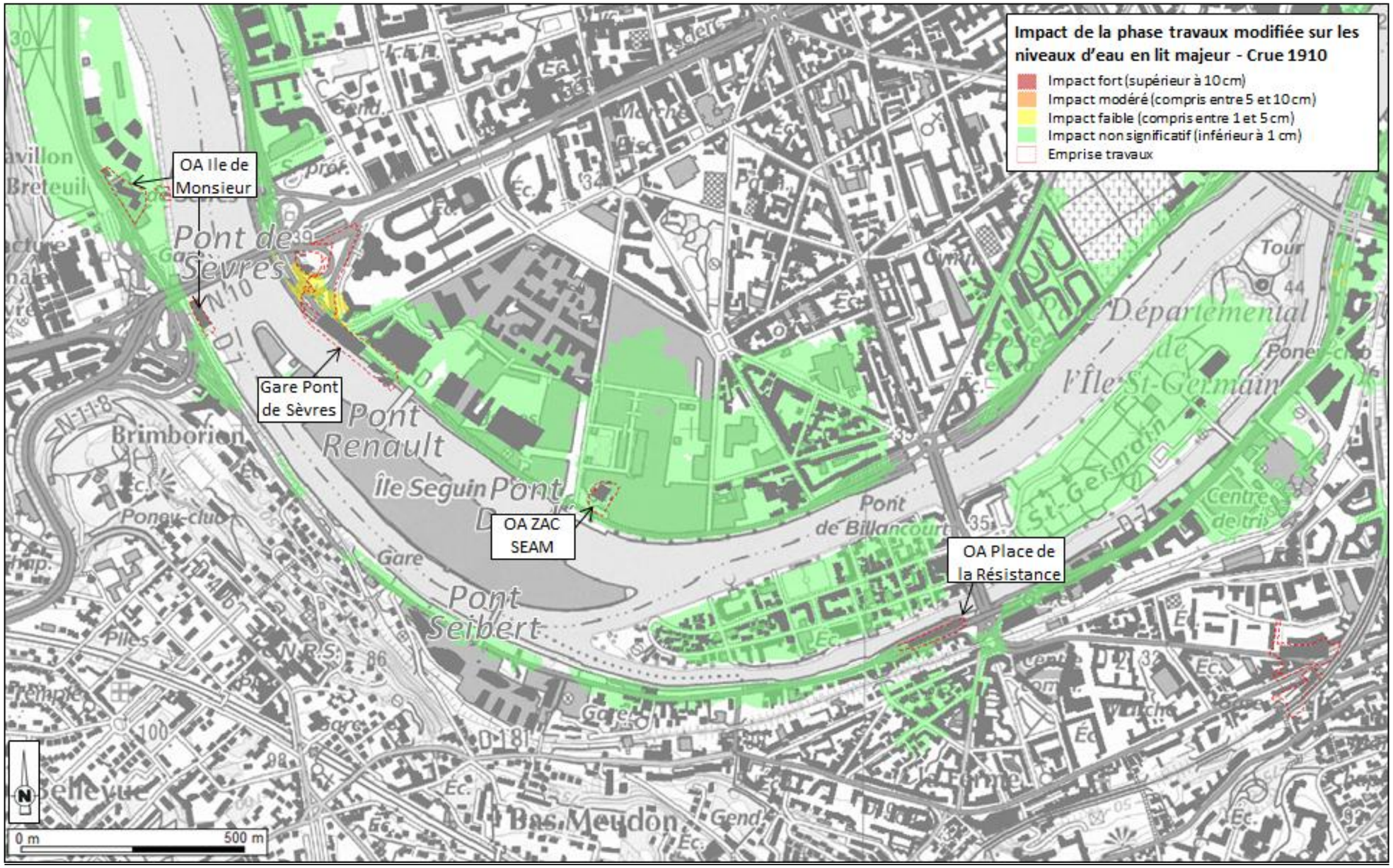
- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,2 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres en lit mineur correspondant à un **impact faible** sur une distance d'environ 200 m,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau d'environ 1,5 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres en lit majeur correspondant à un **impact faible**,

- un abaissement de la ligne d'eau de l'ordre de 1 cm au droit de l'OA Ile de Monsieur et de 2 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres.

**Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1,2 cm en lit mineur et inférieur à 1,5 cm en lit majeur, cf. graphique et carte suivants).**




***Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955***




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910**

Conclusion concernant la mesure de réduction des impacts en phase travaux

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues historiques de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux actualisée, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | + 0,16 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,02 | NI | + 0,16 | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,012 | + 0,015 | + 0,15 | + 0,14 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

En phase travaux modifiée, le projet du Grand Paris Express a un impact faible sur les niveaux d'eau en lit mineur (inférieur à 1,2 cm) sur un linéaire d'environ 200 m en amont de la gare de Pont de Sèvres et en lit majeur (inférieur à 1,5 cm) en crue centennale. Les incidences engendrées par l'implantation de ducs d'Albe au droit de l'Ile Monsieur sont non significatifs.

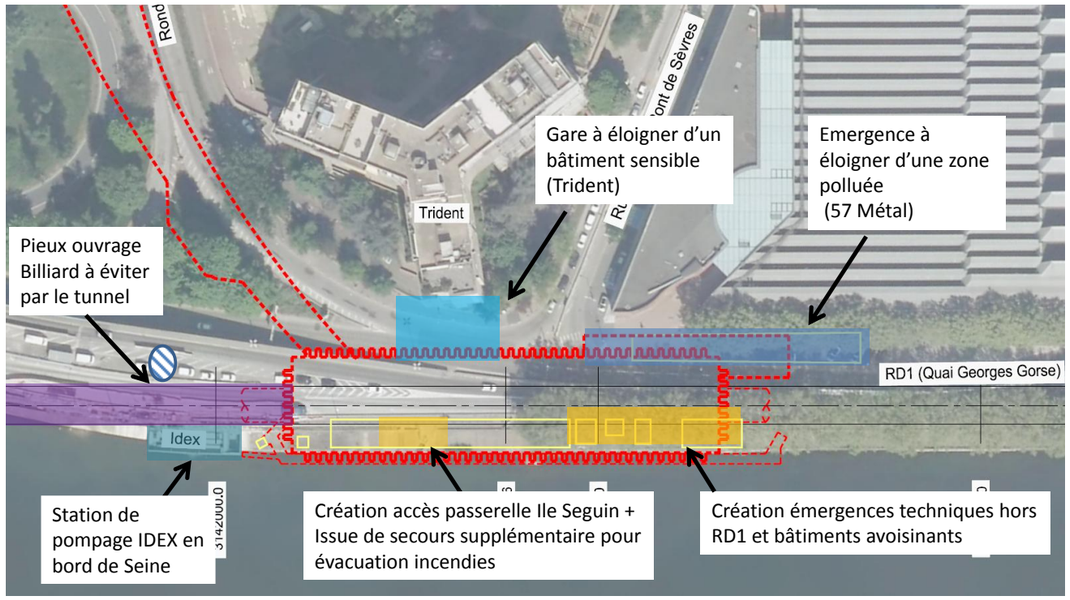
Ainsi, la modification de l'estacade, initialement envisagée, permet de réduire les impacts en phase travaux d'environ 1.5 cm en lit mineur. Désormais l'estacade induit un impact de 1,2 cm au lieu de 2,6 cm avant son optimisation.

*e. Phase exploitation*

**Aménagement en lit mineur**

L'aménagement de la gare du Pont de Sèvres doit répondre à un nombre important de contraintes externes, parmi lesquelles (voir carte de localisation des contraintes en figure suivante) :

- une distance de 10 m est à respecter avec l'immeuble « le Trident » afin d'éviter tout désordre dans le bâtiment ;
- la prise en compte du pieux de l'ouvrage Billiard, rampe routière provenant du pont de Sèvres ;
- une problématique de terrains pollués à proximité ;
- les émergences techniques de la gare qui doivent être éloignées des bâtiments (zone interdite pour l'implantation d'émergences de désenfumage gare).



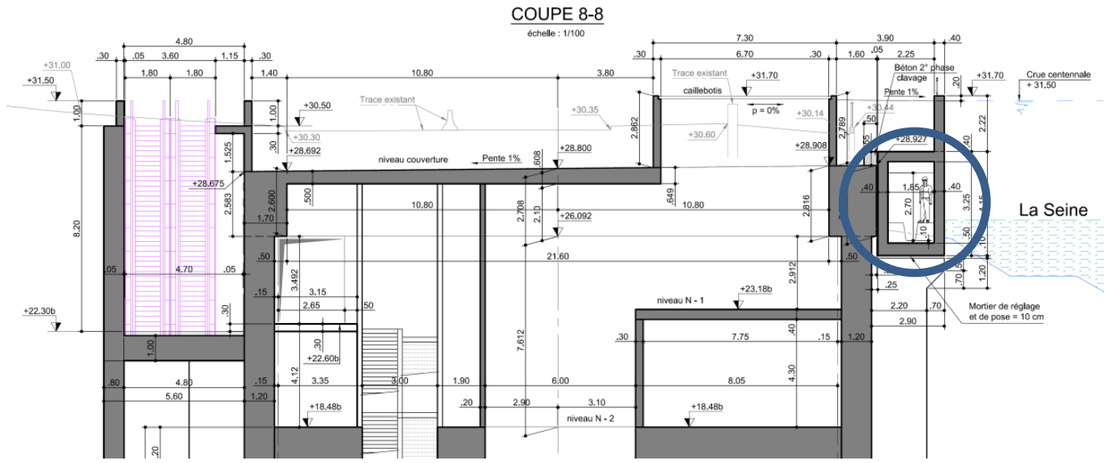

**Principales contraintes sur le site de la future gare de Pont de Sèvres** (source : Société du Grand Paris)

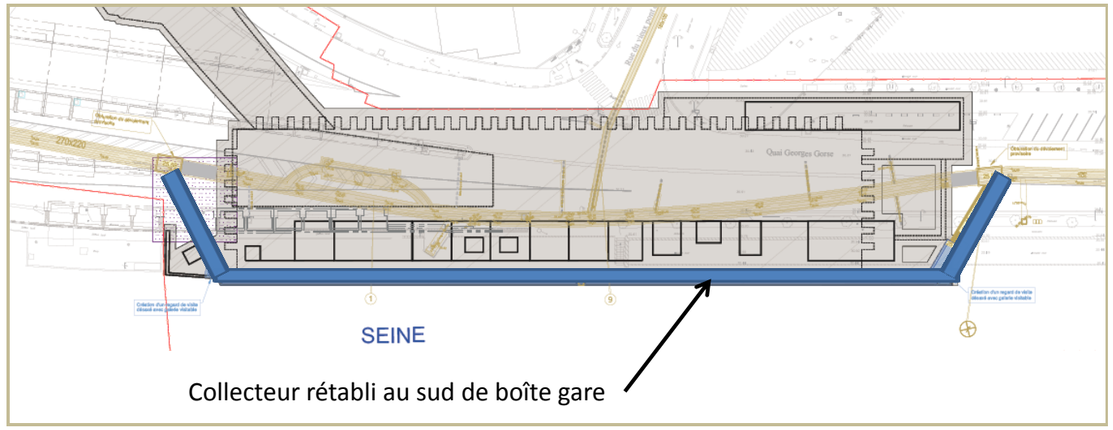
En outre, il est nécessaire de prévoir un corridor pour le passage des réseaux déjà existants. À ce titre, il est notamment nécessaire de maintenir la connexion hydraulique gravitaire d'un collecteur unitaire sous maîtrise d'ouvrage départemental (exploitant : SEVESC).

Plusieurs scénarios de déviation ont été étudiées par la Maîtrise d'œuvre afin d'éviter d'empiéter sur le lit mineur actuel.

L'une des principales mesures a été de **réduire au maximum la largeur de la boîte gare**. Cette largeur intérieure, de 22,30 m, correspond à une largeur de quais de niveau de service minimal, pour assurer le confort des usagers et assurer l'évacuation des personnes en cas d'accident, dans le respect de la réglementation.

Toutefois, les contraintes de raccordement gravitaire du collecteur départemental susmentionné imposent un positionnement du collecteur au droit de l'actuelle berge maçonnée en pente, au sud de la boîte gare (voir figures suivantes).




Par conséquent, l'aménagement de la gare de Pont de Sèvres implique une modification du profil de la berge actuelle. Le chapitre suivant détaille l'évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement, en particulier en lit mineur. Une vue en plan et des coupes sont fournies en annexe afin de comprendre les modifications prévues sur le profil des berges.

*f. Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement*

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| projet | 50 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | + 0,18 |

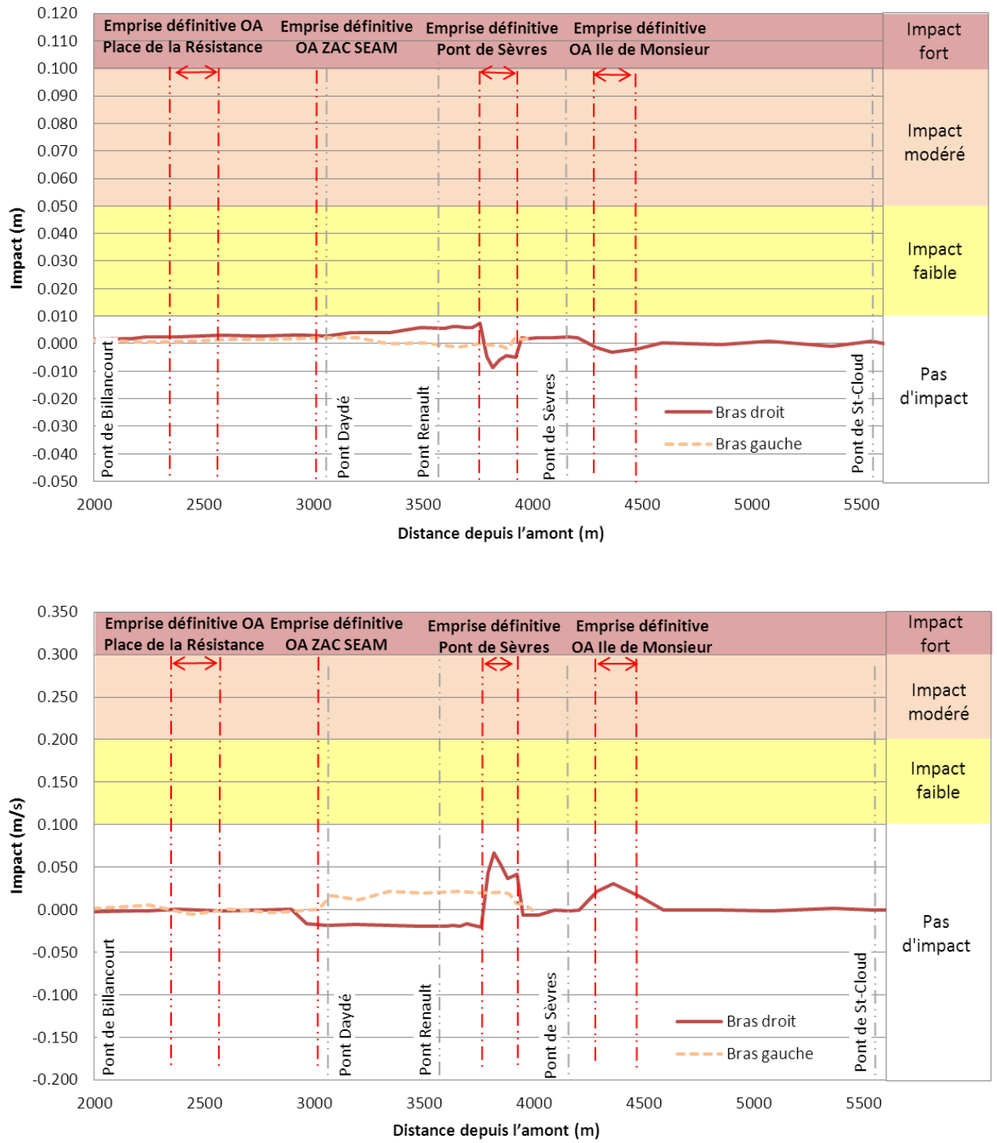
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

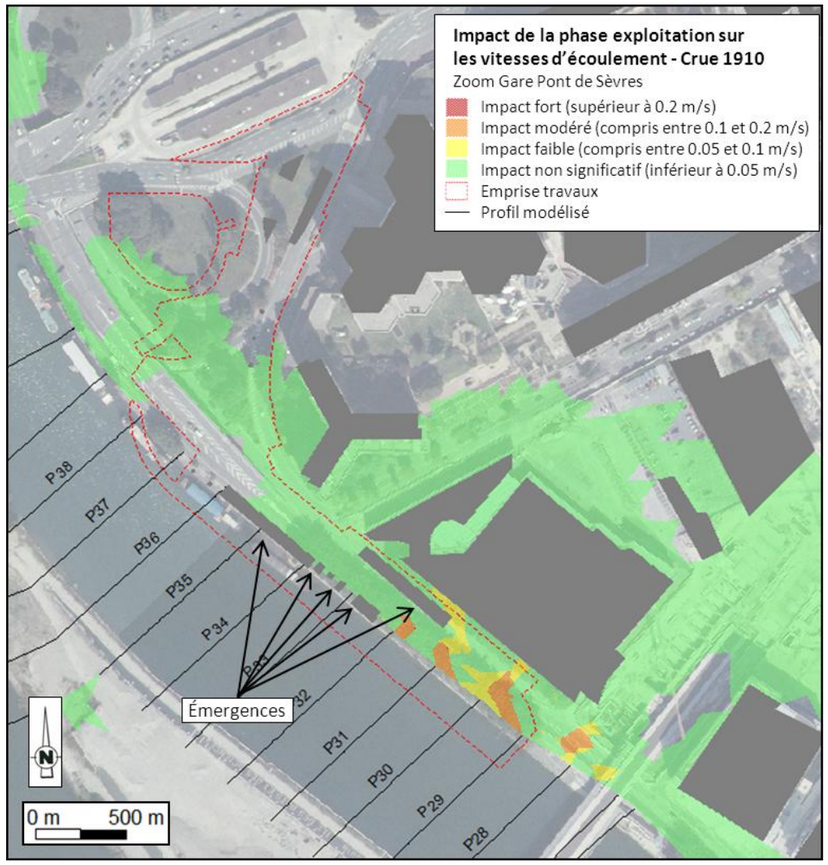
**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

N.B. : Ces résultats sont issus de la modélisation de l'avant-projet version B d'octobre 2014. Le projet a évolué favorablement en février 2015 afin de limiter l'incidence sur la surface mouillée en lits mineur et majeur (voir § « Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue »).

**En lit majeur,** l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** au droit du secteur de la gare de Pont de Sèvres (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,18 m/s (voir figures ci-après).




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres**

g. *<u>Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue en phase exploitation</u>*

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur. À titre d'illustration, les deux perspectives ci-dessous présente la principale évolution : le décaissement du quai piéton sur l'ensemble de sa longueur.



**Vue en perspective de la berge sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)**



**Vue en perspective de la berge optimisée sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. Ils correspondent à la dernière version du projet (mai 2015).

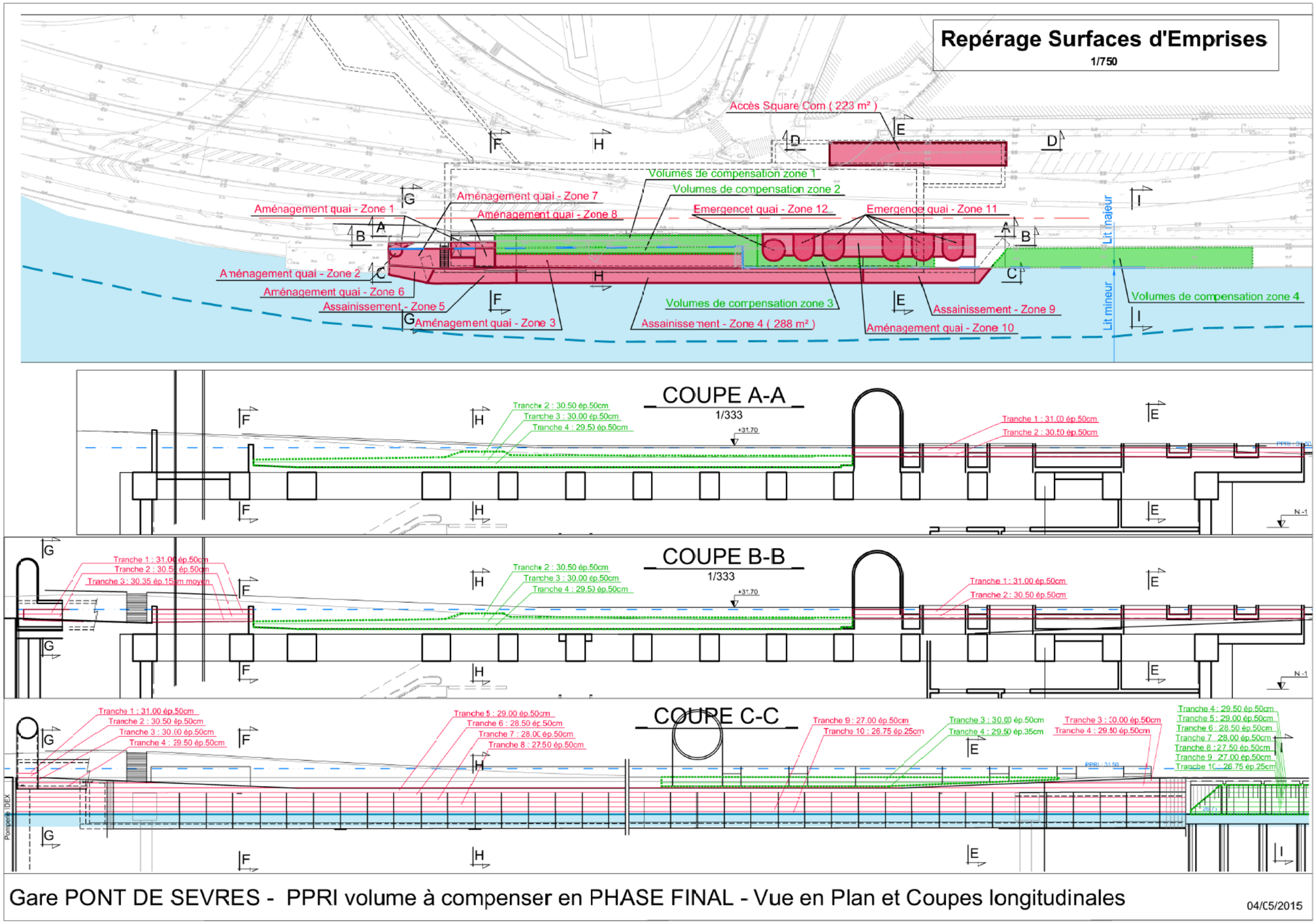
La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet.

| Calcul Volume dans lit MAJEUR | | Tranches altimétriques de compensation : | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *tranche 1* | *tranche 2* | *tranche 3* | *tranche 4* | *tranche 5* | *tranche 6* | *tranche 7* | *tranche 8* | *tranche 9* | *tranche 10* | *Total :* |
| **Aménagement quai zone 1** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30,35 | | | | | | | | |
| | surface (m²) | 21 | 21 | 21 | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,2 | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 11 | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| **Emergence quai zone 10** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | -0,5 | | | | | | | | | |
| | surface (m²) | | 275 | | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | | 0,5 | | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 0 | 138 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 |
| **Emergence quai zone 11** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | | | | | | | | | | |
| | surface (m²) | 140 | | | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | | | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| **Emergence quai zone 12** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | | | | | | | | | | |
| | surface (m²) | 20 | | | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | | | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| **Accès Square COM** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | | | | | | | | | |
| | surface (m²) | 223 | 223 | | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 112 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 223 |
| **Volume de compensation zone 1** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | 30,5 | 30 | 29,5 | | | | | | | |
| | surface (m²) | | 105,6 | 189,0 | 189,0 | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | | | | | | |
| | volume (m3) | 0 | -53 | -95 | -95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -242 |
| **Volume de compensation zone 3** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | | | | | | | |
| | surface (m²) | | | 92,0 | 70,0 | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | | | | | | | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | -46 | -35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -81 |

| | | |
|---|---|---|
| **Volume total lit MAJEUR :** | **143** | **m3** |

Selon les conclusions du maître d'œuvre, **le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 143 m³**. Ce bilan intègre des volumes rendus à la crue par rapport à la situation actuelle (en vert dans le tableau ci-dessus). **Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.**

Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 595 m².


Repérage Surfaces d'Emprises
1/750
Accès Square Com ( 223 m² )
Volumes de compensation zone 1
Volumes de compensation zone 2
Aménagement quai - Zone 7
Aménagement quai - Zone 8
Aménagement quai - Zone 1
Emergencet quai - Zone 12
Emergence quai - Zone 11
Aménagement quai - Zone 2
Aménagement quai - Zone 6
Assainissement - Zone 5
Aménagement quai - Zone 3
Volumes de compensation zone 3
Assainissement - Zone 4 ( 288 m² )
Assainissement - Zone 9
Aménagement quai - Zone 10
Volumes de compensation zone 4
Lit majeur
Lit mineur
COUPE A-A
1/333
COUPE B-B
1/333
COUPE C-C
Gare PONT DE SEVRES - PPRI volume à compenser en PHASE FINAL - Vue en Plan et Coupes longitudinales
04/05/2015

## Évaluation des volumes pris en lit mineur

Issu des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 1 705 $m^3$, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

| Calcul Volume dans lit MINEUR | | Tranches altimétriques de compensation : | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *tranche 1* | *tranche 2* | *tranche 3* | *tranche 4* | *tranche 5* | *tranche 6* | *tranche 7* | *tranche 8* | *tranche 9* | *tranche 10* | *Total :* |
| **Aménagement quai zone 2** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30,35 | | | | | | | | |
| | surface ($m^2$) | 4,3 | 4,3 | 4,3 | | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,25 | | | | | | | | |
| | volume (m3) | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| **Aménagement quai zone 3** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | | | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | | |
| | surface ($m^2$) | | | | | 191,4 | 150,8 | 104,4 | 60,9 | 26,1 | | |
| | épaisseur (m) | | | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | 75 | 52 | 30 | 7 | 0 | 260 |
| **Aménagement quai zone 4** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | | | 28 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | surface ($m^2$) | | | | | 288 | 288 | 288 | 288 | 288 | 288 | |
| | épaisseur (m) | | | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 72 | 792 |
| **Aménagement quai zone 5** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | surface ($m^2$) | | | 12,08 | 45,20 | 69,69 | 69,69 | 69,69 | 69,69 | 69,69 | 69,69 | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 6 | 23 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 17 | 220 |
| **Aménagement quai zone 6** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | surface ($m^2$) | | | 16,5 | 23,1 | 23,1 | 23,1 | 23,1 | 23,1 | 23,1 | 23,1 | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 6 | 83 |
| **Aménagement quai zone 7** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | | |
| | surface ($m^2$) | | | 75,8 | 66,4 | 56,3 | 46,1 | 35,6 | 22,8 | 8,9 | | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 38 | 33 | 28 | 23 | 18 | 11 | 4 | 0 | 156 |
| **Aménagement quai zone 8** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | | |
| | surface ($m^2$) | 31,6 | 31,6 | 30,1 | 24,9 | 19,7 | 13,0 | 9,5 | 6,0 | 2,5 | | |
| | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | |
| | volume (m3) | 16 | 16 | 15 | 12 | 10 | 7 | 5 | 3 | 1 | 0 | 84 |
| **Aménagement quai zone 9** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | surface ($m^2$) | | | 30,1 | 72,8 | 98,7 | 98,7 | 98,7 | 98,7 | 98,7 | 98,7 | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 15 | 36 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 25 | 323 |
| **Volume de compensation zone 2** | Altimétrie dessous tranche (NGF) | | | 30 | 29,5 | | | | | | | |
| | surface ($m^2$) | | | 22,0 | 63,8 | | | | | | | |
| | épaisseur (m) | | | 0,5 | 0,5 | | | | | | | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | -11 | -32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -43 |
| **Volume de compensation zone 4** | surface ($m^2$) | | | | 29,5 | 29,35 | 29,35 | 29,35 | 29,35 | 29,35 | 29,35 | |
| | épaisseur (m) | | | | 284,3 | 232,8 | 188,6 | 145,1 | 98,2 | 55,7 | 26,7 | |
| | volume (m3) | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | | | | | -142 | -116 | -94 | -73 | -49 | -28 | -7 | -509 |
| | | | | | | | | | | | Sous total | 1367 |

| Calcul Volume immergé (impact en lit mineur) | | | |
|---|---|---|---|
| | **section transversale ($m^2$)** | **linéaire (m)** | **volume (m3)** |
| **Galerie SEVESC** | 2,5 | 135 | 338 |

| | | |
|---|---|---|
| **Volume total lit MINEUR :** | **1705** | **m3** |

*h. Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue en phase travaux*

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une première optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur en phase travaux puis d'une ultime modification en mai 2015.

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet.

Selon les conclusions du maître d'œuvre, **le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 2 807 m³. Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.**

Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 2 995 m².

**Gare Pont de Sèvres - PPRI Volumes à compenser : Tableau de synthèse des volumes en phase travaux**

| Calcul Volume dans lit MAJEUR | | | Tranches altimétriques de compensation : | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Tranche 1* | *Tranche 2* | *Tranche 3* | *Tranche 4* | *Tranche 5* | *Tranche 6* | *Tranche 7* | *Tranche 8* | *Tranche 9* | *Tranche 10* | *Total :* |
| **Correspondance M9** | Mise hors crue centennale en phase travaux | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29,25 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 600 | 336 | 276 | 228 | 216 | | | | | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | | | | | | |
| | | volume (m3) | 300 | 168 | 138 | 114 | 54 | | | | | | **774** |
| **Installations chantier mises hors crue** | - Centrale à béton (sur pilotis)<br>- Container, stockage divers<br>- Bassin d'exhaure | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 503,5 | 503,5 | | | | | | | | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | | | | | | | | | |
| | | volume (m3) | 252 | 252 | | | | | | | | | **504** |
| **Boîte gare dans lit majeur** | Mise hors crue centennale en phase travaux | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30,35 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 1820 | 789,906 | 856,28 | | | | | | | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,15 | | | | | | | | |
| | | volume (m3) | 910 | 395 | 128 | | | | | | | | **1433** |
| **Remblai en Seine dans lit majeur zone 1** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30,3 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 59,4 | 59,4 | 59,4 | | | | | | | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,2 | | | | | | | | |
| | | volume (m3) | 30 | 30 | 12 | | | | | | | | **71** |
| **Rembali culée dans lit majeur** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,7 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 13,9 | 13,9 | 13,9 | 13,9 | | | | | | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | | | | | | | |
| | | volume (m3) | 7 | 7 | 7 | 4 | | | | | | | **25** |

| Volume total lit MAJEUR : | 2807 | m3 |
|---|---|---|

**Evaluation des volumes pris en lit mineur**

Issu des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 10 699 $m^3$, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

| Calcul Volume dans lit MINEUR | | | Tranches altimétriques de compensation : | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Tranche 1* | *Tranche 2* | *Tranche 3* | *Tranche 4* | *Tranche 5* | *Tranche 6* | *Tranche 7* | *Tranche 8* | *Tranche 9* | *Tranche 10* | *Total :* |
| **Boîte gare dans lit mineur** | Mise hors crue centennale en phase travaux | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 382 | 382 | 368 | 320 | 271 | 215 | 167 | 115 | 63 | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | |
| | | volume (m3) | 191 | 191 | 184 | 160 | 136 | 108 | 83 | 57 | 31 | 0 | **1142** |
| **Remblai en Seine dans lit mineur zone 1** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | 980 | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | | volume (m3) | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 245 | **4655** |
| **Remblai en Seine dans lit mineur zone 2** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 58,6 | 58,6 | 56,1 | 49,7 | 40,9 | 32,0 | 24,5 | 14,2 | 5,8 | | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | |
| | | volume (m3) | 29 | 29 | 28 | 25 | 20 | 16 | 12 | 7 | 3 | 0 | **170** |
| **Rembali culée dans lit mineur** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 34,1 | 34,1 | 34,1 | 34,1 | 31,5 | 27,8 | 24,2 | 20,0 | 16,8 | 10,5 | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| | | volume (m3) | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 5 | **134** |
| **Estacades provisoires** | - | Altimétrie dessous tranche (NGF) | 31 | 30,5 | 30 | 29,5 | 29 | 28,5 | 28 | 27,5 | 27 | 26,75 | |
| | | surface (m²) | 3400 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | |
| | | épaisseur (m) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | |
| | | volume (m3) | 1700 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 58 | **2686** |
| | | | | | | | | | | | | Sous total | **8786,301** |

**Calcul volume immergé (impact en lit mineur)**

| | section transversale (m²) | linéaire (m) | volume (m3) |
|---|---|---|---|
| **Remblai en Seine** | 5,6 (moyenne) | 250 | 1406 |
| | | | |
| | **section plane (m²)** | **profondeur (m)** | **volume (m3)** |
| **Estacades** | 232 | 3,5 | 508 |
| | | | 1913 |

| **Volume total lit MINEUR :** | **10699** | **m3** |
|---|---|---|

### 1.3.4.3 OA ZAC SAEM

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone D) |
| | Impacts en lit mineur | Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau de 1,2 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'impact sur les vitesses est négligeable. |
| | Impacts en lit majeur | La seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un impact faible. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s). |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone D) |
| | Impacts en lit mineur | L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | - l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et sur les vitesses jusqu'à une crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 50 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Réalisation d'un décaissé du terrain de l'ouvrage annexe. |

*a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>*

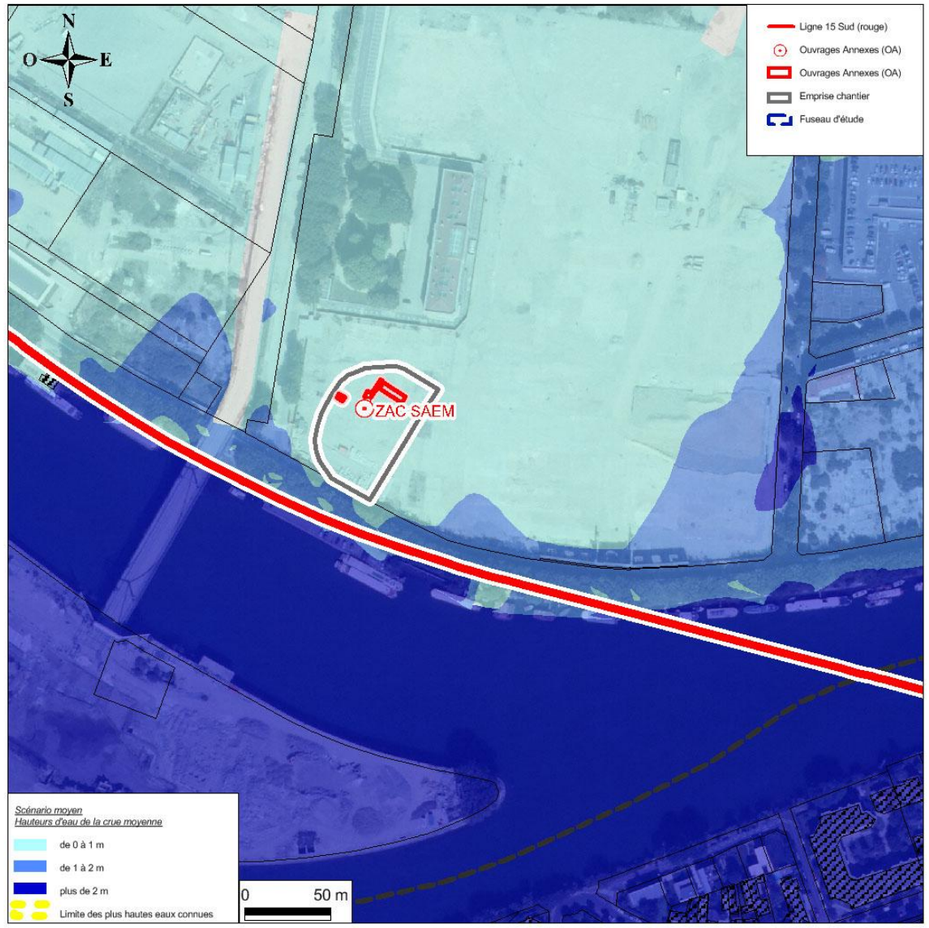
**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

Le présent chapitre détaille :

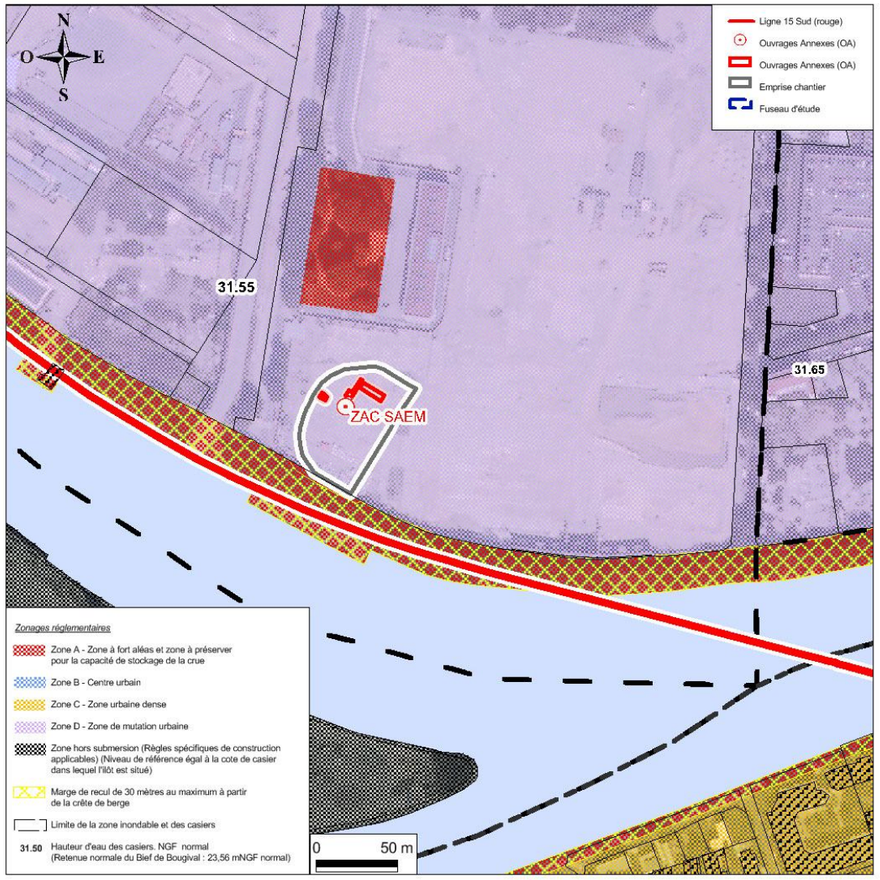
- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

**L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone D, dit de mutation urbaine, correspondant à la ZAC Seguin – Rives de Seine.**




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92** (source : DRIEE)

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI*

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : D.

**À la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.**

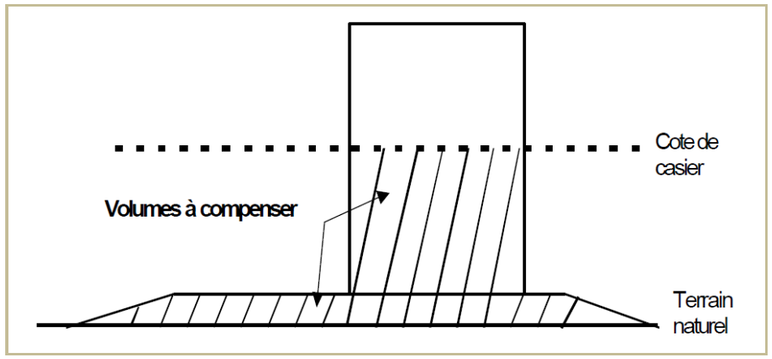
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).




Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de l'ouvrage annexe sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,05 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 4.2 (zone D) précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*. Cette zone offre tout de même des assouplissements pour certains usages.

c. *Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| projet | 50 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,012 | + 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

* NI : non inondable

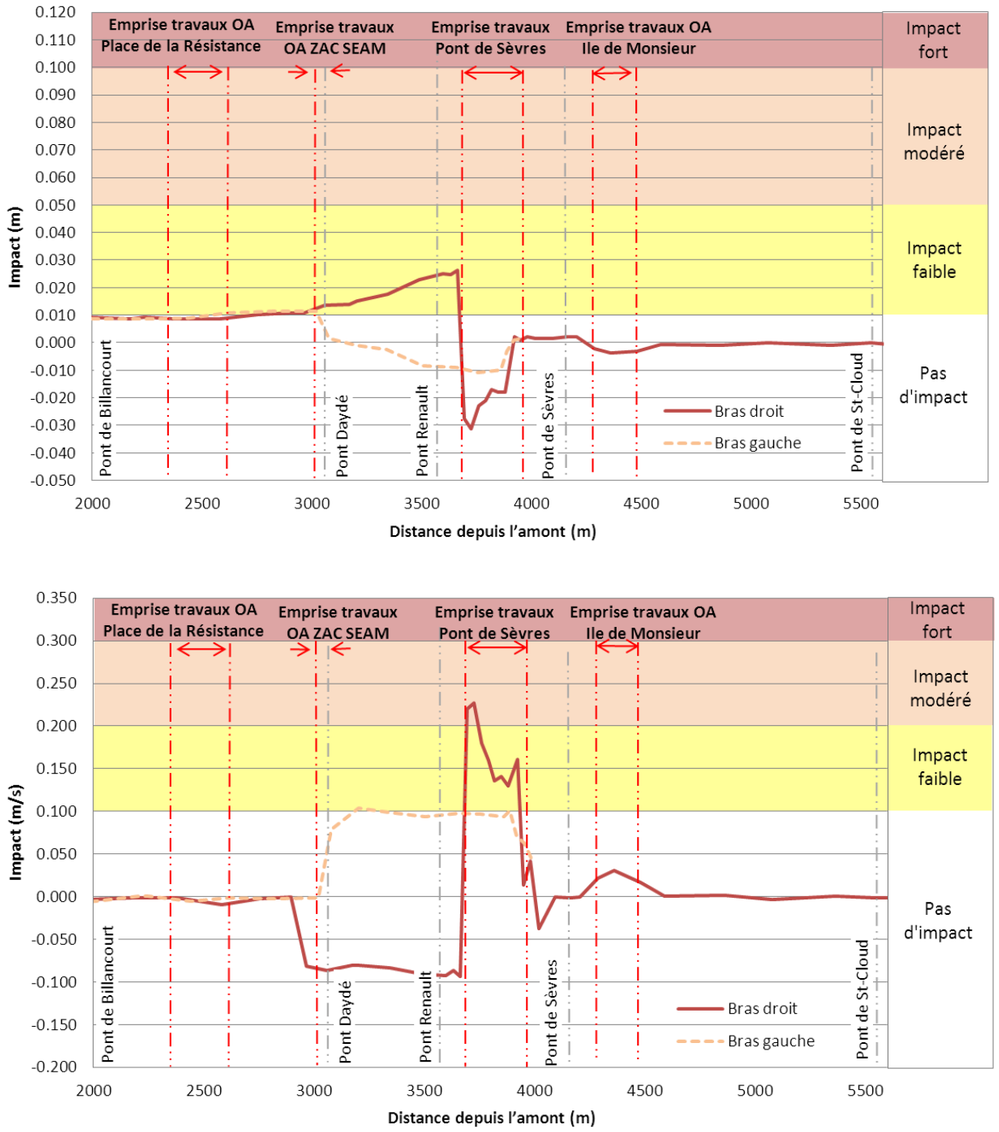
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

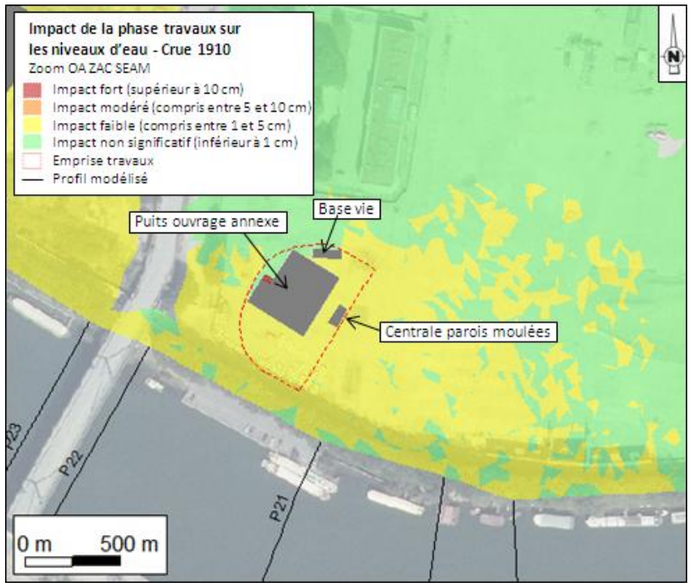
**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau de 1,2 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'**impact sur les vitesses est négligeable**.

Le **rehaussement constaté est dû pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.

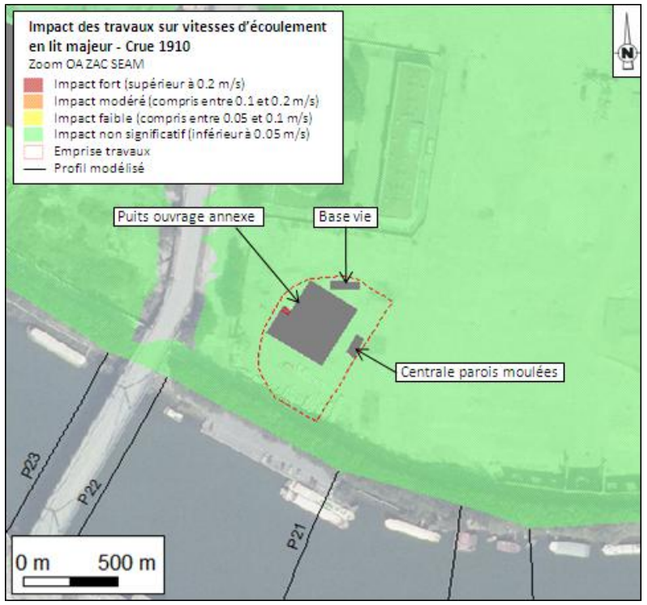



**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**En lit majeur**, la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s).




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM**




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM**

### Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite à la crue (en m²) | Volume soustrait par tranche (en $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [31,40 ; 31,55] | 0,15 | 1 450 | 203 |
| **TOTAL** | **[31,40 ; 31,55]** | **0,15** | **-** | **203** |

Le volume soustrait à la crue de 203 $m^3$ correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF.

Il est prévu un décaissement en phase travaux de 20 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 203 $m^3$, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits}) \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = (2\,443 - 1\,450) \times 0,20 = 993 \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = 203\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 450 m²) seront partiellement compensées (total de 993 m² libérés à la crue).

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| projet | 50 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

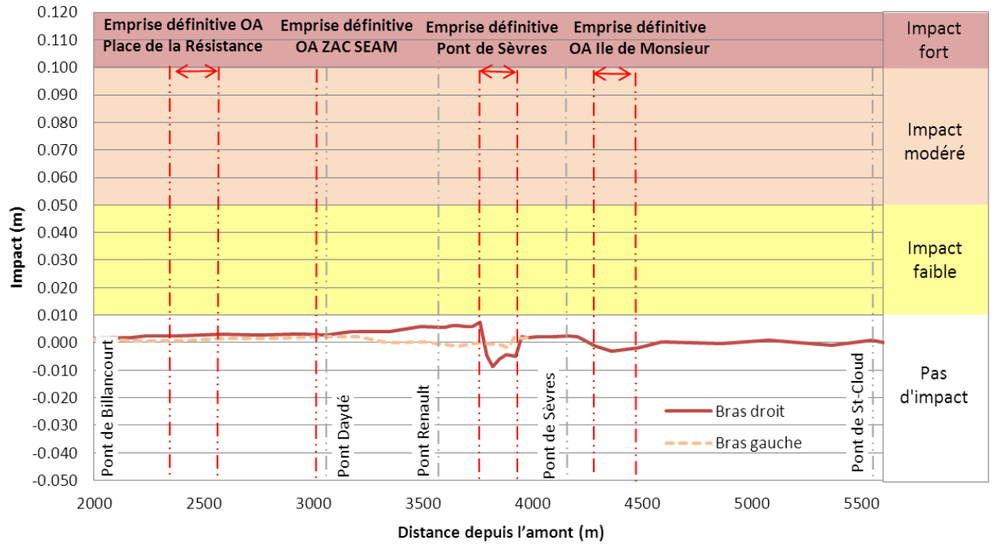
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

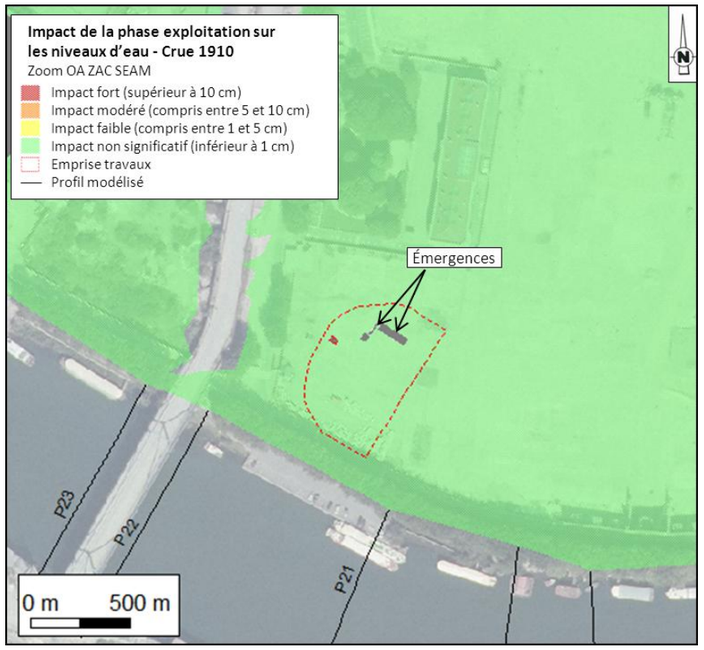
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

**Pour le lit mineur** : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).

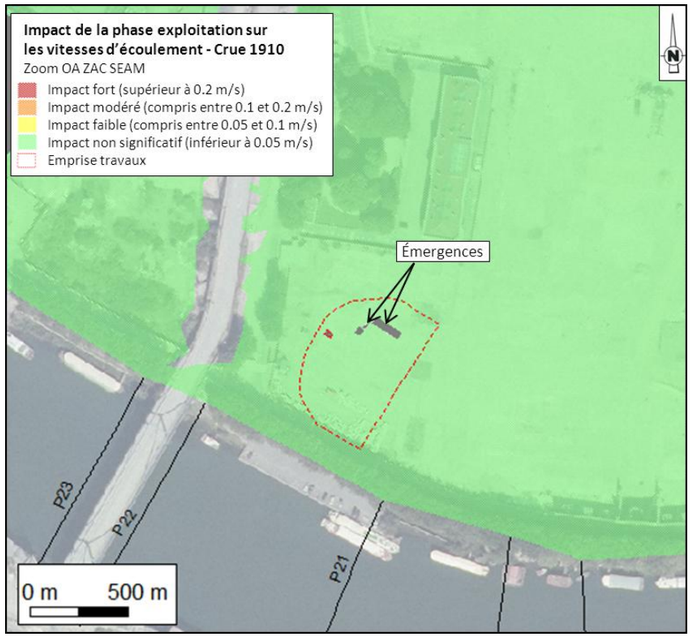



**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**En lit majeur**, l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** en lit majeur au droit de l'ouvrage annexe (rehaussement inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), (voir figures suivantes).




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM**




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM**

## Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite à la crue (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [31,40 ; 31,55] | 0,15 | 105,1 | 14,7 |
| **TOTAL** | **[31,40 ; 31,55]** | **0,15** | **-** | **15** |

Le volume soustrait à la crue de 15 $m^3$ correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF.

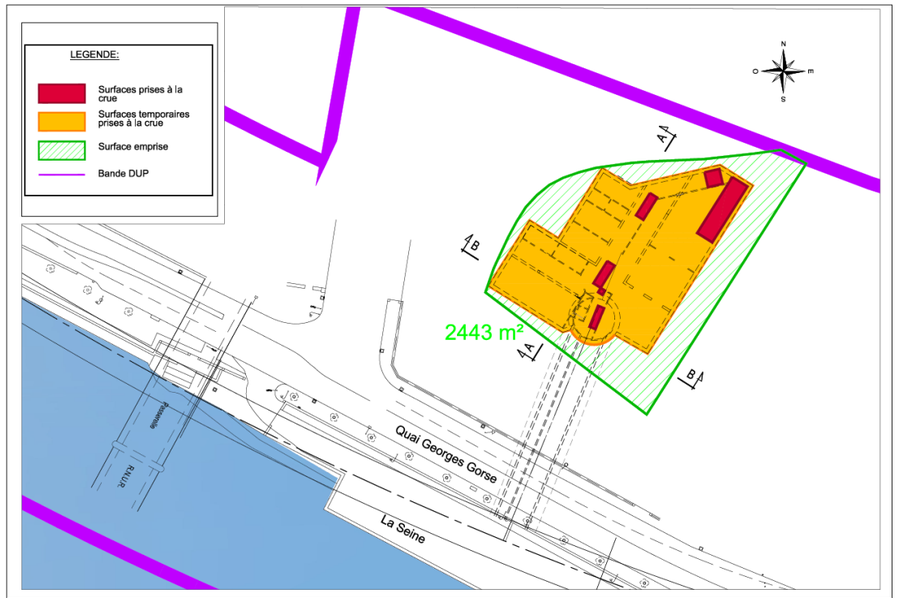
Il est prévu un décaissement en phase exploitation de 1 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 485 $m^3$, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits}) \times 0,01$$

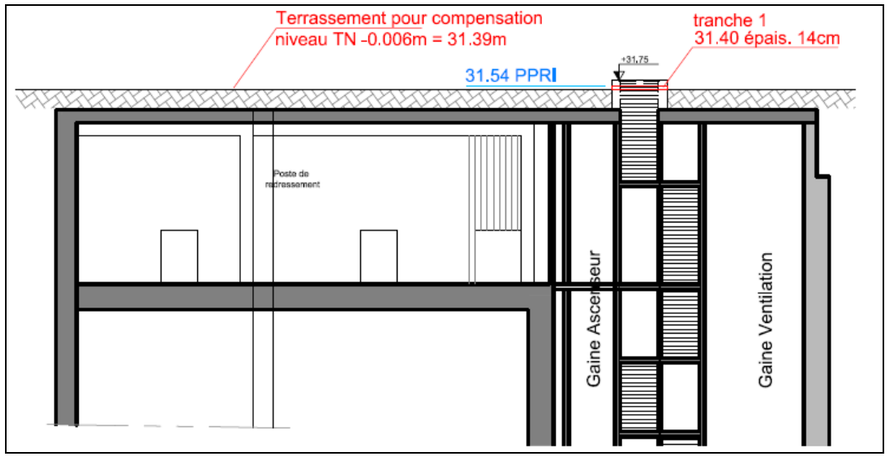
$$V_{décaissé} = (2\ 443 - 105) \times 0,01 = 3\ 230 \times 0,01$$

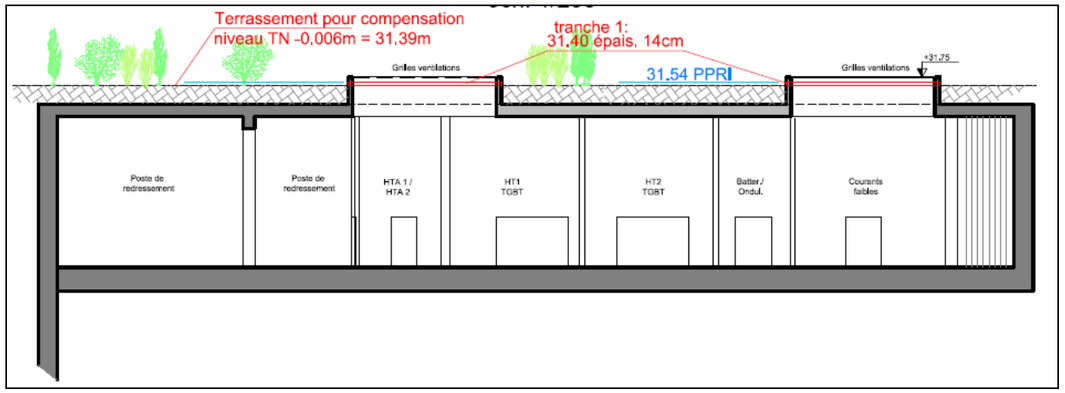
$$V_{décaissé} = 23\ m^3$$

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 105 m²) seront totalement compensées (total de 2 340 m² libérés à la crue).**




OA 12 - Zac SAEM - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan


Terrassement pour compensation
niveau TN -0.006m = 31.39m
tranche 1
31.40 épais. 14cm
31.54 PPRI
+31,75
Poste de redressement
Gaine Ascenseur
Gaine Ventilation


Terrassement pour compensation
niveau TN -0.006m = 31.39m
tranche 1:
31,40 épais. 14cm
31.54 PPRI
Grilles ventilations
Grilles ventilations
+31,75
Poste de redressement
Poste de redressement
HTA 1 / HTA 2
HT1 TGBT
HT2 TGBT
Batter./ Ondul.
Courants faibles

### 1.3.4.4 OA Place de la Résistance

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A) |
| | Impacts en lit mineur | Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau de 1 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'impact sur les vitesses est négligeable. |
| | Impacts en lit majeur | La seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un impact faible. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s). |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A) |
| | Impacts en lit mineur | L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | - l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau en lit majeur au droit du secteur de l'ouvrage annexe (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de secteurs limités le long du quai en impact faible pour la crue centennale (augmentation maximale des vitesses de 0,09 m/s) ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 155 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Réalisation d'un décaissé du terrain de l'ouvrage annexe. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

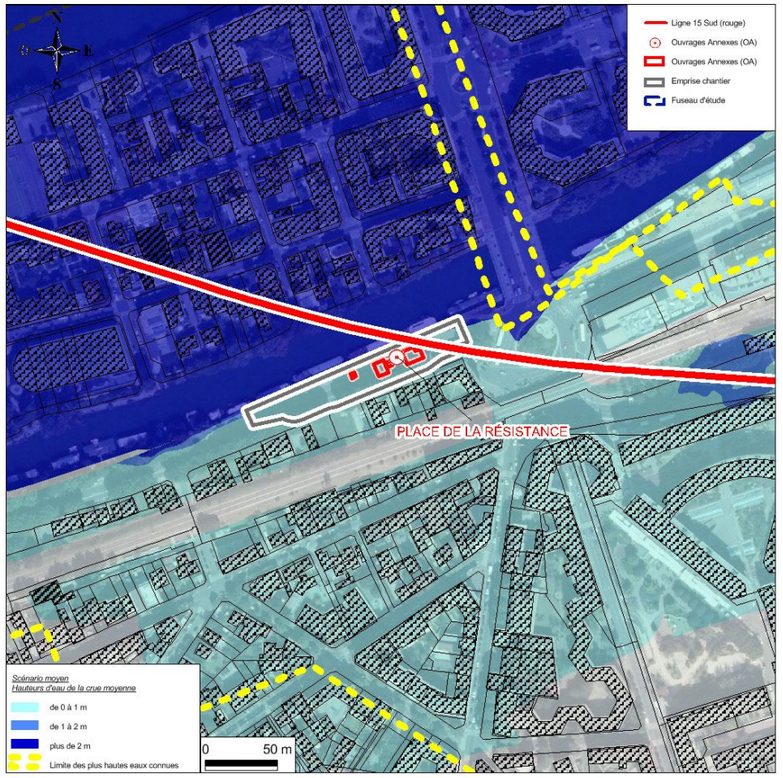
**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

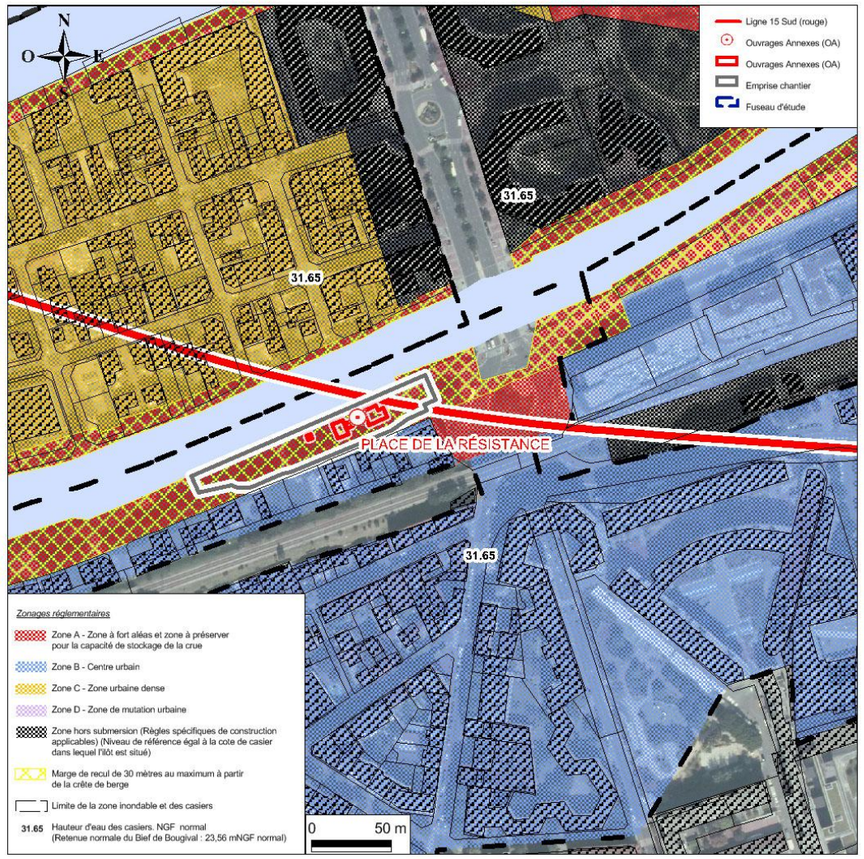
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

**L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone A, ainsi que dans la marge de recul du PPRI.**




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92** (source : DRIEE)

*b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>*

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : A. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

**À la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.**

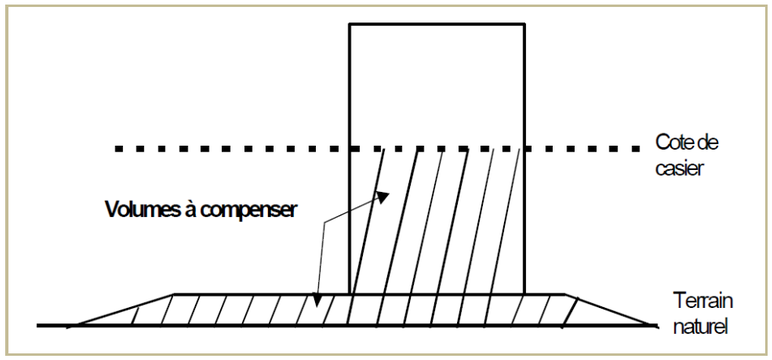
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).




Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés au nivellement et aux émergences de la gare du Pont de Sèvres sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,15 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 1.2 (zone A) précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*.

c. *Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| projet | 50 ans | + 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,01 | + 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

* NI : non inondable

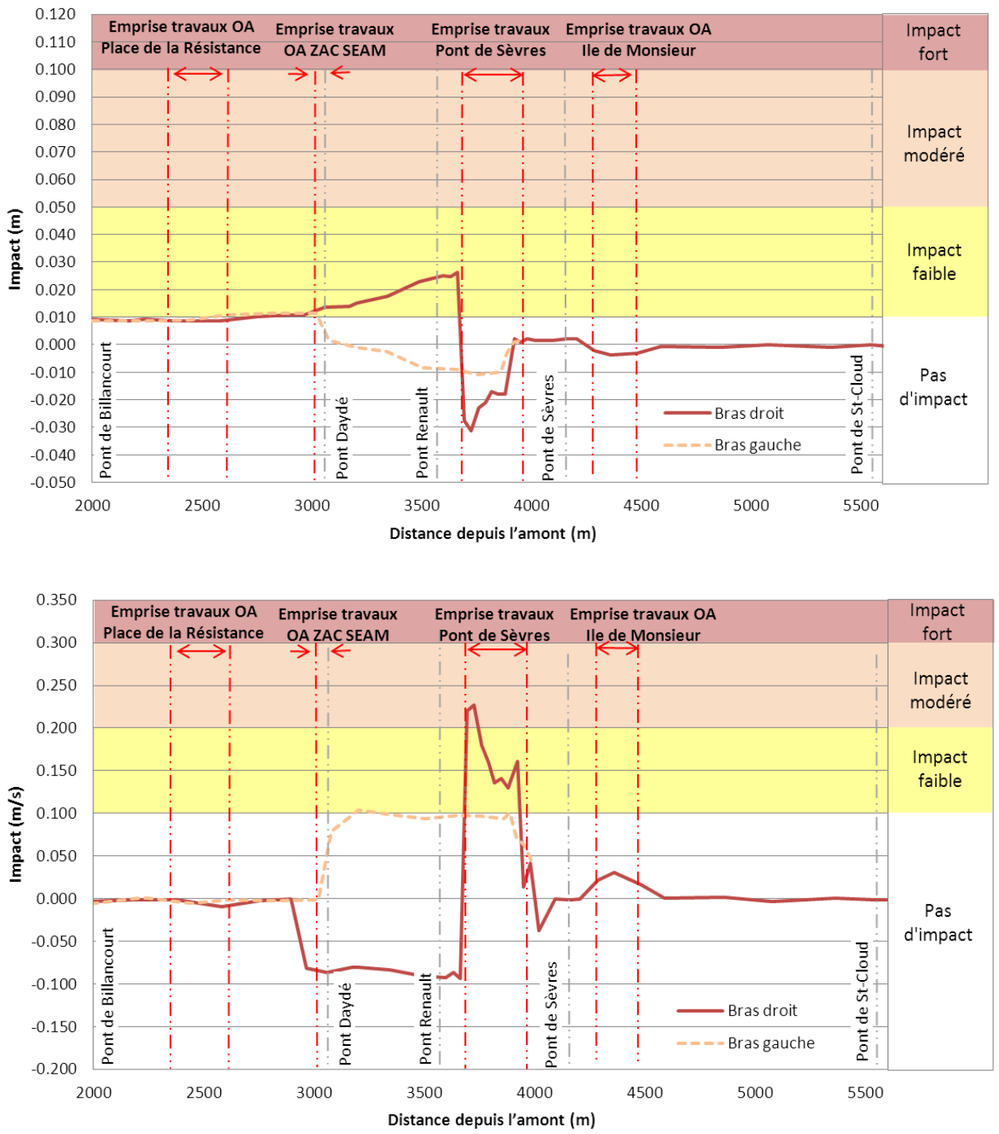
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

1. **Pour le lit mineur**. En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau de 1 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'**impact sur les vitesses est négligeable**.

   Le **rehaussement constaté est dû pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.

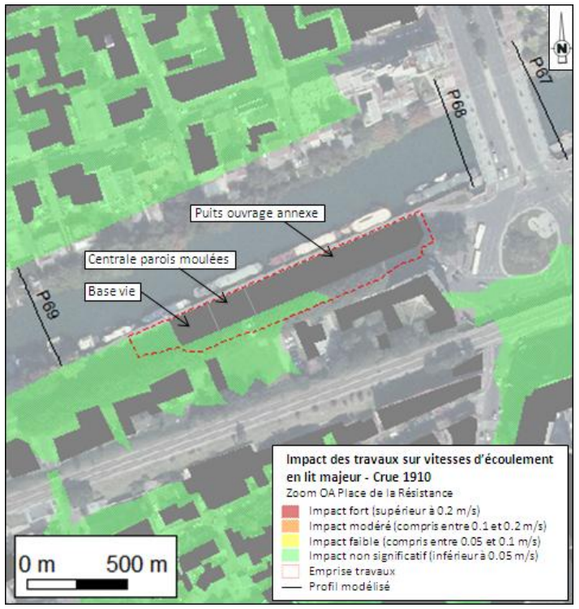



**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

2. **En lit majeur,** la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s).




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance**




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue les tableaux ci-après détaillent le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences :

Trappe d'accès 1 :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,55 ; 31,05] | 0,50 | 8,41 | 4,2 |
| 2 | [31,05 ; 31,55] | 0,50 | 8,41 | 4,2 |
| 3 | [31,55 ; 31,65] | 0,10 | 8,41 | 0,9 |
| **TOTAL** | **[30,55 ; 31,65]** | **1,10** | **-** | **9,3** |

Trappe d'accès 2 :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,90 ; 31,40] | 0,50 | 13,26 | 6,6 |
| 2 | [31,40 ; 31,65] | 0,25 | 13,26 | 3,3 |
| **TOTAL** | **[30,90 ; 31,65]** | **0,75** | - | **9,9** |

Gaine de décompression :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,82 ; 31,32] | 0,50 | 70,08 | 35,0 |
| 2 | [31,32 ; 31,65] | 0,33 | 70,08 | 23,1 |
| **TOTAL** | **[30,82 ; 31,65]** | **0,83** | - | **58,1** |

Gaine de ventilation :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [31,01 ; 31,51] | 0,50 | 110,4 | 55,2 |
| 2 | [31,51 ; 31,65] | 0,14 | 110,4 | 15,5 |
| **TOTAL** | **[30,55 ; 31,65]** | **0,64** | - | **70,7** |

Le volume soustrait à la crue est donc de 148 m$^3$ en phase travaux.

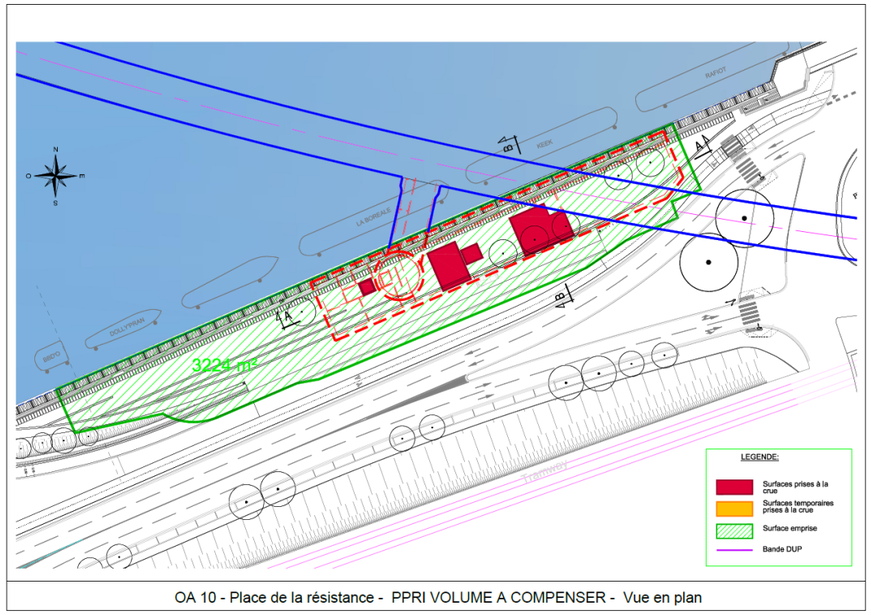
Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 190 m$^3$, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

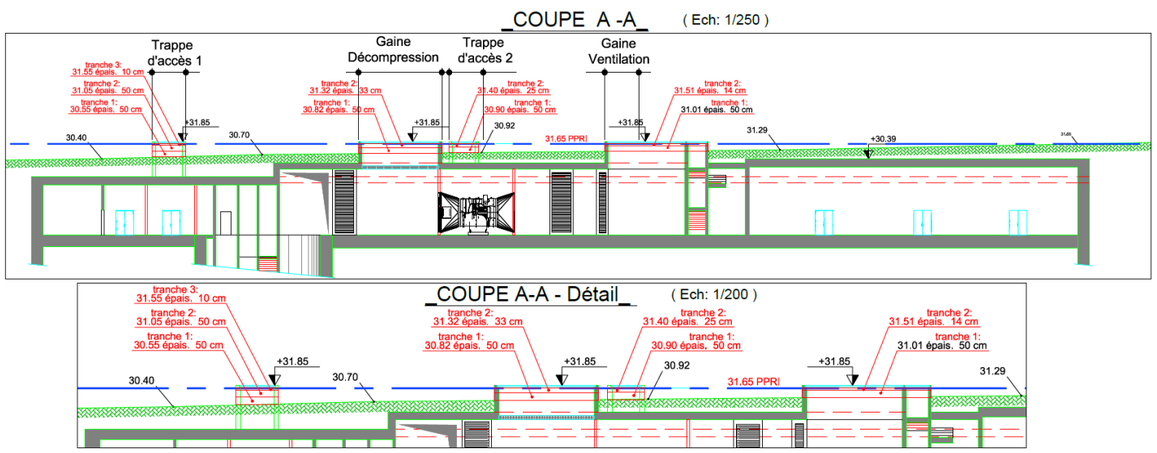
$$V_{décaissé} = (3\ 225 - 1\ 327) \times 0,08 = 1\ 898 \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = 152\ m^3$$

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront également totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).**




OA 10 - Place de la résistance - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan




*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| projet | 50 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | + 0,09 |

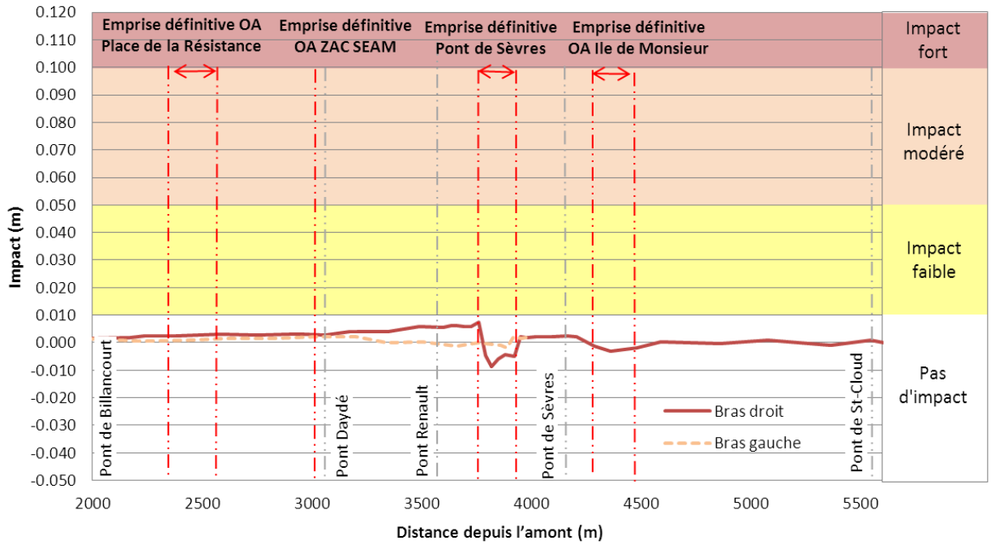
* NI : non inondable

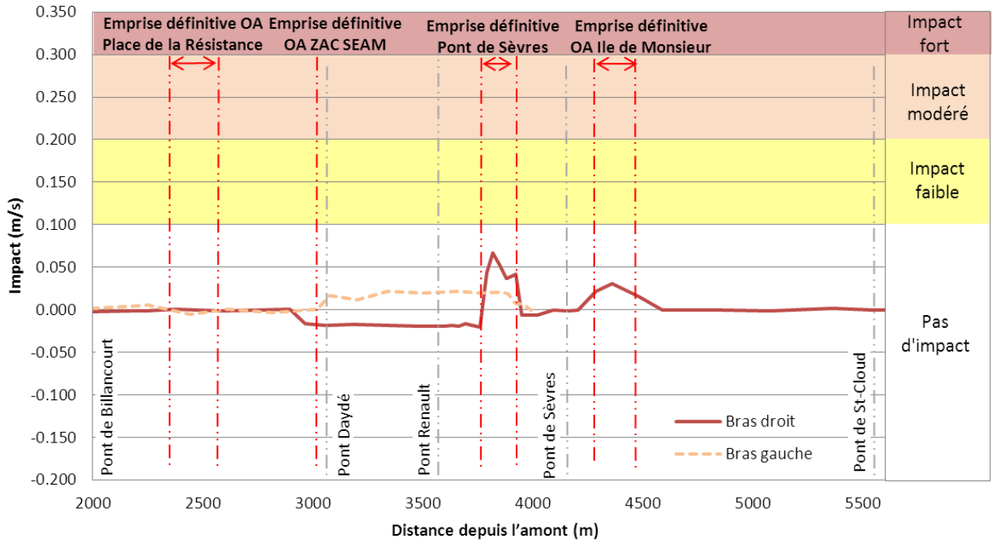
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

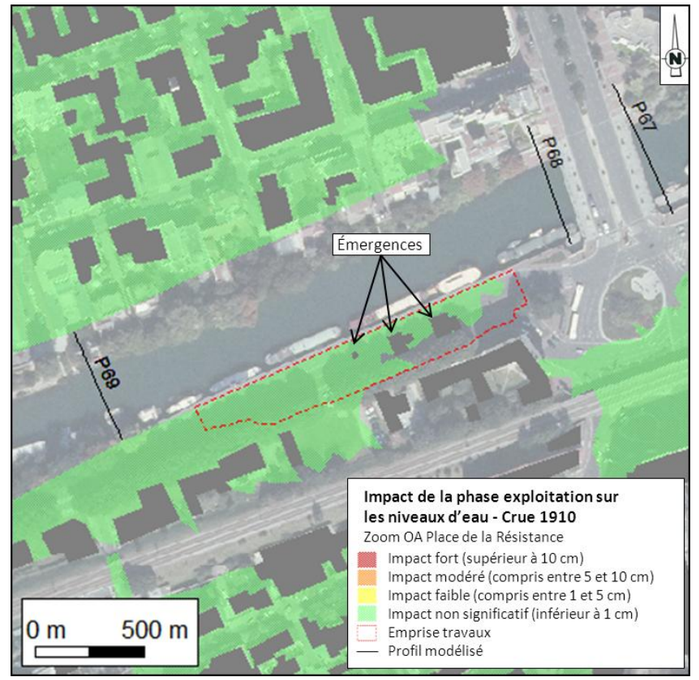
**Pour le lit mineur :** en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).



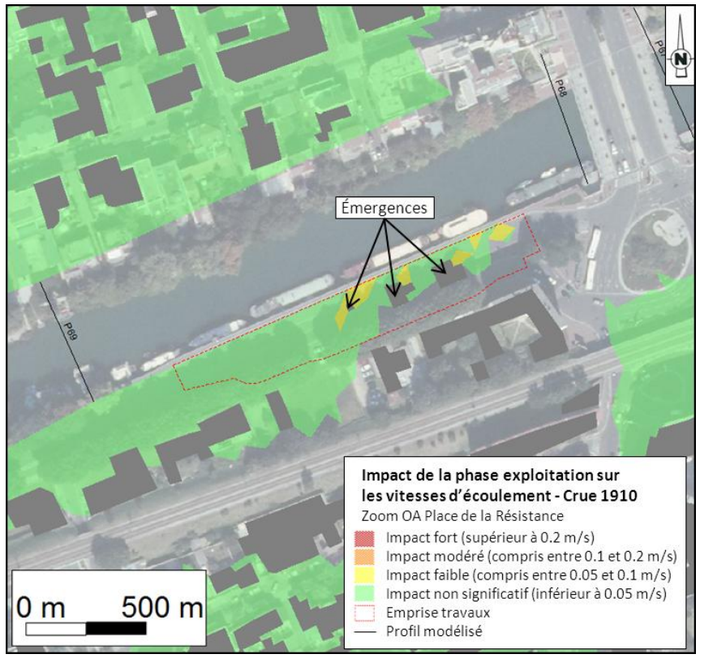




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**En lit majeur**, l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** en lit majeur au droit du secteur de l'ouvrage n'annexe (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de secteurs limités le long du quai en impact faible pour la crue centennale (augmentation maximale des vitesses de 0,09 m/s) (voir figure ci-après).




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance**




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue les tableaux ci-après détaillent le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences (comme en phase travaux) :

Trappe d'accès 1 :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,55 ; 31,05] | 0,50 | 8,41 | 4,2 |
| 2 | [31,05 ; 31,55] | 0,50 | 8,41 | 4,2 |
| 3 | [31,55 ; 31,65] | 0,10 | 8,41 | 0,9 |
| **TOTAL** | **[30,55 ; 31,65]** | **1,10** | **-** | **9,3** |

Trappe d'accès 2 :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,90 ; 31,40] | 0,50 | 13,26 | 6,6 |
| 2 | [31,40 ; 31,65] | 0,25 | 13,26 | 3,3 |
| **TOTAL** | **[30,90 ; 31,65]** | **0,75** | - | **9,9** |

Gaine de décompression :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [30,82 ; 31,32] | 0,50 | 70,08 | 35,0 |
| 2 | [31,32 ; 31,65] | 0,33 | 70,08 | 23,1 |
| **TOTAL** | **[30,82 ; 31,65]** | **0,83** | - | **58,1** |

Gaine de ventilation :

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface soustraite par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [31,01 ; 31,51] | 0,50 | 110,4 | 55,2 |
| 2 | [31,51 ; 31,65] | 0,14 | 110,4 | 15,5 |
| **TOTAL** | **[30,55 ; 31,65]** | **0,64** | - | **70,7** |

Le volume soustrait à la crue est donc de 148 m³ en phase exploitation.

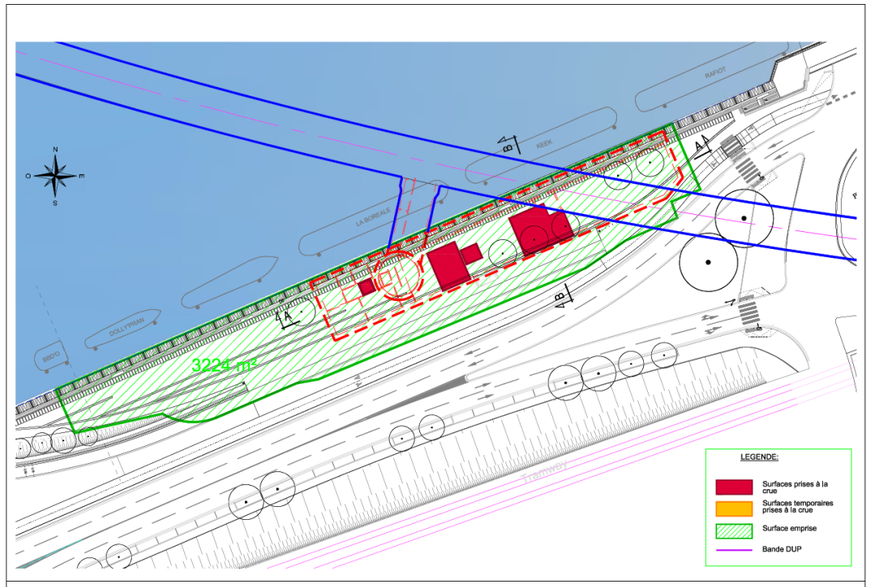
Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 190 m³, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

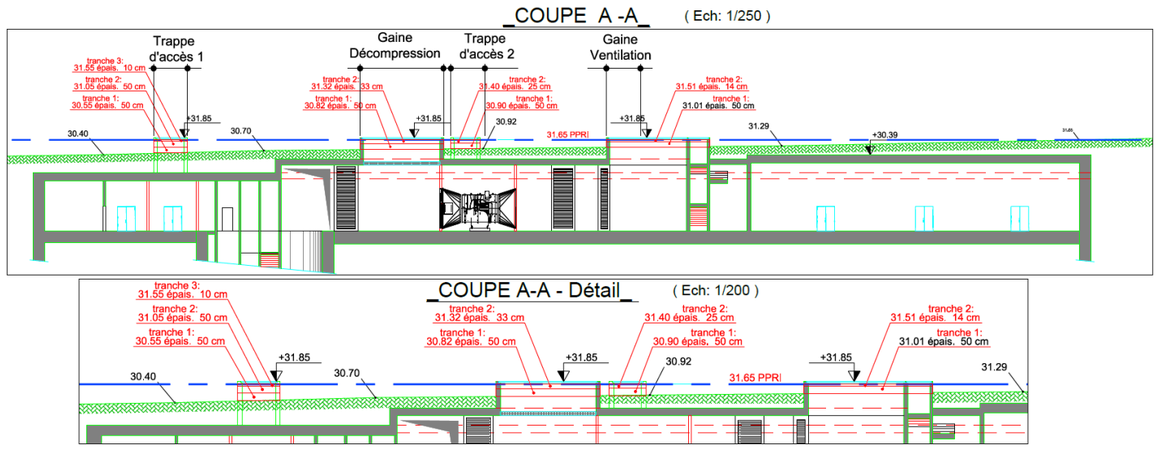
$$V_{décaissé} = (3\,225 - 1\,327) \times 0,08 = 1\,898 \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = 152 \text{ m}^3$$

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).**




OA 10 - Place de la résistance - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan



### 1.3.4.5 Gare et ouvrages annexes du secteur des Ardoines

Le secteur des Ardoines concerne la gare des Ardoines et les ouvrages annexes Gabriel Péri et Centre technique municipal. Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | - Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ;<br>- Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ;<br>- Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne :<br>- OA Centre Technique Municipal et gare des Ardoines (violet clair et violet foncé) ;<br>- OA rue Gabriel Péri (zone bleue). |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare des Ardoines et aux deux ouvrages annexes n'est mesuré. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |
| **Phase exploitation** | Aléa | - Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale ;<br>- Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ;<br>- Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne :<br>- OA Centre Technique Municipal et gare des Ardoines (violet clair et violet foncé) ;<br>OA rue Gabriel Péri (zone bleue). |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Pour la crue centennale, le secteur à proximité immédiate de la future gare des Ardoines connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,07 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare des Ardoines correspondant également à un impact faible. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - La compensation est possible du fait des démolitions des bâtiments existants, nécessaires du fait du projet et du réaménagement du secteur. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

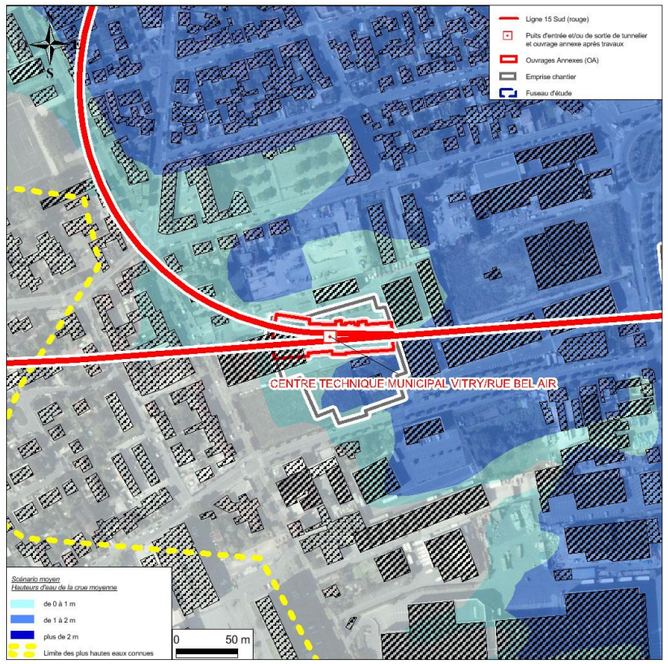
**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

Les extraits suivants présentent, pour chacun des ouvrages, la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

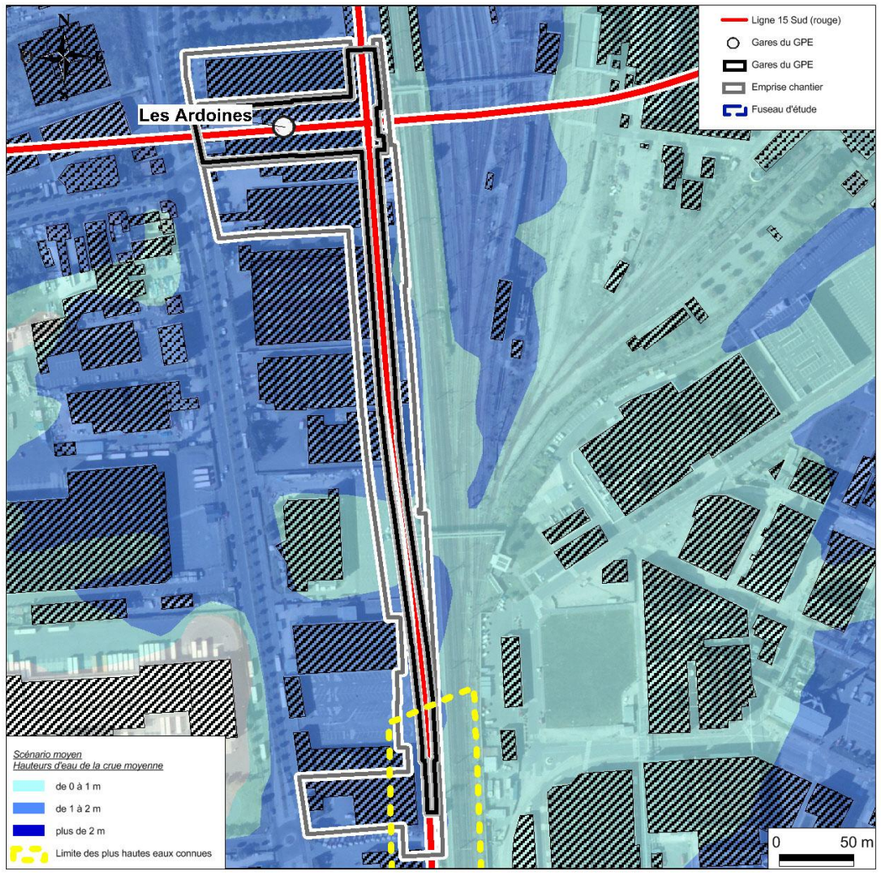
**Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - OA Centre Technique Municipal** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - Gare des Ardoines**
(source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - OA rue Gabriel Péri**
(source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

Le présent chapitre détaille :

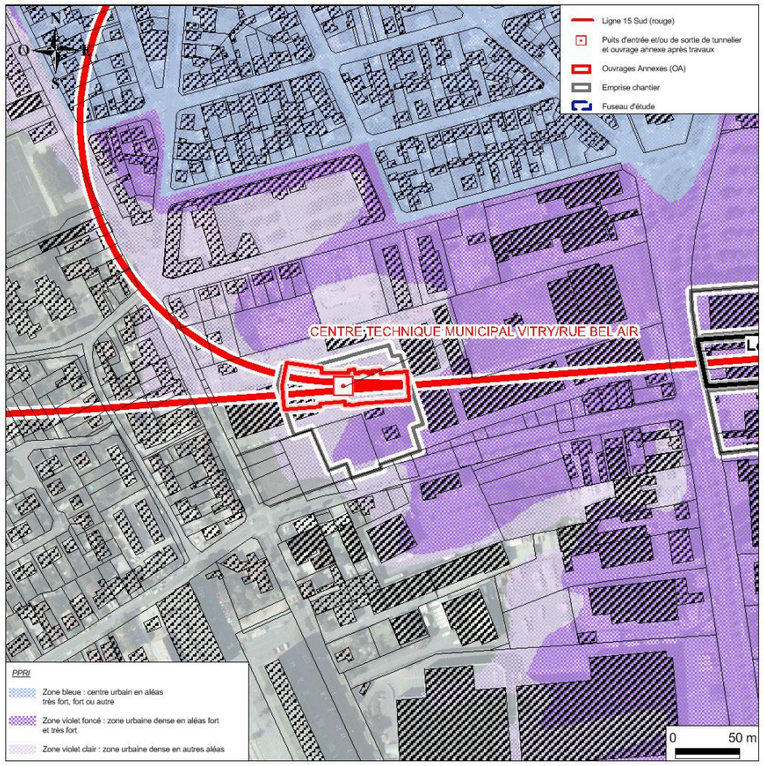
- D'une part, les zones réglementaires concernées par les ouvrages en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par les emprises chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité des ouvrages au PPRI une fois réalisé.

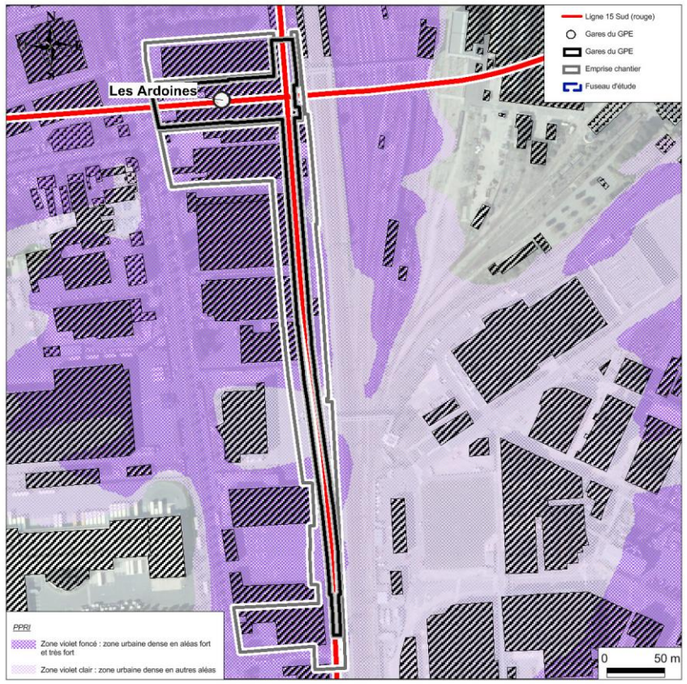
Les emprises « chantier » et « exploitation » de l'ensemble des ouvrages du secteur sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne à savoir la gare des Ardoines et les ouvrages annexes Gabriel Péri et Centre technique municipal.

**Les emprises « chantier », comme les emprises « exploitation » de la gare des Ardoines et de l'ouvrage annexe Centre technique municipal sont situées en zones violet clair et violet foncé, qui correspondent aux zones urbaines denses.**

**L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation » de l'ouvrage annexe Gabriel Péri est situé en zone bleue « centre urbain ».**




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94** (source : DRIEE)




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94** (source : DRIEE)




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94** (source : DRIEE)

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**À la lecture du règlement, l'aménagement de la gare et des deux ouvrages annexes apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare et des deux ouvrages annexes sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : les ouvrages seront mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 35,68 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;
- L'emprise réelle au sol inondable, telle que définie au titre I, chapitre 4 - définition 8, est limitée à 60% (constructions en «diffus») ;
- L'emprise réelle au sol inondable, telle que définie au titre I, chapitre 4 - définition 8, est limitée à 50% (Constructions réalisées dans le cadre de «grandes opérations»).

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) 176 m² ;
- surfaces directement liées à l'exploitation (vente de tickets) 120m² (point multiservice inclus) ;
- surface uniquement de l'emprise gare 1840m² + parvis. 4500m².

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est inférieur à 10%. Ce taux est cohérent avec la limite minimale de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

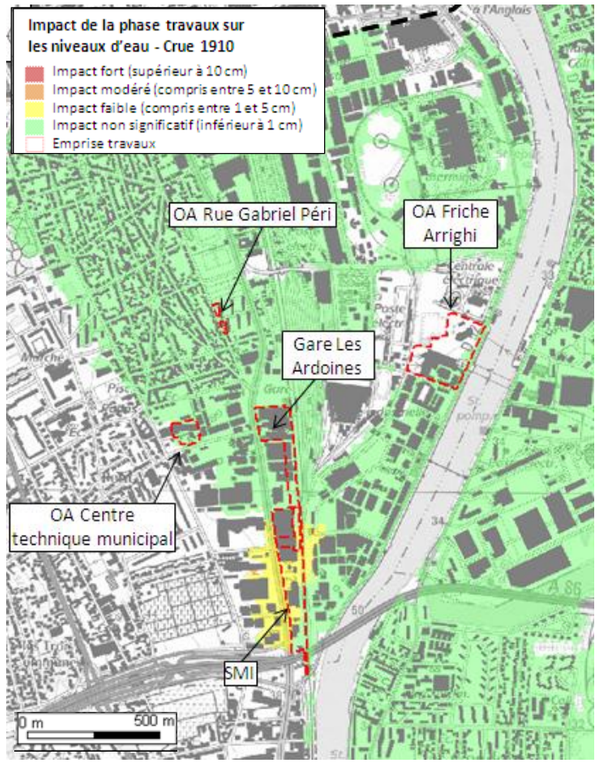
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

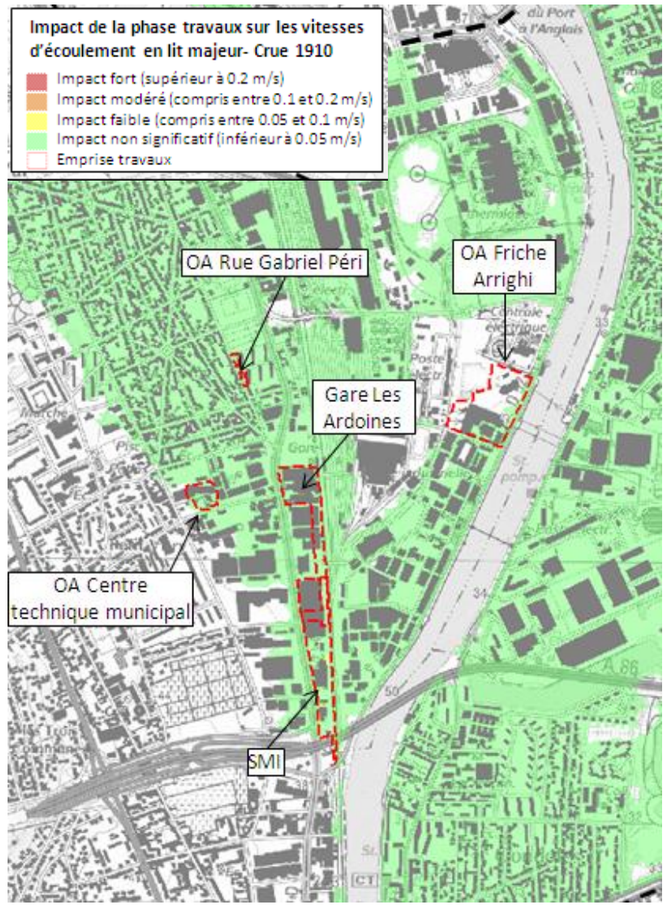
La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare des Ardoines et aux deux ouvrages annexes n'est mesuré**. Toutefois, un impact faible sur les niveaux d'eau au droit du SMI est constaté. Il est abordé et précisé dans le chapitre suivant.




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Au droit de la gare des ardoines, les volumes prélevés à la crue en phase chantier sont compensés par les volumes rendues à la crue grâce à la démolitiion des bâtiments existants.

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis à l'annexe 2 du présent dossier).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,015 | + 0,07 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, le secteur à proximité immédiate de la future gare connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,07 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare des Ardoines correspondant également à un **impact faible.**

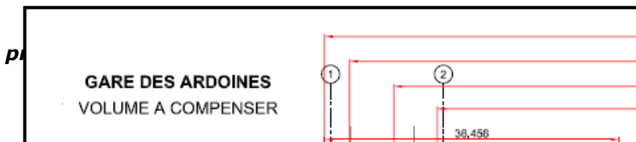



**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**





**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [33,50 ; 34,00] | 0,50 | 4 040 | 1 920 |
| 2 | [34,00 ; 34,50] | 0,50 | 4 550 | 1 960 |
| 3 | [34,50 ; 35,00] | 0,50 | 5 080 | 2 365 |
| 4 | [35,00 ; 35,49] | 0,49 | 4 915 | 2 370 |
| **TOTAL** | **[33,50 ; 35,49]** | **1,99** | **-** | **8 615** |

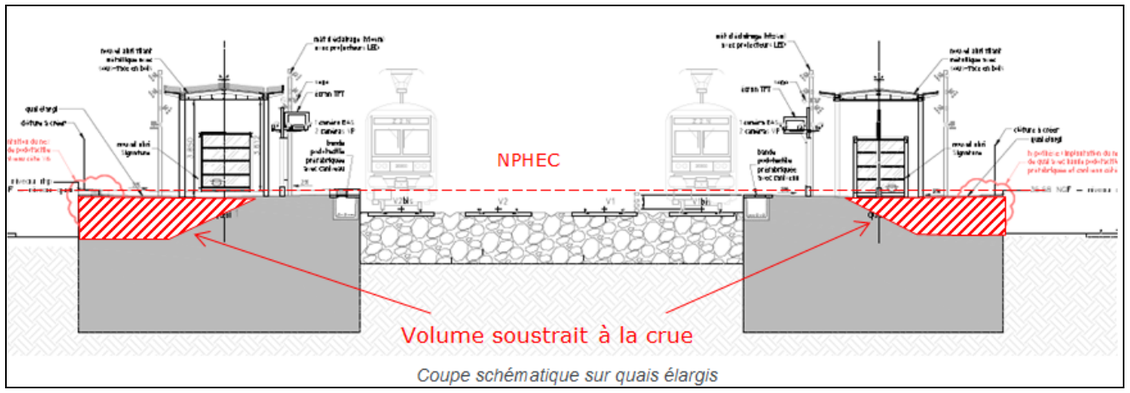
L'essentiel des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. La tranchée du SMI soustrait 15% du volume total. Les ouvrages annexes contribuent également mais dans une moindre mesure à limiter le champ d'expansion de crue, en raison principalement d'une emprise au sol limitée (moins de 150 m² pour chacun d'eux).

Les emprises en zones inondables des ouvrages liés à la gare des Ardoines sont compensées par les surfaces et volumes (ainsi que par tranches altimétriques) rendus par les démolitions préalables.

**Schéma de la gare en coupe pour évaluation des volumes pris à la crue (Source : Société du Grand Paris)**

Le projet de la gare des Ardoines prévoit une interconnexion avec la gare existante du RER C de la SCNF. Le réaménagement des quais consiste à un élargissement pour assurer l'augmentation de la fréquentation du fait de l'arrivée de la gare de la Ligne 15 Sud.

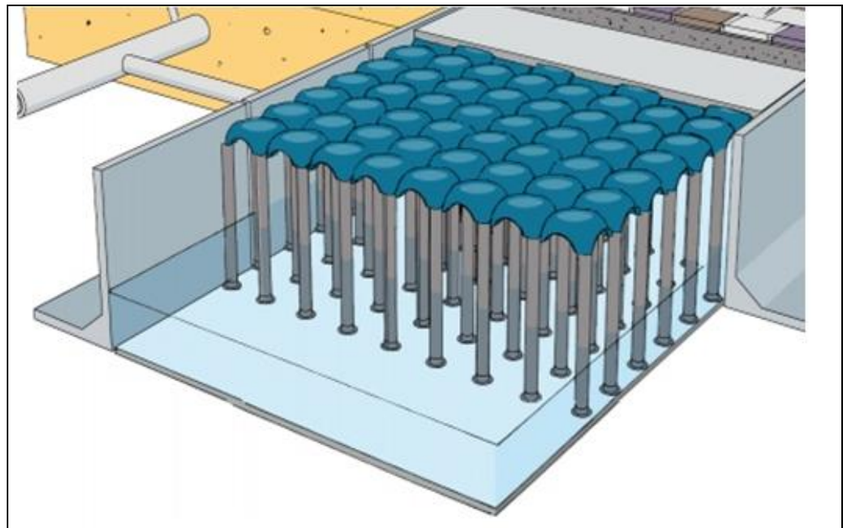
L'altimétrie actuelle des quais, non modifiée dans le projet, est en moyenne 35,45 m NGF. Or, le NPEHC dans la zone est 35,49 m NGF. Par conséquent, l'intégralité du volume généré par l'élargissement des quais est soustraite à la crue comme représenté ci-dessous.



*Coupe schématique sur quais élargis*

La réalisation des extensions de quais par une méthode traditionnelle, de type grave compactée, conduit à un besoin de compensation de près de 4000 m³. Il a donc été décidé de rechercher des solutions techniques maximisant la transparence à la crue des extensions de quais.

Le principe général est de construire un ouvrage creux pouvant se remplir lors des crues. Une des techniques envisagées consiste à réaliser l'élargissement des quais par le biais de coffrages perdus en dôme reposant sur des « pilotis ».


*Vue schématique d'un exemple d'ouvrage hydrauliquement transparent*

L'alimentation et la vidange de la structure se fera par des buses ou des ovoïdes en bout de quai. La mise en place de barbacanes, espacées régulièrement sur les bordures du quai permettra une transparence accrue : la restitution des eaux à la décrue sera plus diffuse.

Selon la technique utilisée et compte tenu de la spécificité du site et du programme d'interconnexions à réaliser, il est imaginé, à ce stade des études, de pouvoir réaliser des extensions de quais présentant une transparence de 50%.Il restera donc à compenser un volume de 2000 m³.

Ces 2000 m³ s'ajoutent à ceux nécessaires pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes. **Il convient donc de compenser sur ce secteur 10 615 m³.**

**Compensation des volumes pris à la crue :**

La réalisation du projet de la Ligne 15 Sud nécessite sur ce secteur des démolitions de bâtiments existants. Elles sont réalisées sur des parcelles dont la Société du Grand Paris est propriétaire. Ces bâtiments considérés comme non inondables vont permettre de contribuer à assurer l'équilibre pour le maintien des volumes d'expansion des crues.

| Tranchée SMI | % projet SGP | Surface (m²) | Niveau TN | Volumes (m³) |
|---|---|---|---|---|
| Parcelle DJ0122 - 96-100 Rue Léon Geoffroy - Vitry | 15% | 870 | 34,36 | 983 |
| Parcelle DJ0121 - 90-94 Rue Léon Geoffroy - Vitry | 100% | 3 260 | 34,54 | 3 097 |
| Parcelle DJ0120 - 84-88 Rue Léon Geoffroy - Vitry | 100% | 1 775 | 34,70 | 1 402 |
| *Sous-Total* | | *5 905* | | *5 482* |

| Gare | % projet SGP | Surface (m²) | Niveau TN | Volumes (m³) |
|---|---|---|---|---|
| Parcelle DJ0090 - 114 Rue Léon GEFFROY | 100% | 1 608 | 33,54 | 3 136 |
| Parcelle DJ0092 - 116 Rue Léon GEFFROY | 100% | 1 450 | 33,50 | 2 886 |
| Parcelle DJ0123 - 118-120 Rue Léon GEFFROY | 100% | 4 254 | 33,56 | 8 210 |
| *Sous-Total* | | *7 312* | | *14 231* |

| 1401P - CTM | % projet SGP | Surface (m²) | Niveau TN | Volumes (m³) |
|---|---|---|---|---|
| Hangar cars démoli puis reconstruit - 1401 P | 100% | 710 | 35,40 | 0 |
| *Sous-Total* | | *710* | | *0* |

| |
|---|
| *19 714* |

**Évaluation du volume rendu disponible par la démolition des bâtiments existants sur les parcelles concernées par le projet (Source : Société du Grand Paris)**

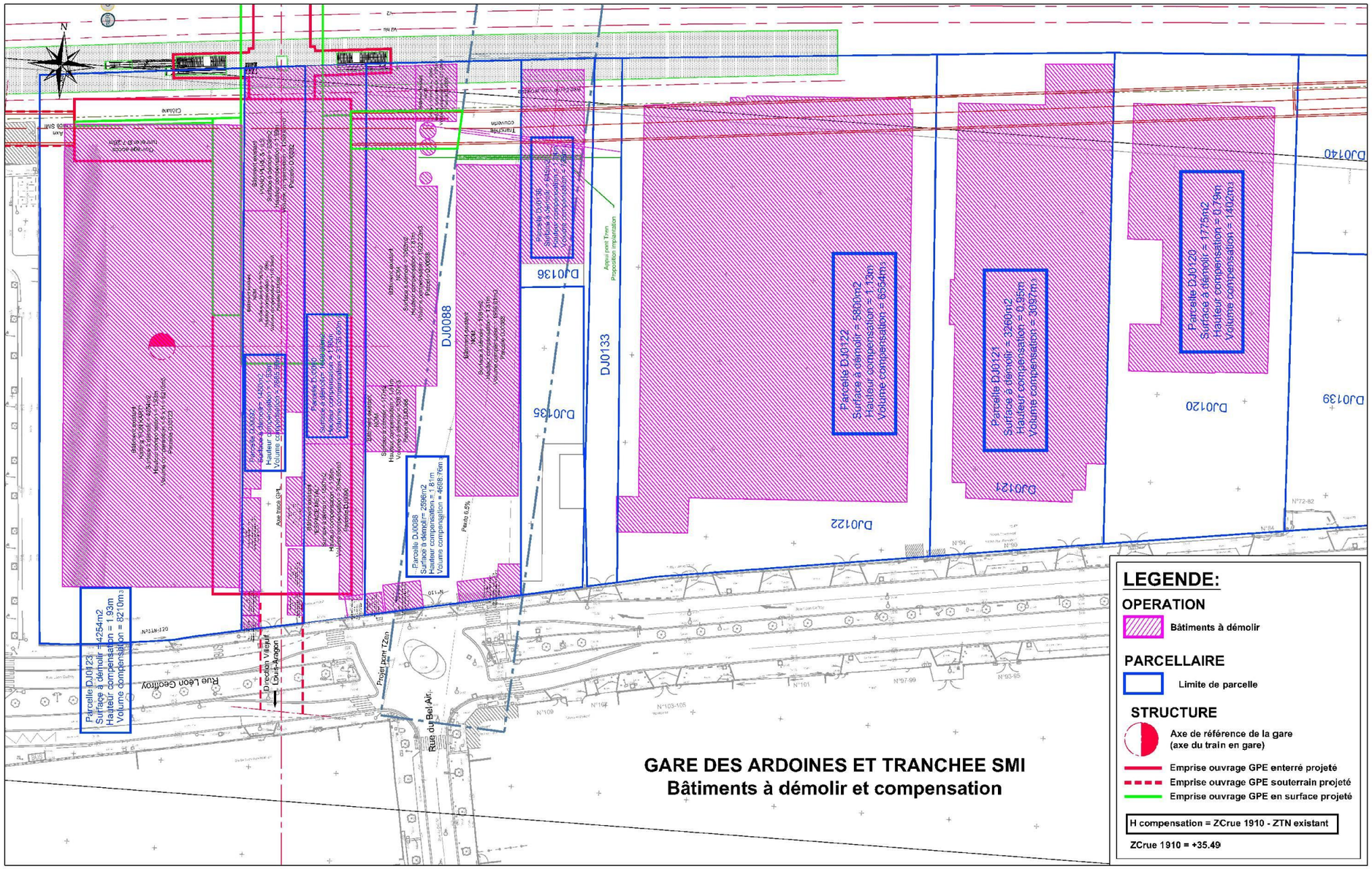



**Schéma des bâtiments démolis dans le cadre du projet (Source : Société du Grand Paris)**





**Vue des bâtiments actuels concernés par la démolition (source : Société du Grand Paris)**

Les démolitions prévues sur le secteur permettent de dégager des volumes d'expansion pour les crues. **Ce volume est estimé à environ 19 714 m3.**

Les bâtiments concernés par la démolition sont sur des terrains de la Société du Grand Paris et de l'EPAORSA. Un accord de l'EPAORSA a été donné pour retenir ce volume pour le projet du Grand Paris Express.

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Les volumes supplémentaires dégagés permettront de contribuer à la compensation du site de maintenance des infrastructures de la Ligne 15 Sud, situé à proximité, au Sud de ce secteur. Cet ouvrage est analysé à partir de la page suivante.**

### 1.3.4.6 SMI de Vitry-sur-Seine

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (violet clair et violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Pour la crue centennale, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,08 m/s) correspondant également à un impact faible. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (violet clair et violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Pour la crue centennale, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,09 m/s) correspondant également à un impact faible ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 7 985 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation des volumes soustraits à la crue avec la démolition de bâtiments proches, et la mise en place zone de stockage sur le site du SMI |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

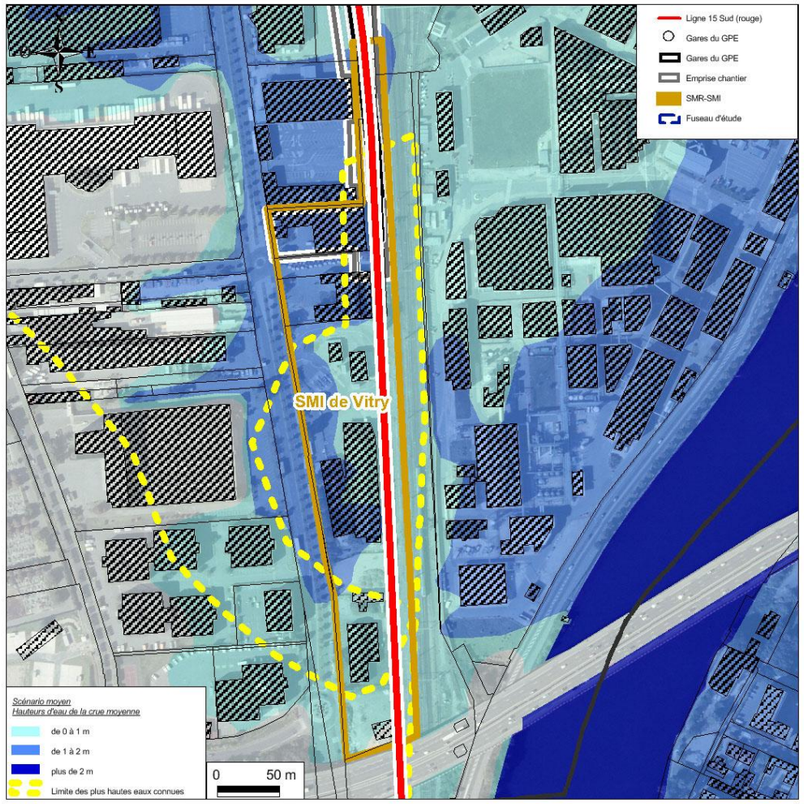
**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

L'emprise du SMI est concernée par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne. L'emprise est située dans la zone violet clair et violet foncé, correspondant aux zones urbaines denses.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :</u>*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement du SMI apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

<u>Commentaires :</u> l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement du SMI sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

*c. <u>Phase chantier</u>*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis à l'annexe 2 du présent dossier).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,025 | + 0,08 |

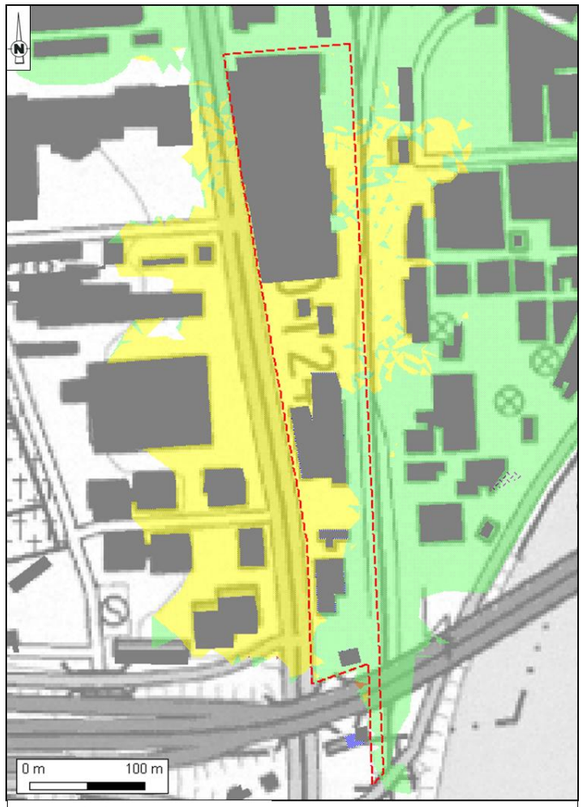
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

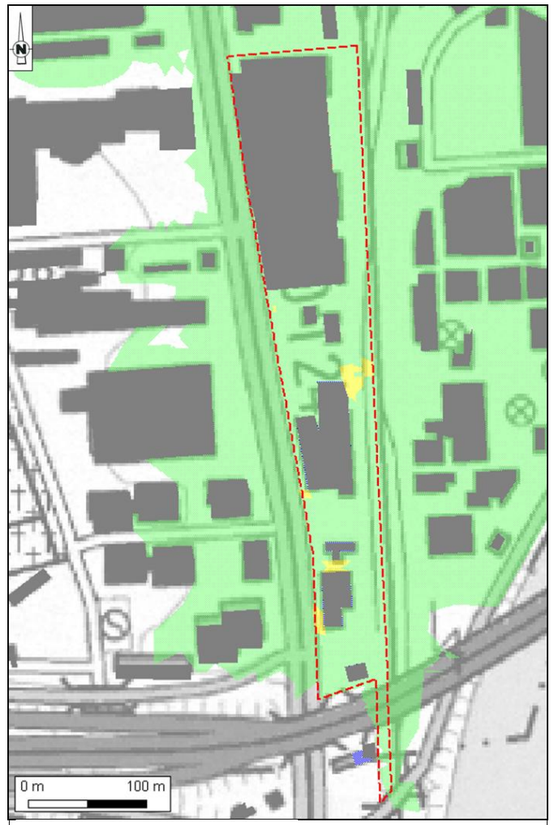
La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,08 m/s) correspondant également à un **impact faible.**




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,025 | + 0,09 |

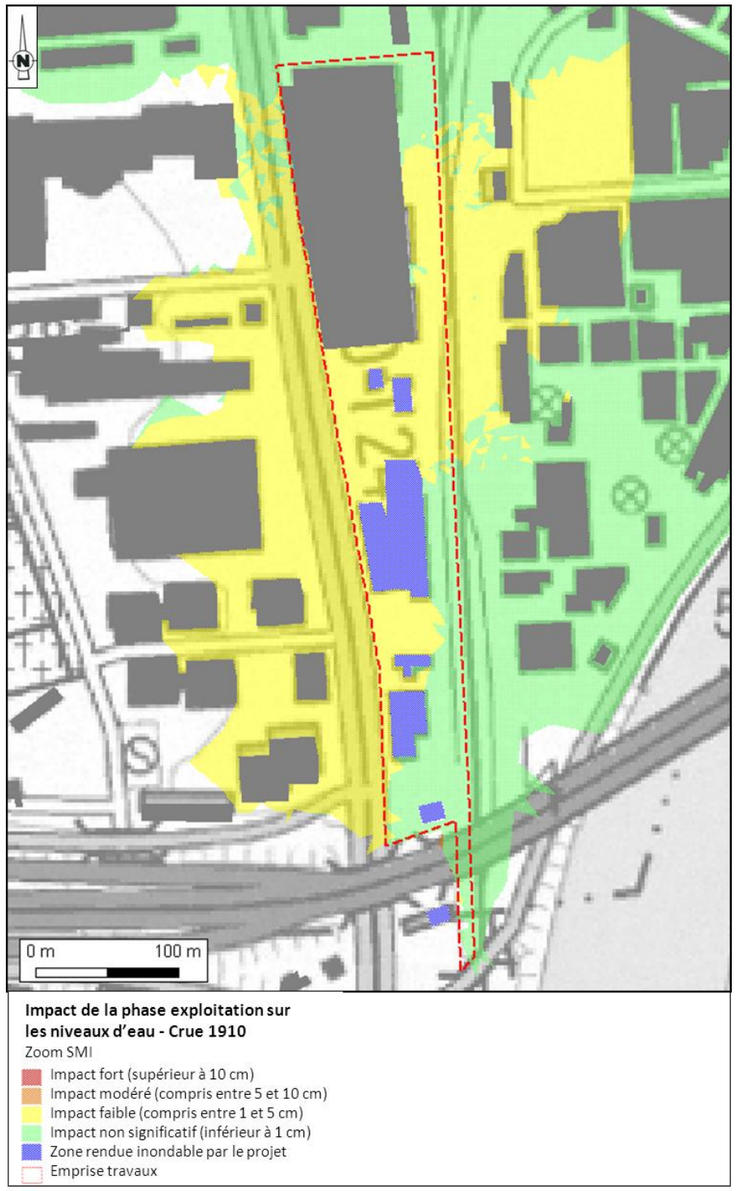
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

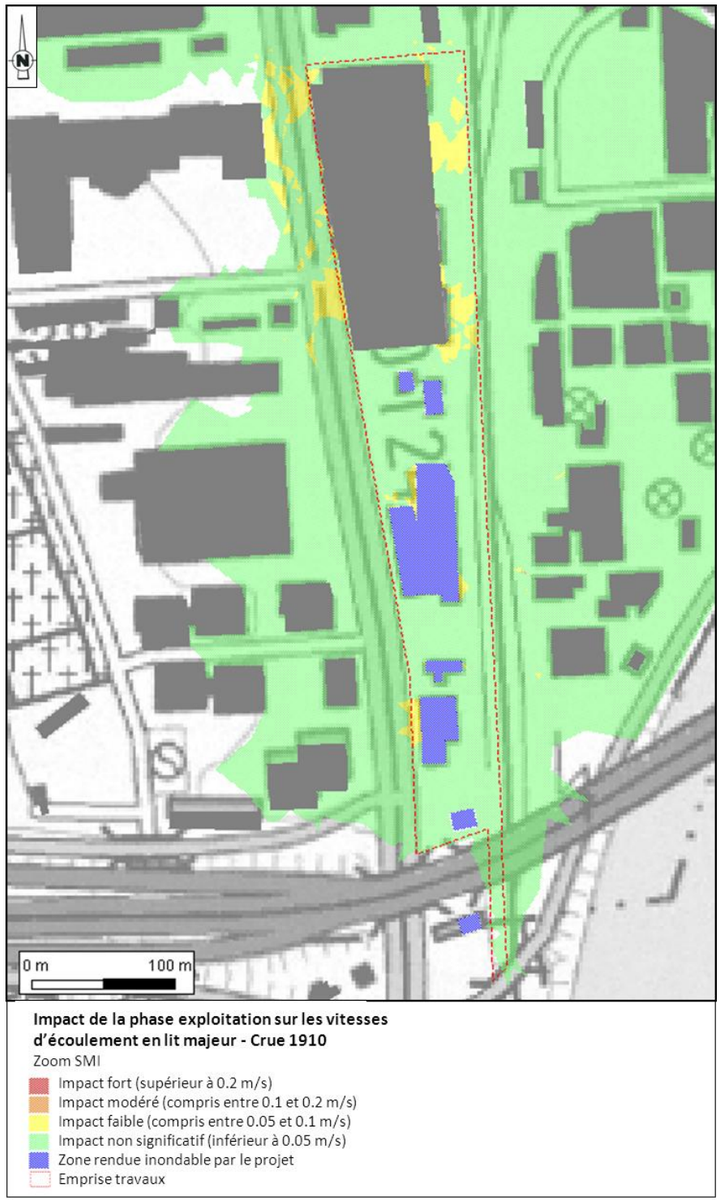
La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,09 m/s) correspondant également à un **impact faible.**




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**

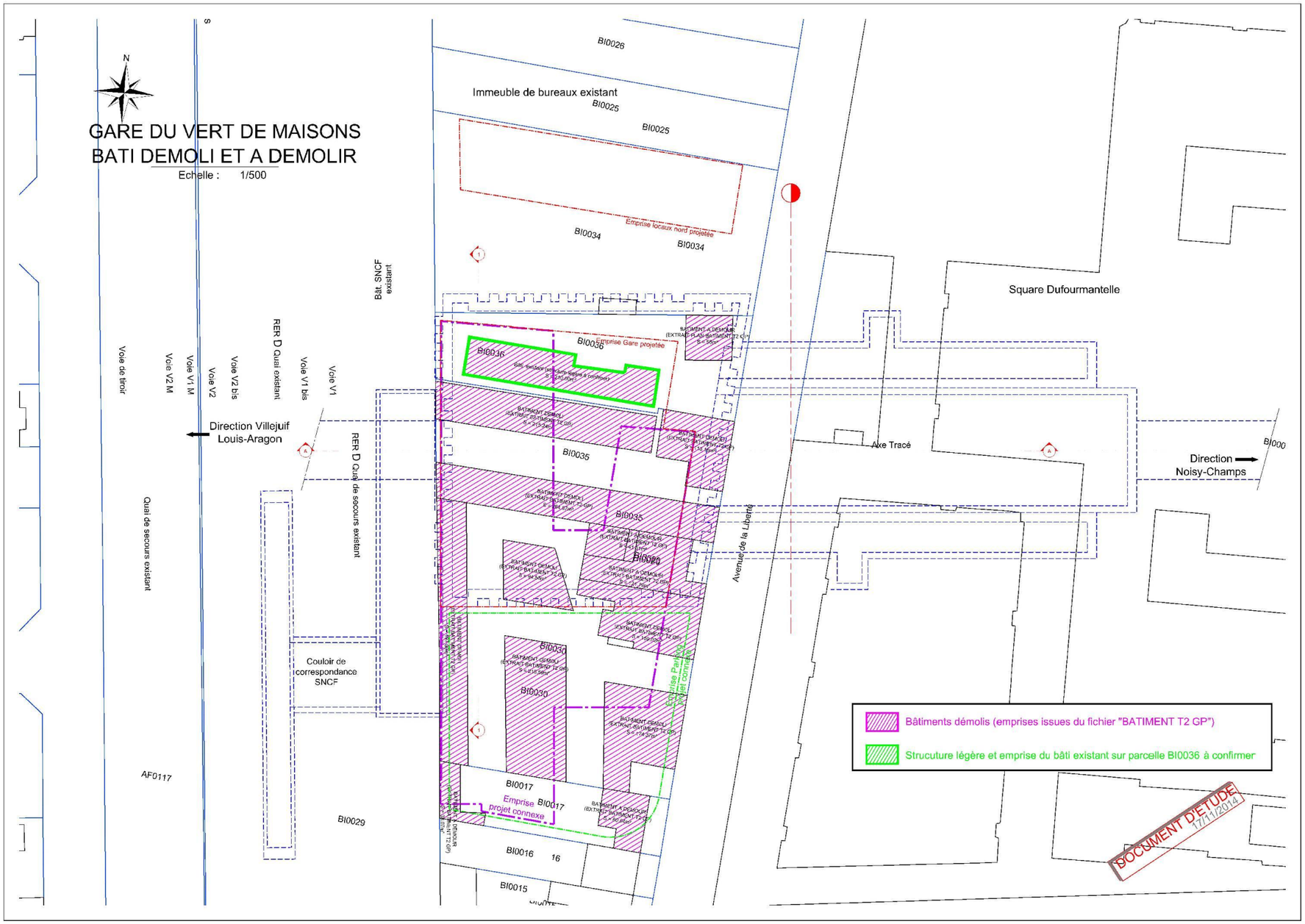
**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de 7 pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Le site concerné comporte actuellement des bâtiments d'activités considérés comme non inondable. La construction du SMI nécessitera leur démolition, ce qui permettra de récupérer un volume d'expansion des eaux de crue, pris en compte dans le calcul d'équilibre déblais/remblais. Ces bâtiments occupent une surface de 12 500 m² et se développent jusqu'à la cote de la crue centennale.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Volume soustrait par tranche (en $m^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | [32,50 ; 33,00] | 0,50 | 170 |
| 2 | [33,00 ; 33,50] | 0,50 | 1 105 |
| 3 | [33,50 ; 34,00] | 0,50 | 2 070 |
| 4 | [34,00 ; 34,50] | 0,50 | 5 060 |
| 5 | [34,50 ; 34,68] | 0,18 | 2 910 |
| 6 | [34,68 ; 35,00] | 0,32 | - 2 290 |
| 7 | [35,00 ; 35,49] | 0,49 | - 1 040 |
| **TOTAL** | **[32,50 ; 34,49]** | **2,99** | **7 985** |

**En prenant en compte les démolitions des bâtiments existants sur le site du SMR, l'aménagement du SMI soustrait un volume à la crue de 7 985 $m^3$ pour la crue centennale.**




**Plan des démolitions prévues au niveau du site du SMI (Source : Société du Grand Paris)**



**Vue des bâtiments existants concernés par la démolition (Source : Société du Grand Paris)**

Pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes, des démolitions de bâtiments existants sont nécessaires (voir rubrique précédente). Cela permet de dégager un volume disponible pour l'expansion des crues. En retirant les besoins de compensation de ces ouvrages de la Ligne 15 Sud, il restait 9 099 $m^3$ disponibles.

Du fait de l'implantation du SMI dans le même secteur urbain et soumis au même aléa, cette compensation est considérée comme cohérente. **Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par le site de maintenance des infrastructures (SMI) sont totalement compensés.**

### 1.3.4.7 OA Friche Arrighi

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable uniquement en bordure de Seine et à l'extrémité sud avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » n'est pas inondable pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est nul. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Il n'est pas nécessaire de compenser. |

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

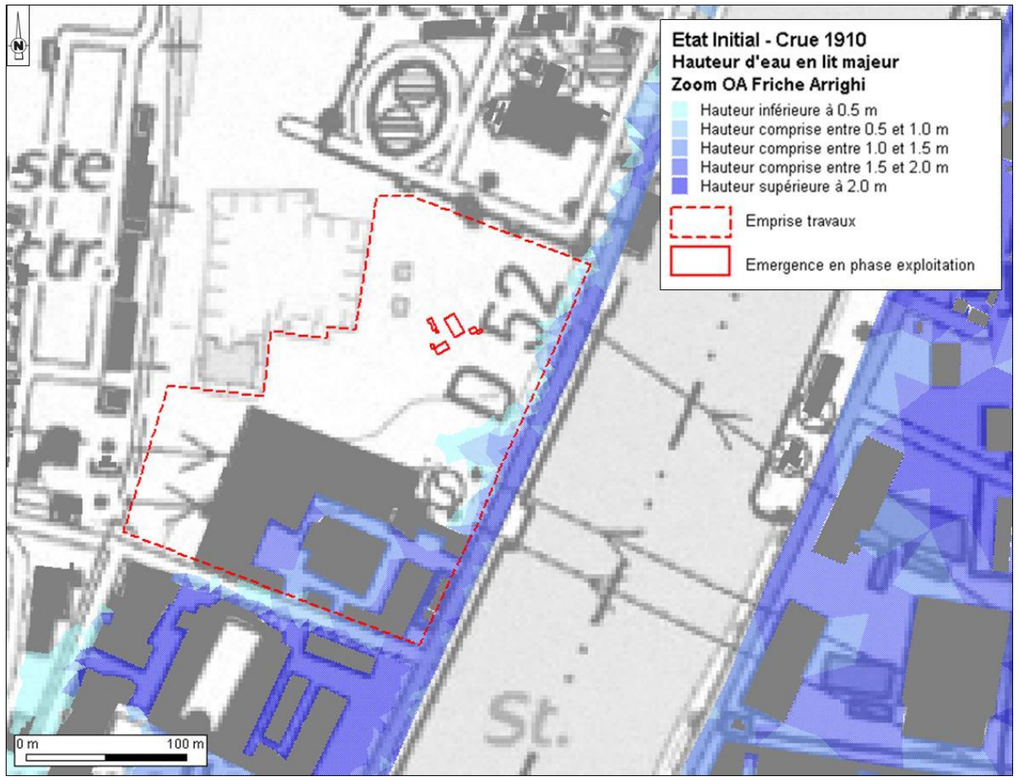
L'extrait suivant présente la carte des hauteurs d'eau pour la crue centennale, issues des résultats du modèle hydrodynamique réalisé dans le cadre du présent dossier.

En effet, la carte des surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, disponible sur le site internet Carmen et issue des données DRIEE, ne tient pas compte des spécificités du terrain.

Dans ce secteur, le niveau des PHEC est à 35,49 m NGF. Bien que l'ouvrage se situe dans la zone PPRI, le terrain naturel actuel est à 35,80 m NGF en moyenne, soit au-dessus des PHEC. En effet, le niveau du TN a été remonté à 35,50 m NGF au moment de la construction de la centrale Arrighi, qui a été démolie depuis.

**L'emprise « chantier » est inondable uniquement en bordure de Seine et à l'extrémité sud avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » n'est pas inondable pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

a. *Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

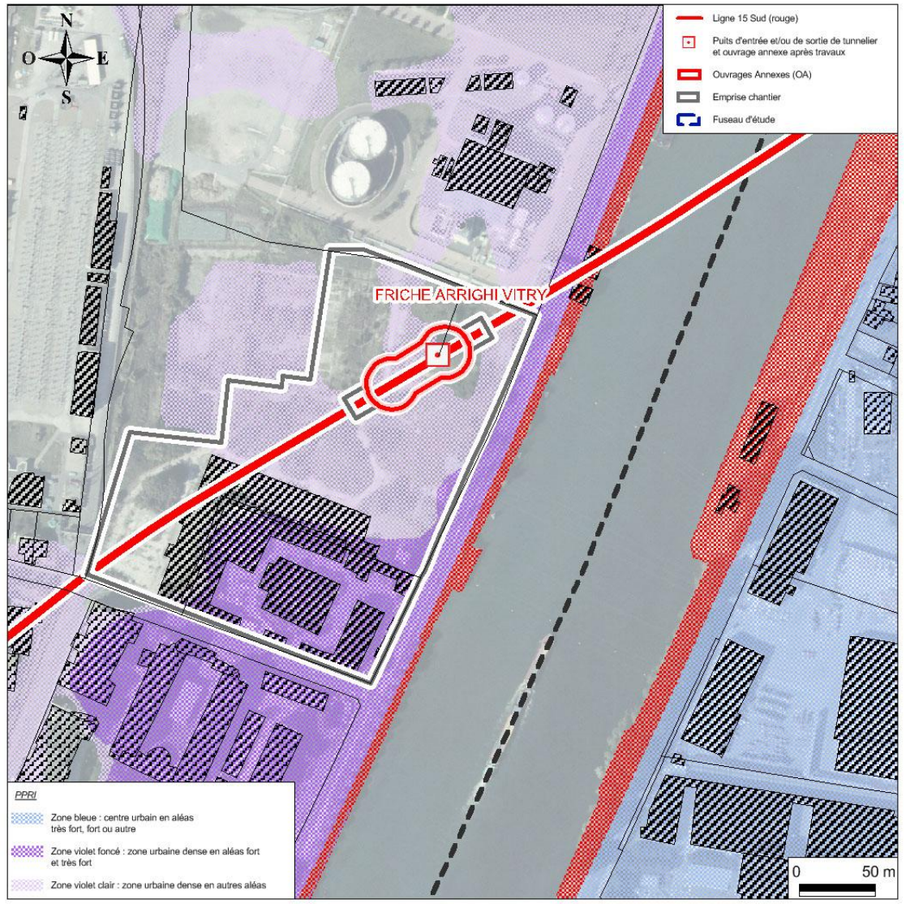
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone violette. Seule l'emprise « chantier » est concernée par la zone violet foncé.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

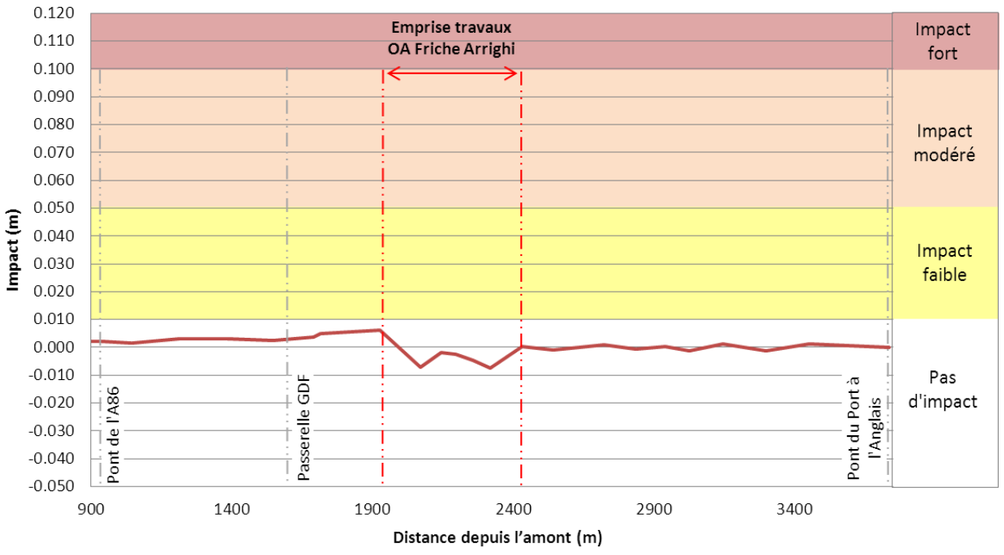
* NI : non inondable

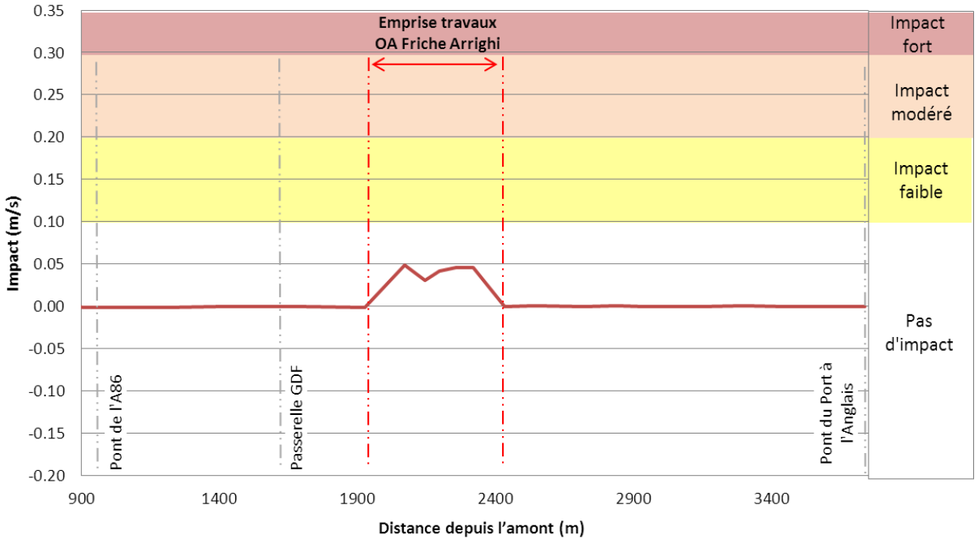
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

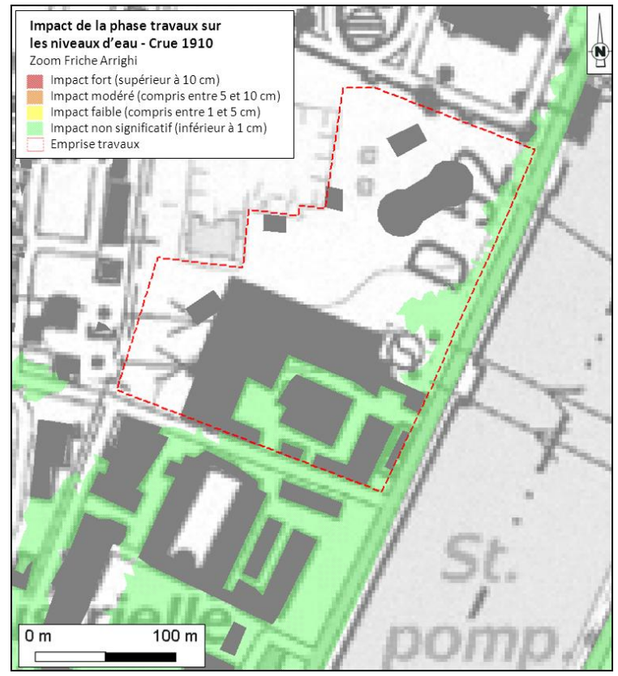
**Pour le lit mineur.** En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est négligeable** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm) et l'**impact sur les vitesses est négligeable** avec une augmentation maximale attendue des vitesses de l'ordre de 0,05 m/s.



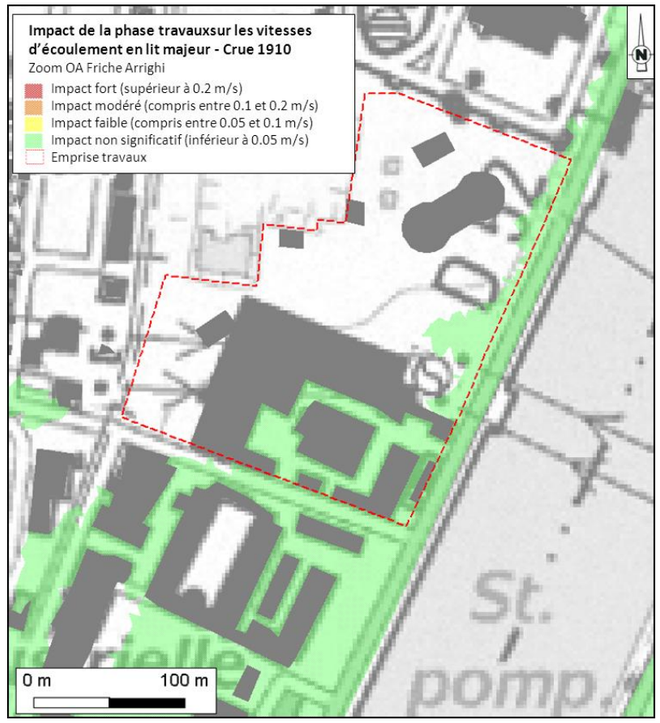




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**Pour le lit majeur.** L'analyse des résultats du tableau ci-avant et des zooms suivants montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**.




**Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

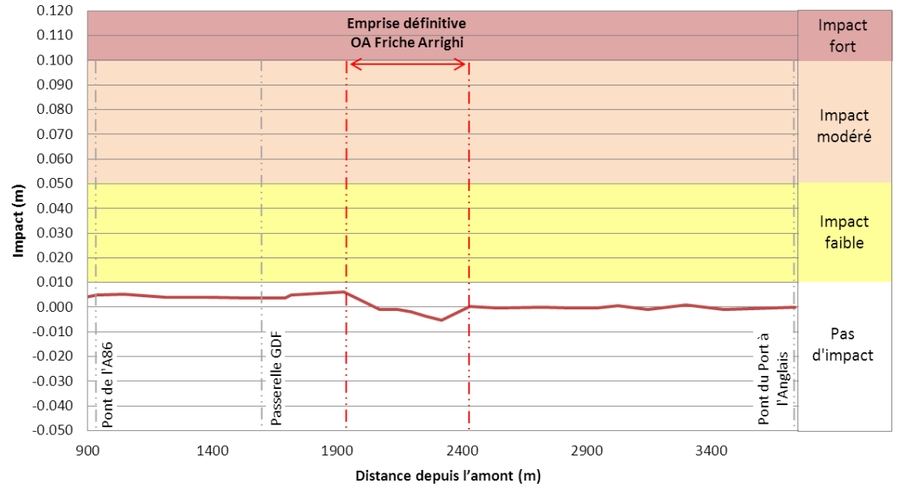
| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | | Delta Vitesse (en m/s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ΔN lit mineur | ΔN lit majeur | Δv lit mineur | Δv lit majeur |
| 1982 | 10 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1955 | 30 ans | < 0,01 | NI | < 0,10 | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,01 | < 0,10 | < 0,05 |

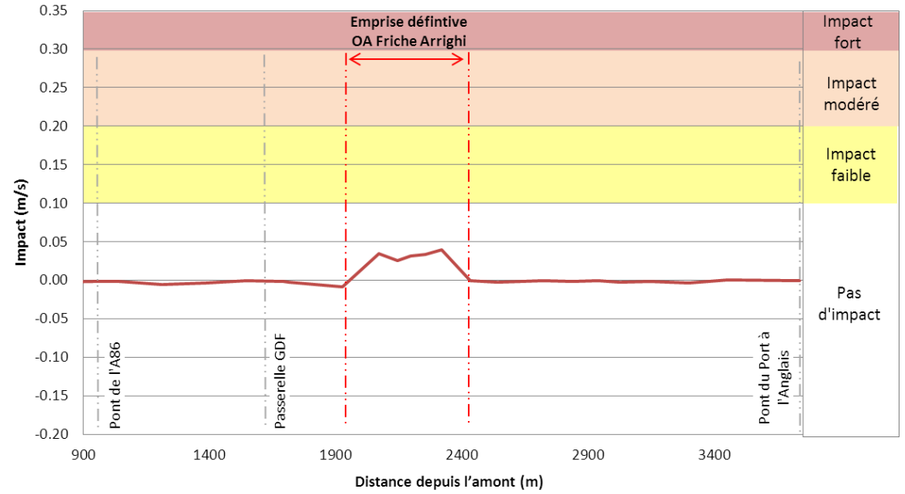
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial). L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

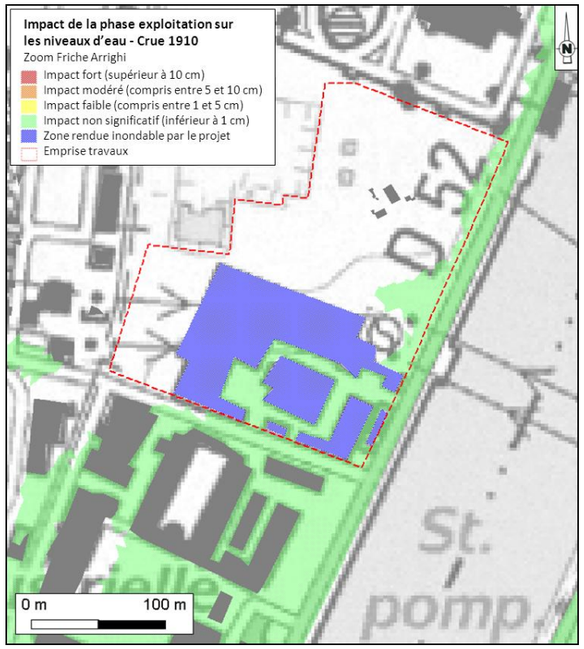
**Pour le lit mineur.** En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase définitive. L'**impact sur le niveau d'eau est négligeable** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm) et l'**impact sur les vitesses est négligeable** avec une augmentation maximale attendue des vitesses inférieure à 0,05 m/s.



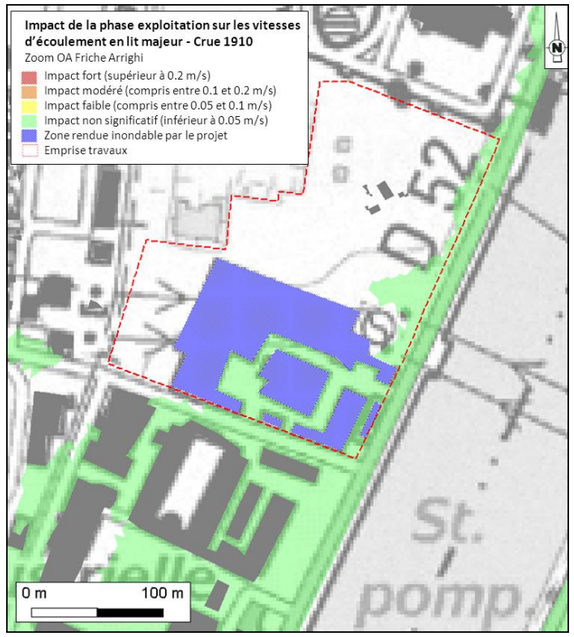




**Impact de la phase définitive sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910**

**<u>Pour le lit majeur.</u>** L'analyse des résultats du tableau ci-avant et des zooms suivants montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**.




**Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale**




**Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale**

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Dans ce secteur, le niveau des PHEC est à 35,49 m NGF. Bien que l'ouvrage se situe dans la zone PPRI, le TN actuel, dans la zone d'implantation future de l'ouvrage de la friche, est à 35,80 m NGF en moyenne, soit au-dessus des PHEC. En effet, le niveau du TN a été remonté à 35,50 m NGF au moment de la construction de la centrale Arrighi, démolie depuis.

L'ouvrage s'inscrit sur un site essentiellement hors d'eau pour la crue centennale. Par conséquent, les volumes pour cet ouvrage sont nuls.

**En conclusion et conformément au règlement du PPRI, l'aménagement de l'ouvrage annexe ne nécessite pas de volume compensatoire.**

### 1.3.4.8 *OA rue de Rome*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 425 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation des volumes soustraits à la crue par la destruction de bâtiments existants, avec un excédent de 85 $m^3$. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

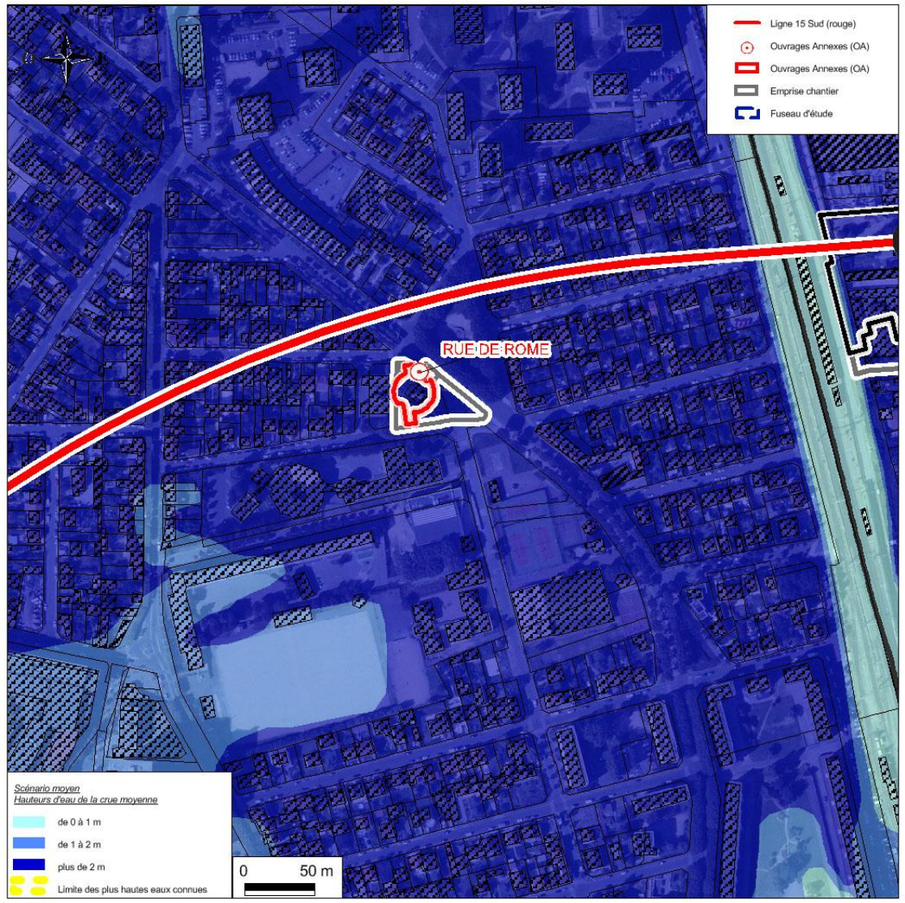
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

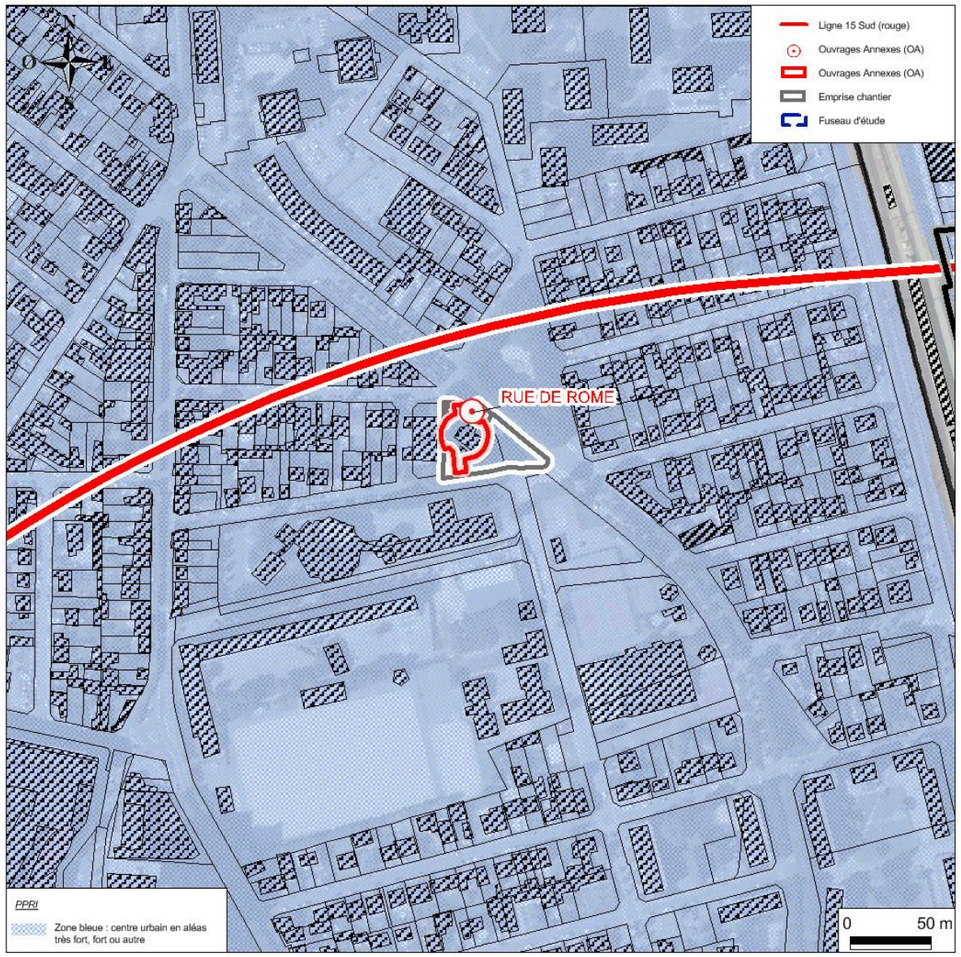
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale. Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.







*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

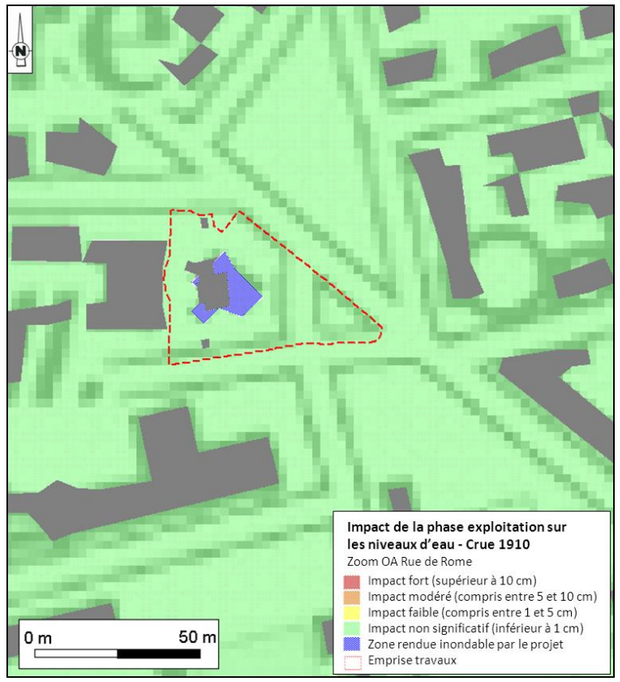
* NI : non inondable

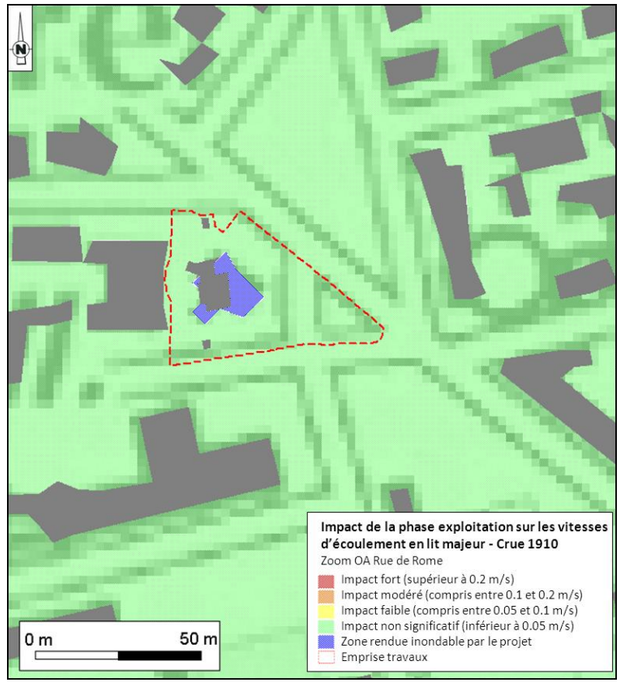
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [32,19 ; 32,69] | 0,50 | 130 | 65 |
| 2 | [32,69 ; 33,19] | 0,50 | 130 | 65 |
| 3 | [33,19 ; 33,69] | 0,50 | 130 | 65 |
| 4 | [33,69 ; 34,19] | 0,50 | 130 | 65 |
| 5 | [34,19 ; 34,69] | 0,50 | 130 | 65 |
| 6 | [34,69 ; 35,19] | 0,50 | 130 | 65 |
| 7 | [35,19 ; 35,49] | 0,30 | 130 | 35 |
| **TOTAL** | **[32,19 ; 35,49]** | **3,30** | **-** | **425** |

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants.

Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les surfaces et les volumes ainsi libérés.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface libérée par tranche (en m²) | Volume libéré par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [32,19 ; 32,69] | 0,50 | 170 | 85 |
| 2 | [32,69 ; 33,19] | 0,50 | 170 | 85 |
| 3 | [33,19 ; 33,69] | 0,50 | 170 | 85 |
| 4 | [33,69 ; 34,19] | 0,50 | 145 | 70 |
| 5 | [34,19 ; 34,69] | 0,50 | 145 | 70 |
| 6 | [34,69 ; 35,19] | 0,50 | 145 | 70 |
| 7 | [35,19 ; 35,49] | 0,30 | 145 | 45 |
| **TOTAL** | **[32,19 ; 35,49]** | **3,30** | **-** | **510** |

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Un surplus de 85 m³ est constaté, soit près de 20% en plus du volume soustrait.**

### 1.3.4.9 Gare de Vert de Maisons

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 7 445 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation des volumes soustraits à la crue par la destruction de bâtiments existants, avec un volume restant à compenser de 2 090 $m^3$ ;<br>- Compensation du volume de 2 090 $m^3$ dans un parking enterré d'une opération immobilière conduite par un opérateur tiers. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

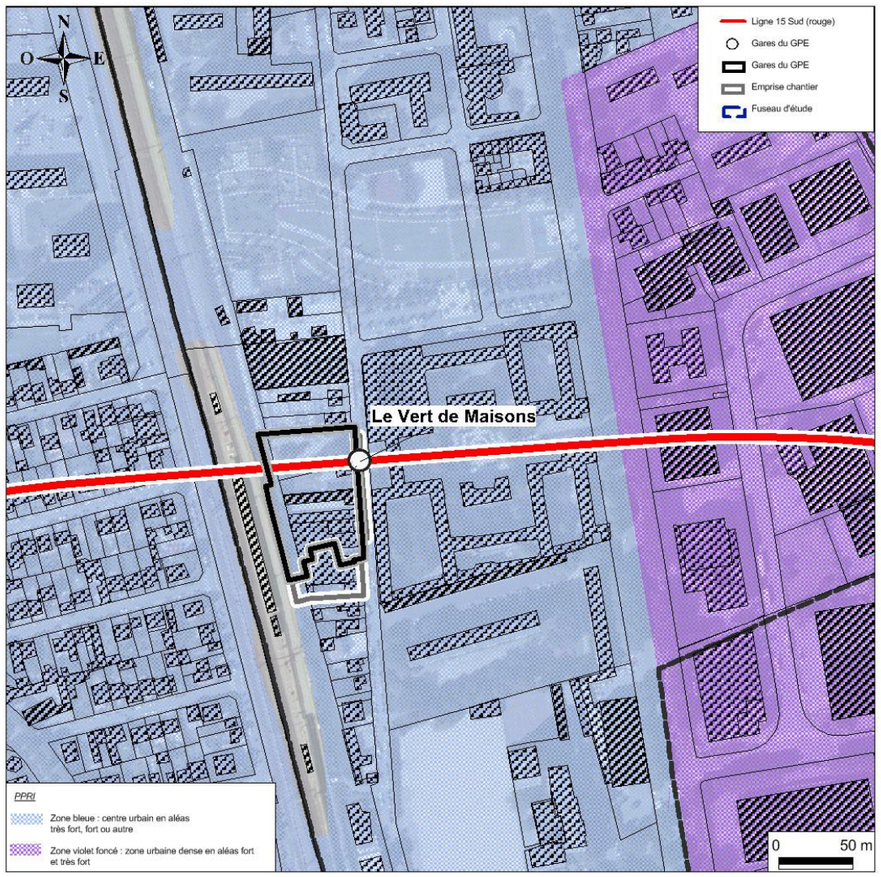
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;
- Les extensions, les niveaux fonctionnels doivent être situés au minimum, à la cote du niveau fonctionnel existant le plus bas dans la limite de 50% de la SHON du dit niveau.

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) 100m² ;
- surfaces directement liées à l' exploitation (vente de tickets) 138m² (point multiservice inclus ) ;
- surface uniquement de l'emprise gare 2300m² + parvis. 1600m².

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est de 4%. Ce taux est cohérent avec la limite de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

c. *Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

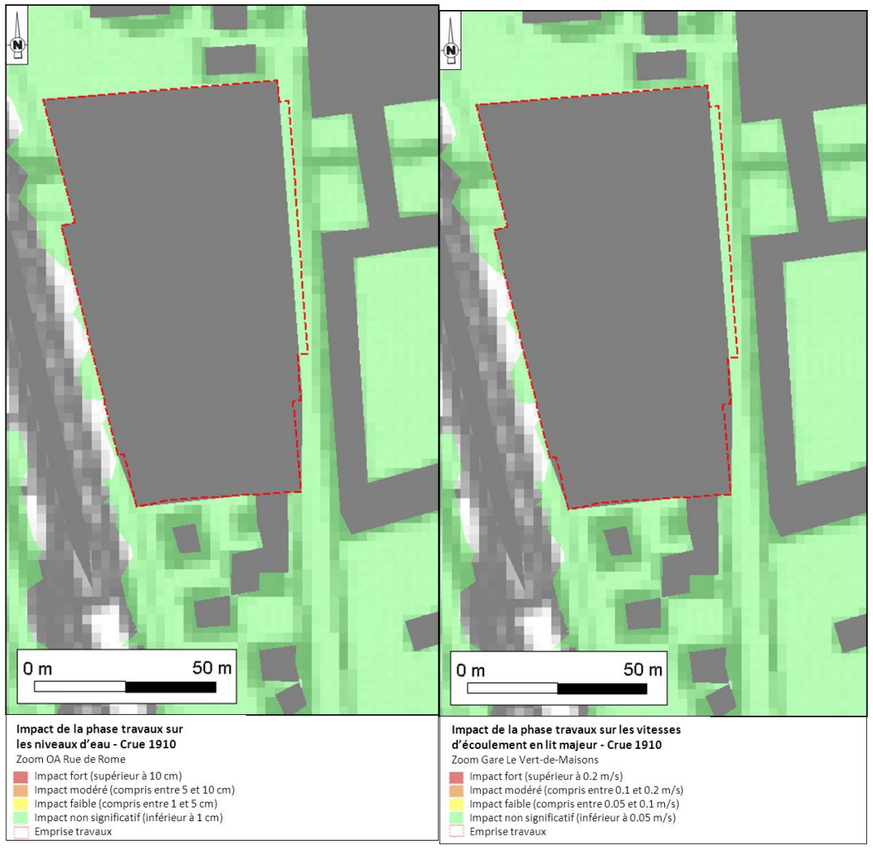
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Au droit de la gare de Vert de Maisons, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare, représentant environ 1 625 $m^3$. Le tableau ci-dessous présente les volumes pris à la crue par les bungalows.

| **Hauteur d'eau** | | | Surfaces Bungalows | | Volume à compenser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TN moyen | Cote PHEC | Δ | SGP | SNCF | SGP | SNCF |
| 31,92 | 35,48 | 3,56 | 457 | 156 | 1,625 | 555 |

Remarque : les bungalows sont de forme parallélépipède et possède une section horizontale constante quelle que soit la hauteur.

Si ce volume est considéré comme trop important, les bungalows pourront être installés sur pilotis, ou une compensation pourra éventuellement être recherchée en dehors des emprises.

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

* NI : non inondable

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.






### Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [32,06 ; 32,56] | 0,50 | 2 460 | 485 |
| 2 | [32,56 ; 33,06] | 0,50 | 2 460 | 1 015 |
| 3 | [33,06 ; 33,56] | 0,50 | 2 460 | 1 225 |
| 4 | [33,56 ; 34,06] | 0,50 | 2 460 | 1 225 |
| 5 | [34,06 ; 34,56] | 0,50 | 2 460 | 1 225 |
| 6 | [34,56 ; 35,06] | 0,50 | 2 460 | 1 225 |
| 7 | [35,06 ; 35,48] | 0,42 | 2 460 | 1 045 |
| **TOTAL** | **[32,06 ; 35,48]** | **3,42** | **-** | **7 445** |

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. Les locaux nord et la mise en place de système anti-crue contribuent également à limiter le champ d'expansion de crue.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants. Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les volumes ainsi libérés.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface libérée par tranche (en m²) | Volume libéré par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [32,06 ; 32,56] | 0,50 | 1 590 | 270 |
| 2 | [32,56 ; 33,06] | 0,50 | 1 750 | 850 |
| 3 | [33,06 ; 33,56] | 0,50 | 1 750 | 875 |
| 4 | [33,56 ; 34,06] | 0,50 | 1 750 | 875 |
| 5 | [34,06 ; 34,56] | 0,50 | 1 750 | 875 |
| 6 | [34,56 ; 35,06] | 0,50 | 1 750 | 875 |
| 7 | [35,06 ; 35,48] | 0,42 | 1 750 | 735 |
| **TOTAL** | **[32,06 ; 35,48]** | **3,42** | **-** | **5 355** |

Par conséquent, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont réduits, comme le présente le tableau suivant. Le volume global soustrait à la crue passe ainsi de 7 445 m³ à 2 090 m³, soit une diminution de plus de 70%. Cet abattement est sensiblement homogène pour chacune des tranches garantissant ainsi une « compensation dynamique » de la crue.

| N° tranche | Intervalle altimétrique | Hauteur correspondante | Surface par tranche | Volume soustrait par tranche |
|---|---|---|---|---|
| | (en m NGF) | (en m) | (en m²) | (en m³) |
| 1 | [32,06 ; 32,56] | 0,50 | 870 | 215 |
| 2 | [32,56 ; 33,06] | 0,50 | 710 | 165 |
| 3 | [33,06 ; 33,56] | 0,50 | 710 | 350 |
| 4 | [33,56 ; 34,06] | 0,50 | 710 | 350 |
| 5 | [34,06 ; 34,56] | 0,50 | 710 | 350 |
| 6 | [34,56 ; 35,06] | 0,50 | 710 | 350 |
| 7 | [35,06 ; 35,48] | 0,42 | 710 | 310 |
| **TOTAL** | **[32,06 ; 35,48]** | **3,42** | **-** | **2 090** |

**Il nécessaire de compenser 2 090 m³ pour la gare de Vert de Maisons.**

Concernant la gare de Vert de Maisons, les mesures compensatoires prévues pour la phase exploitation permettront de compenser globalement les emprises en zone inondable.

La mise en œuvre de ces mesures compensatoires sera conditionnée par le phasage général des aménagements de cette gare et du projet d'aménagement associé. A ce titre, une attention particulière sera ainsi portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

Notons également que les différentes phases d'aménagement et emprises en zone inondable associées ne s'échelonneront pas toutes sur une durée considérée comme « significative » (supérieure à une année) et nécessitant une compensation au vu des obligations et préconisations réglementaires.

Les études techniques complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront de consolider les solutions de compensations relatives à la phase travaux.

A ce titre, une des solutions privilégiée actuellement à l'étude, qui présente vraisemblablement le moins de risques identifiés, serait l'inondation de fouilles réalisées durant la phase chantier. Dans ces conditions, les compensations surfaciques et volumiques permettront de tendre vers un « bilan hydraulique emprises/restitution » à l'équilibre.

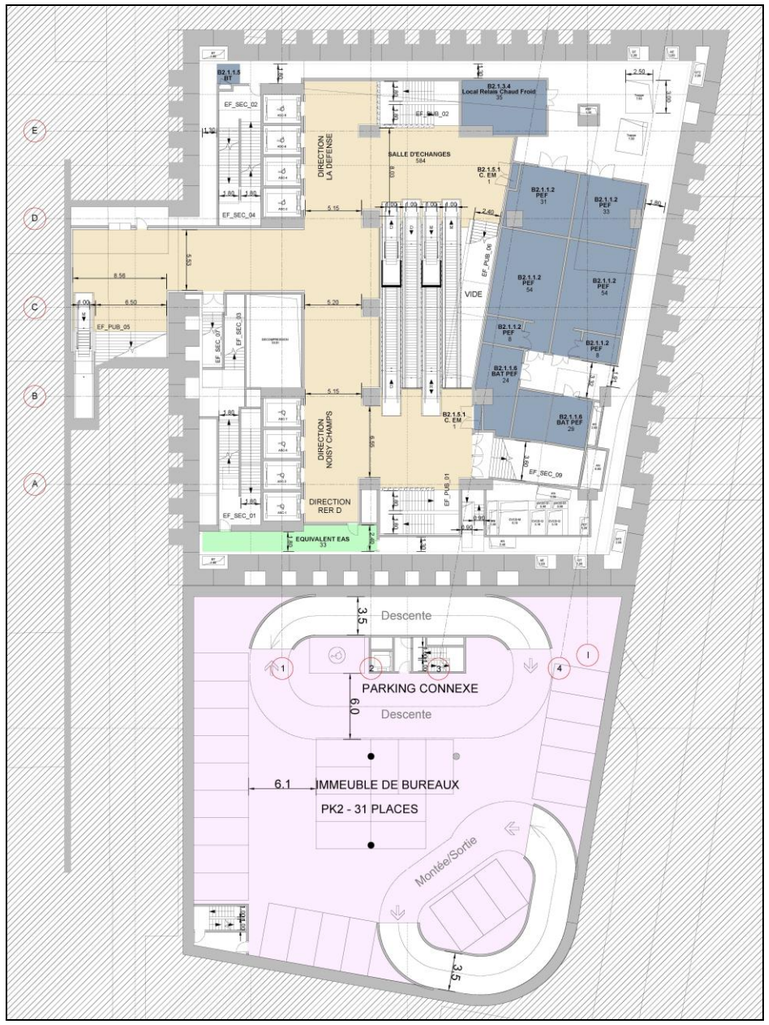
D'autres solutions de compensation complémentaires, relatives aux emprises en phase chantier, telles que la mise hors crue de certains ouvrages (ex : mise sur pilotis) ou la recherche de site de compensations « proches et hydrauliquement compatibles » pourraient également permettre de répondre aux préconisations de la doctrine DRIEE « Fiche thématique - Aménagements impactant le libre écoulement des eaux (2010) ».

Ces différents types de solutions nécessitent un certain nombre de précautions d'ordre technique, notamment la protection des ouvrages sensibles (tunnel en particulier) et la programmation de l'évacuation des matériels et des personnes, qui seront déterminées au cours des phases d'études subséquentes.

**Au vu du contexte urbain de ce secteur, il n'est pas possible de prévoir un décaissement du niveau du terrain naturel pour récupérer ce volume. Dans le cadre du projet connexe prévu au niveau de cette gare, il est prévu la création d'un parking souterrain qui permettra d'assurer la compensation en cas de crue.**



**Vue depuis le Square Dufourmantelle avec le projet connexe (visuel à titre indicatif)**




**Plan du projet de parking souterrain (niveau -1) du projet connexe de la gare de Vert de Maisons (Source : Société du Grand Paris)**

**Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par la gare de Vert de Maisons sont totalement compensés.**

### 1.3.4.10 *OA université de Créteil*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 230 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 230 $m^3$. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

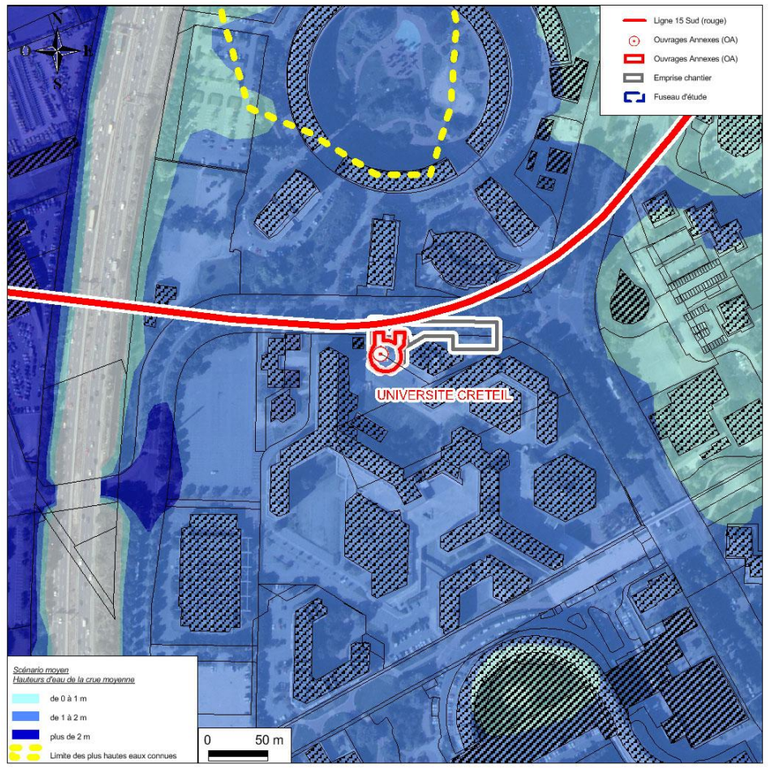
**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

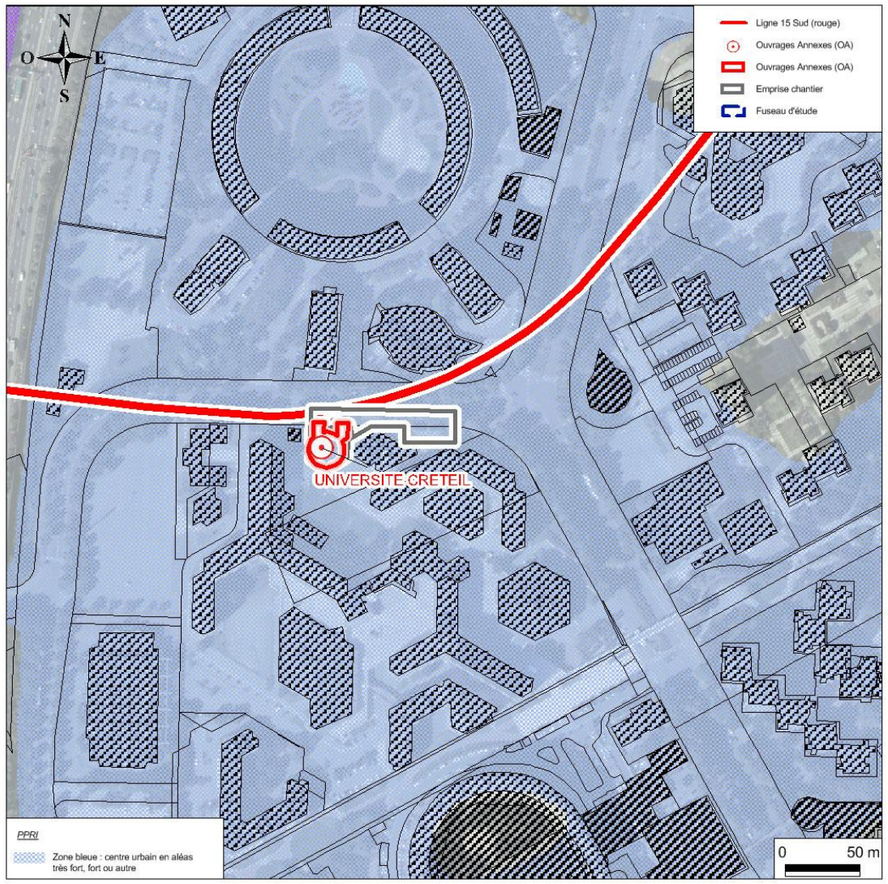
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

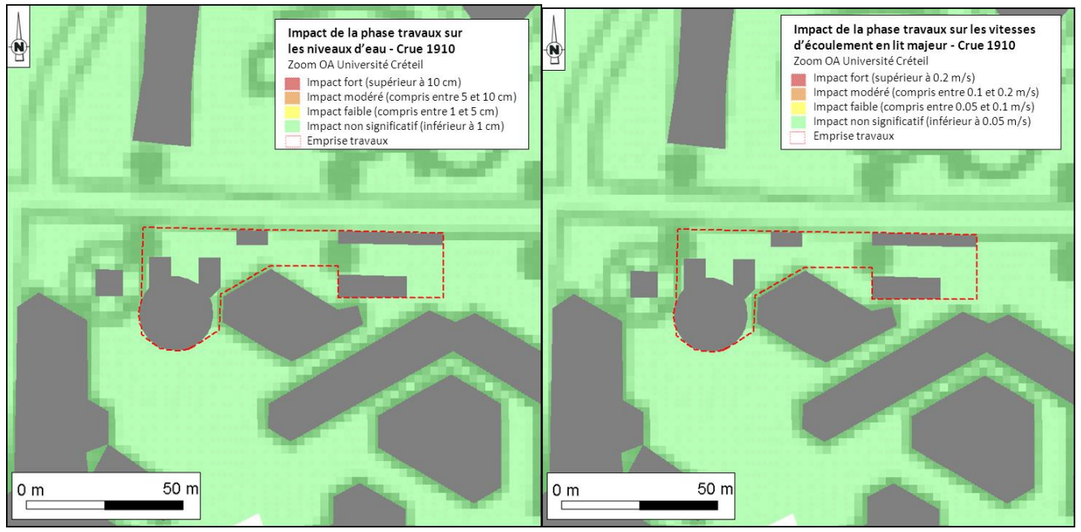
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.




*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

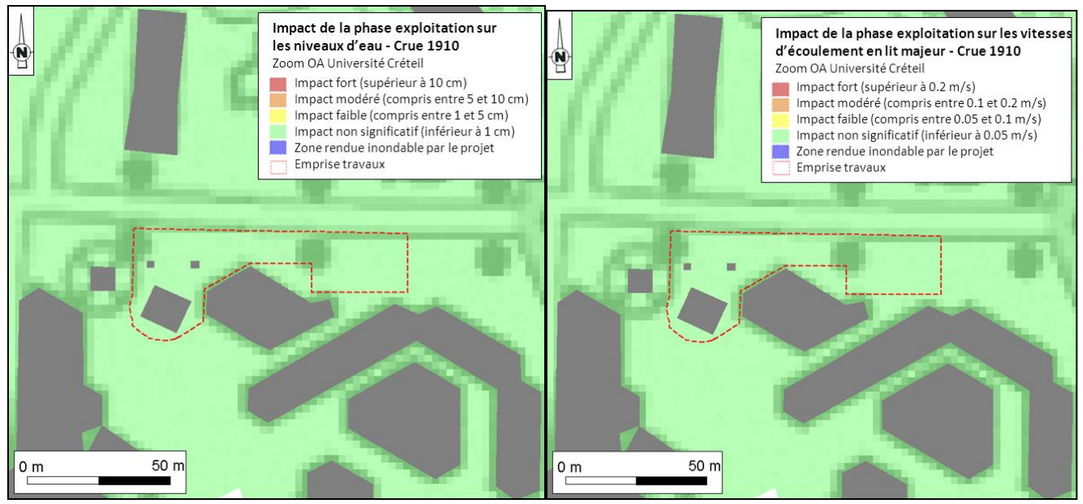
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [34,21 ; 34,71] | 0,50 | 180 | 90 |
| 2 | [34,71 ; 35,21] | 0,50 | 180 | 90 |
| 3 | [35,21 ; 35,71] | 0,50 | 180 | 50 |
| **TOTAL** | **[34,21 ; 35,71]** | **1,50** | **-** | **230** |

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 230 $m^3$.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29.65 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 230 $m^3$.

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.**

### 1.3.4.11 *Gare de Créteil l'Echat*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 1 930 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation du volume de 1 930 $m^3$ dans un parking enterré du projet connexe. |

*a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

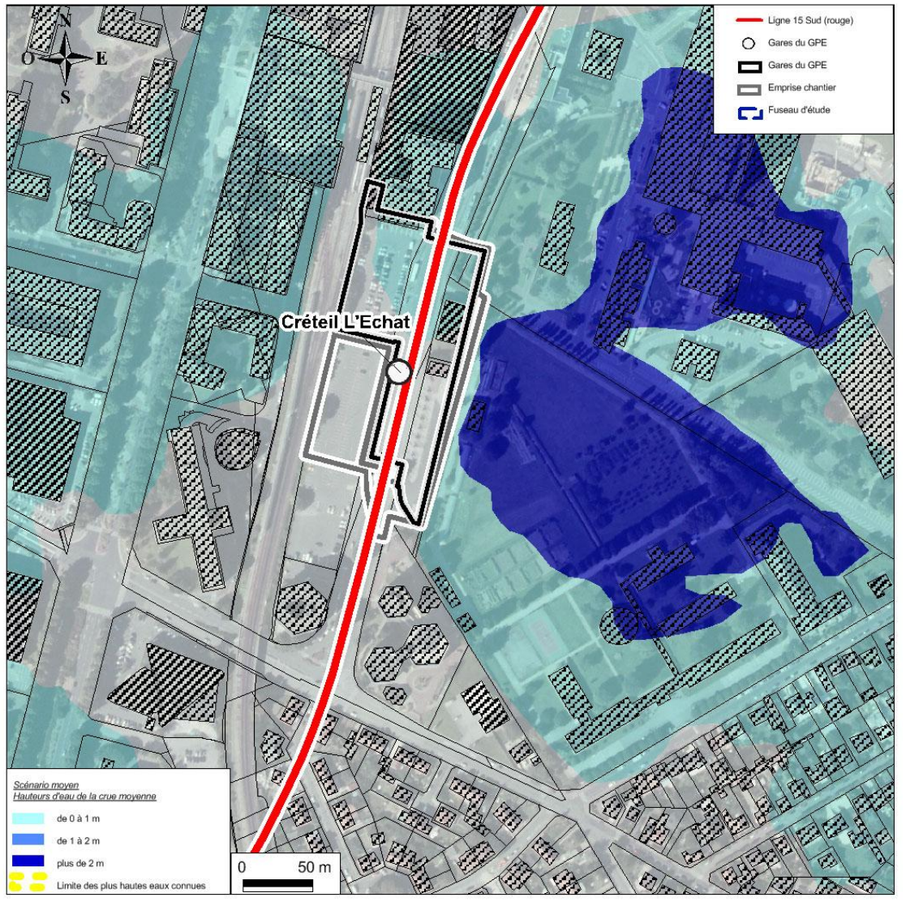
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

Le présent chapitre détaille :

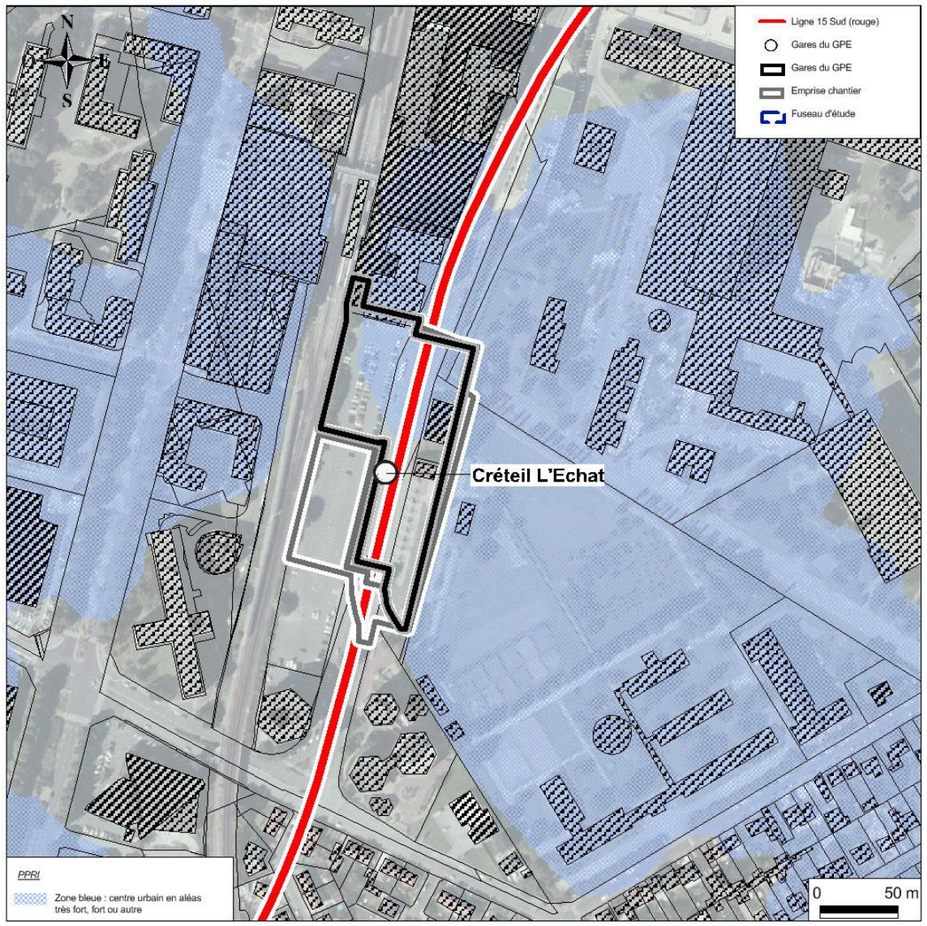
- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94** (source : DRIEE)

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;

- Les extensions, les niveaux fonctionnels doivent être situés au minimum, à la cote du niveau fonctionnel existant le plus bas dans la limite de 50% de la SHON du dit niveau.

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) : 480 m²

- surfaces directement liées à l' exploitation (vente de tickets) : 160 m² (point multiservice inclus )

- Surface de la gare et de son parvis : 4200 m² en infra + 1900 m² en superstructure + 1700 m² de parvis soit environ 6000 m²

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est de 8%. Ce taux est cohérent avec la limite de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de

garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

### c. *Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Au droit de la gare de Créteil l'Echat, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare. Afin de ne pas prélever de volume à la crue, ceux-ci sont placés hors zone inondable.

### d. *Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1955 | 30 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

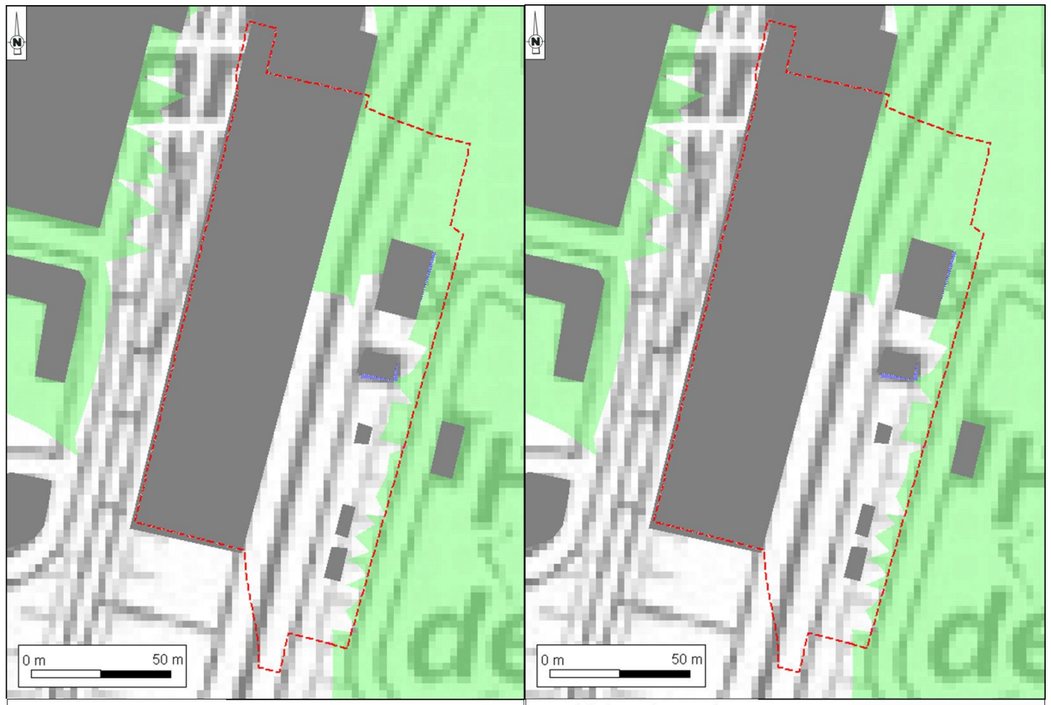
* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.




**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [33,29 ; 33,79] | 0,50 | 390 | 130 |
| 2 | [33,79 ; 34,29] | 0,50 | 490 | 240 |
| 3 | [34,29 ; 34,79] | 0,50 | 1 080 | 330 |
| 4 | [34,79 ; 35,29] | 0,50 | 1 930 | 740 |
| 5 | [35,29 ; 35,48] | 0,19 | 2 590 | 490 |
| **TOTAL** | **[34,21 ; 35,48]** | **2,19** | **-** | **1 930** |

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence de la gare et la mise hors d'eau du parvis, soit un volume soustrait global de 1 930 $m^3$.

Concernant la gare de Créteil l'Echât, les mesures compensatoires prévues pour la phase exploitation permettront de compenser globalement les emprises en zone inondable.

La mise en œuvre de ces mesures compensatoires sera conditionnée par le phasage général des aménagements de cette gare et du projet d'aménagement associé. A ce titre, une attention particulière sera ainsi portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

Notons également que les différentes phases d'aménagement et emprises en zone inondable associées ne s'échelonneront pas toutes sur une durée considérée comme « significative » (supérieure à une année) et nécessitant une compensation au vu des obligations et préconisations réglementaires.

Les études techniques complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront de consolider les solutions de compensations relatives à la phase travaux.

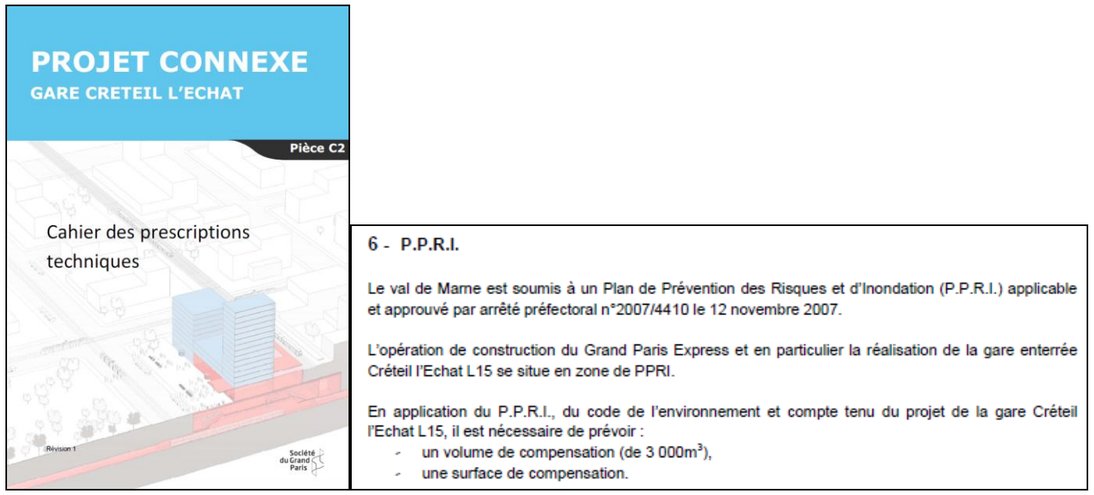
A ce titre, une des solutions privilégiée actuellement à l'étude, qui présente vraisemblablement le moins de risques identifiés, serait l'inondation de fouilles réalisées durant la phase chantier. Dans ces conditions, les compensations surfaciques et volumiques permettront de tendre vers un « bilan hydraulique emprises/restitution » à l'équilibre.

D'autres solutions de compensation complémentaires, relatives aux emprises en phase chantier, telles que la mise hors crue de certains ouvrages (ex : mise sur pilotis) ou la recherche de site de compensations « proches et hydrauliquement compatibles » pourraient également permettre de répondre aux préconisations de la doctrine DRIEE « Fiche thématique - Aménagements impactant le libre écoulement des eaux (2010) ».

Ces différents types de solutions nécessitent un certain nombre de précautions d'ordre technique, notamment la protection des ouvrages sensibles (tunnel en particulier) et la programmation de l'évacuation des matériels et des personnes, qui seront déterminées au cours des phases d'études subséquentes.

Dans le cadre de la gare de Créteil l'Echat, il est prévu l'implantation d'un projet dit connexe porté par un promoteur pour développer une opération immobilière sur la parcelle mitoyenne à la gare du Grand Paris Express. Ce projet est notamment présenté dans la pièce B.2 de la présente étude d'impact, au niveau des éléments sur la gare concernée.

Pour compenser les volumes pris à la crue par la gare de Créteil l'Échat, le cahier des charges élaboré par la Société du Grand Paris pour la désignation d'un promoteur prend bien en compte ce besoin, et prescrit la mise en place d'un volume dédié au 1930 $m^3$ nécessaire.


PROJET CONNEXE
GARE CRETEIL L'ECHAT
Pièce C2
Cahier des prescriptions techniques
Révision 1
Société du Grand Paris

6 - P.P.R.I.

Le val de Marne est soumis à un Plan de Prévention des Risques et d'Inondation (P.P.R.I.) applicable et approuvé par arrêté préfectoral n°2007/4410 le 12 novembre 2007.

L'opération de construction du Grand Paris Express et en particulier la réalisation de la gare enterrée Créteil l'Echat L15 se situe en zone de PPRI.

En application du P.P.R.I., du code de l'environnement et compte tenu du projet de la gare Créteil l'Echat L15, il est nécessaire de prévoir :
- un volume de compensation (de 3 000$m^3$),
- une surface de compensation.

**Extrait du cahier des charges du projet connexe de la gare de Créteil l'Echat** (Source : Société du Grand Paris)

Cette mesure pourra se traduire par la mise en place par le promoteur d'un parking souterrain à proximité immédiate de la gare permettant de libérer 3000 m3.

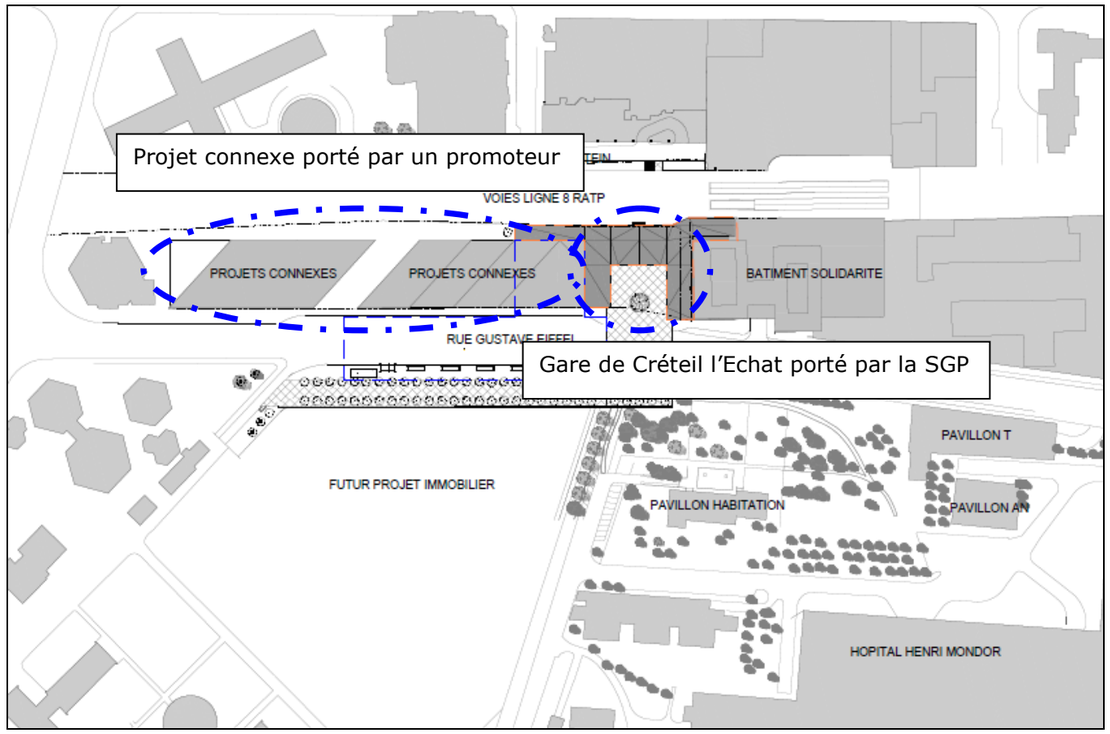



**Schéma de la gare de Créteil l'Echat et du projet connexe situé à proximité** (Source : Société du Grand Paris)

Cette mesure permettra de compenser le volume pris à la crue par l'implantation de la gare de Créteil l'Echat. Du fait du fonctionnement de la gare et de la nécessité d'assurer l'accès aux quais de la gare, il n'est pas possible d'intégrer ces volumes de compensation directement dans la boite souterraine de la gare.

Des dispositifs seront prévus dans le parking du projet connexe pour assurer l'évacuation des eaux de crue en dehors de l'ouvrage.

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait devra être totalement compensé grâce à l'aménagement du parking souterrain du projet connexe.**

### 1.3.4.12 *OA Rue du Port de Créteil*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. Toutefois, la partie proche de la Marne de l'emprise est en aléa fort. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. Toutefois, lors de la phase chantier, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,15 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 205 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 205 $m^3$. |

*a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

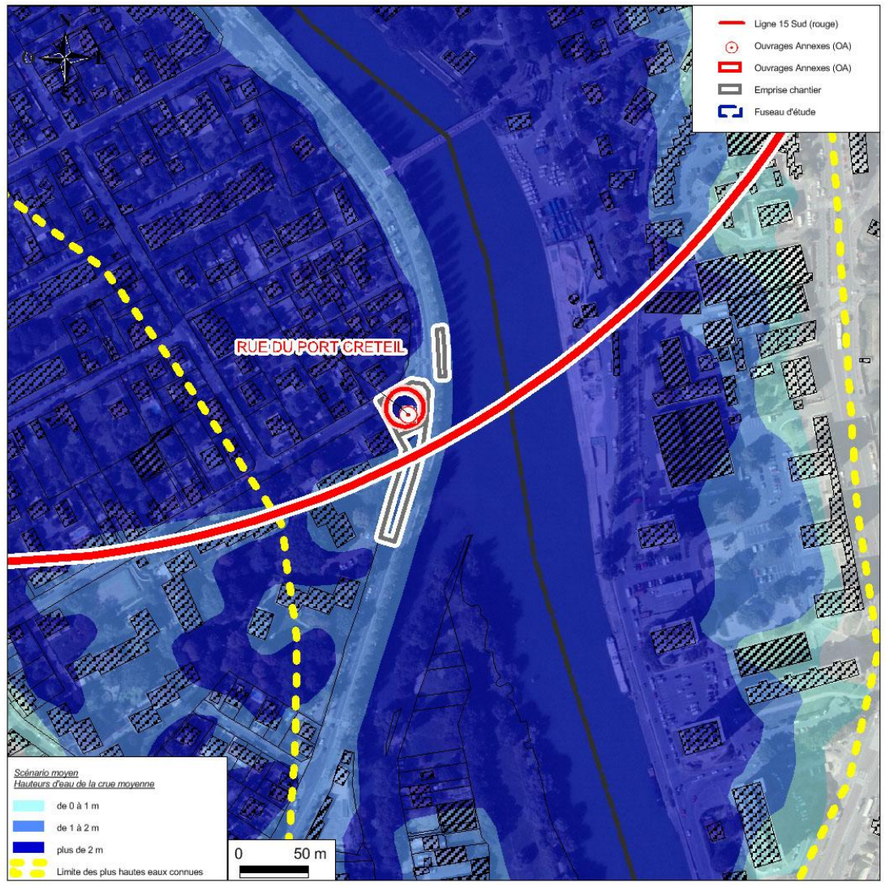
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. Toutefois, la partie proche de la Marne de l'emprise est en aléa fort.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale** (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

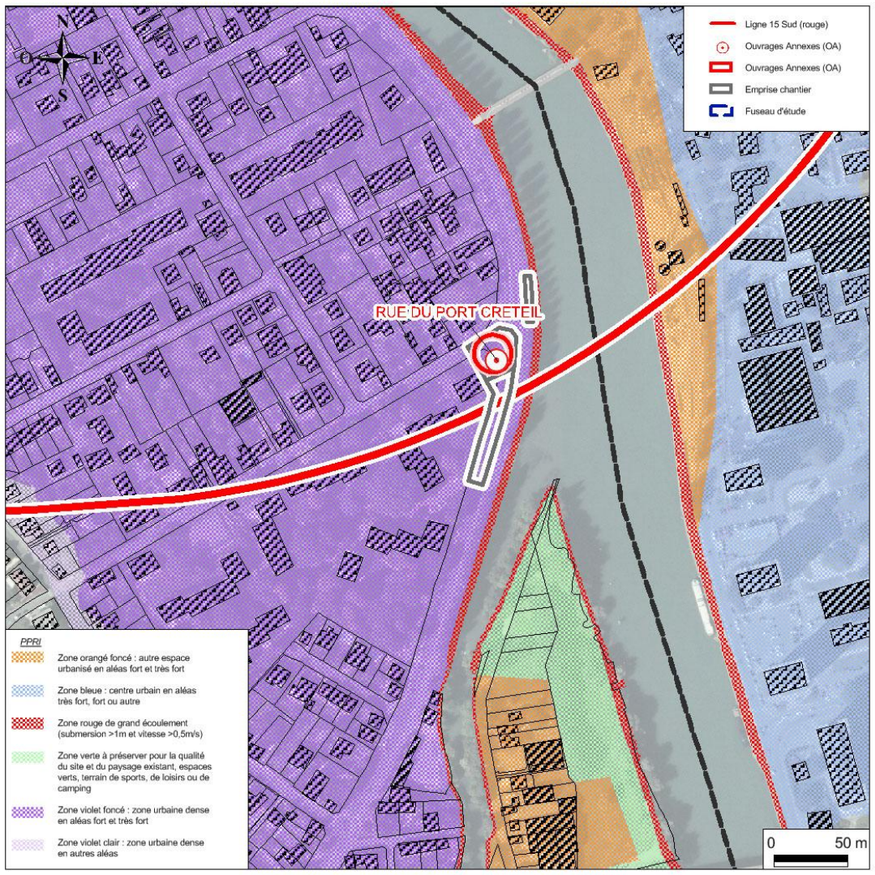
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située en zone violet foncé, correspondant à une zone urbaine dense.




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ouvrage sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 35,92 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1924 | 50 ans | < 0,01 | + 0,09 |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | + 0,15 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau n'est mesuré**. Toutefois, lors de la phase chantier, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un **impact modéré** (jusqu'à 0,15 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.




**Nota :** A la lumière des résultats précédents, il apparait que le modèle présente une sensibilité liée notamment à l'absence de cotes de références validées en aval (repères de crues physiques de type bornes IGN ou repères de crues gravées sur un pont…). Néanmoins, les résultats du modèle permettent de fournir une première évaluation pertinente des incidences sur la hauteur d'eau et la vitesse sur cette zone d'étude.

*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1924 | 50 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale. Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [34,15 ; 34,65] | 0,50 | 130 | 65 |
| 2 | [34,65 ; 35,15] | 0,50 | 130 | 65 |
| 3 | [35,15 ; 35,65] | 0,50 | 130 | 65 |
| 4 | [35,65 ; 35,72] | 0,07 | 130 | 10 |
| **TOTAL** | **[34,21 ; 35,72]** | **1,57** | **-** | **205** |

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 205 $m^3$.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29,28 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 205 $m^3$.

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.**

### 1.3.4.13 OA impasse Abbaye

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

| | | |
|---|---|---|
| **Phase chantier** | Aléa | L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone orange foncée) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Lors de la phase travaux, l'incidence sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 se traduit par un léger rehaussement très local de la ligne d'eau correspondant à un impact faible (de l'ordre de 1,5 cm) à proximité immédiate de l'ouvrage.<br>- Lors de la phase travaux, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,12 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Pas de mesures compensatoires nécessaires. |

| | | |
|---|---|---|
| **Phase exploitation** | Aléa | L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. |
| | PPRI concerné (zone(s) concernée(s)) | PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone orange foncée) |
| | Impacts en lit mineur | Aménagement hors lit mineur. |
| | Impacts en lit majeur | - Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ;<br>- Le volume soustrait à la crue est de 195 $m^3$. |
| | Mesure(s) compensatoire(s) | - Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 195 $m^3$. |

*a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>*

**Aléa inondation au droit de l'ouvrage**

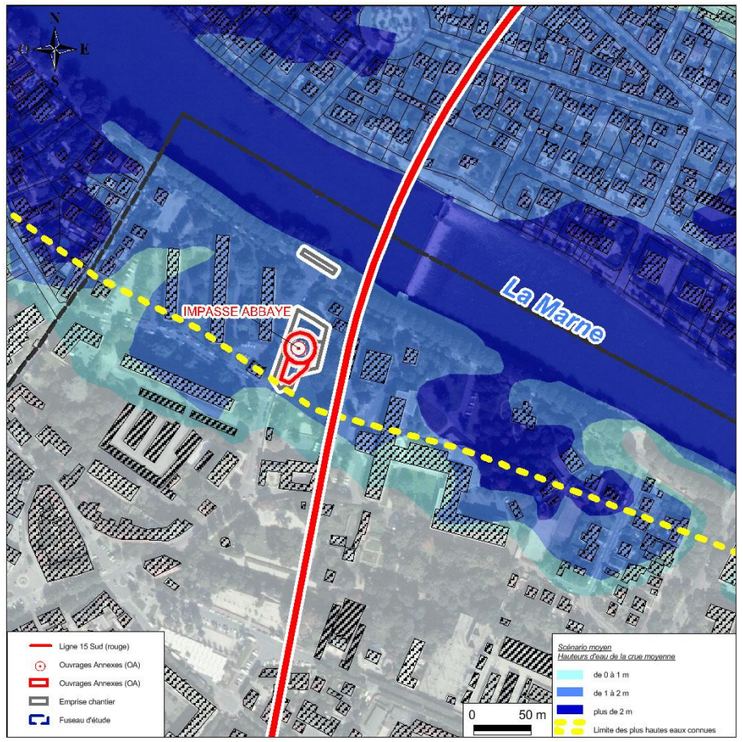
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

**L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**

**L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.**




**Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)**

**Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné**

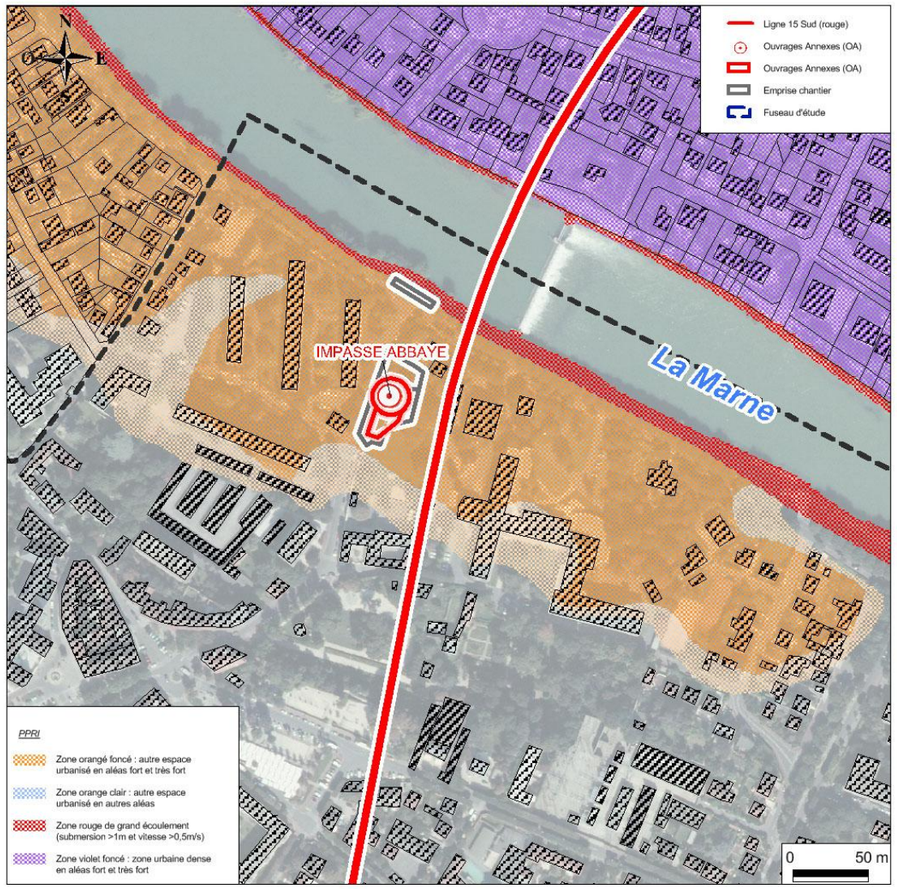
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone orange foncée « autre espace urbanisé ».




**Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)**

*b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :*

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

**A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.**

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ouvrage sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 38,13 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

*c. Phase chantier*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1924 | 50 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | + 0,015 | + 0,12 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 se traduit par un léger rehaussement très local de la ligne d'eau correspondant à un **impact faible** (de l'ordre de 1,5 cm) à proximité immédiate de l'ouvrage.

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un **impact modéré** (jusqu'à 0,12 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.




*d. Phase exploitation*

**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement**

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

| Crue | Période de retour estimée | Delta Niveau d'eau (en m) | Delta Vitesse (en m/s) |
|---|---|---|---|
| 1982 | 10 ans | NI | NI |
| 1924 | 50 ans | NI | NI |
| 1910 | 100 ans | < 0,01 | < 0,05 |

* NI : non inondable

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



**Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue**

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

| N° tranche | Intervalle altimétrique (en m NGF) | Hauteur correspondante (en m) | Surface par tranche (en m²) | Volume soustrait par tranche (en m³) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [36,71 ; 37,21] | 0,50 | 160 | 80 |
| 2 | [37,21 ; 37,71] | 0,50 | 160 | 80 |
| 3 | [37,71 ; 37,93] | 0,22 | 160 | 35 |
| **TOTAL** | **[36,71 ; 37,93]** | **1,22** | **-** | **195** |

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 195 m$^3$.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 195 m$^3$.

**Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.**

## 1.3.5 Moyens de surveillance et d'intervention

### *1.3.5.1 Diagnostics de vulnérabilité*

Des diagnostics de vulnérabilité seront réalisés par la Société du Grand Paris pour l'ensemble des ouvrages, tels que les gares, les ouvrages annexes, les puits et tunnels, situés dans les zones à risque d'inondation par débordement de la Seine et de la Marne.

Conformément aux recommandations du SDAGE, ces diagnostics intègreront :

- les enjeux humains, économiques et environnementaux ;
- la prise en compte les risques liés aux impacts du changement climatique, notamment la modification du régime hydrologique, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes, tels que définis en particulier dans les modélisations élaborées par le Groupe Intergouvernemental. d'experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) ;
- la définition d'un programme cohérent d'actions de réduction de la vulnérabilité à la parcelle, parmi elles :
    - les actions préventives structurelles, pour la mise en sécurité de manière définitive d'une partie des enjeux,
    - les actions préventives organisationnelles, pour préparer la gestion de crise,
    - les actions à réaliser pendant la montée des eaux, pour limiter les impacts des inondations,
    - les actions à réaliser après la crue, pour faciliter le retour à la normale.

Il convient de noter que la vulnérabilité d'un site au risque inondation par les crues n'est pas uniquement liée aux débordements directs de celle-ci par-dessus les berges, mais également :

- aux remontées de nappe et aux refoulements des réseaux d'assainissement, qui touchent généralement les sites situés dans le lit majeur avant même que la Seine ne sorte de son lit,
- à la vulnérabilité des services extérieurs (en particulier des fournisseurs d'énergie et des réseaux de transport) dont son fonctionnement dépend.

### *1.3.5.2 VISA sur les volumes de compensation*

Les volumes de compensation par décaissé du terrain naturel, destruction de bâtiments, vide sous bâtiment, bassin enterré ou parking inondable devront faire l'objet d'un examen de type VISA après travaux pour s'assurer du volume effectivement disponible, ceci pour chaque ouvrage.

L'examen devra également porter sur le bon fonctionnement du remplissage ainsi que la vidange des espaces dédiés à la compensation (ouverture suffisante dans les parkings ou les bassins, système de pompage ou vidange gravitaire pour l'évacuation des eaux de crue…).

### *1.3.5.3 Carnet de surveillance et d'entretien*

Pour tous les ouvrages du site, un carnet de surveillance et d'entretien des interventions sur les zones dédiées à la compensation sera tenu à jour en renseignant les champs minimum suivants :

- Date et heure de la visite,
- Personne(s) présente(s) lors de la visite (nom, qualité et coordonnées),
- Motif de l'intervention (surveillance, entretien, dysfonctionnements).

### 1.3.6 Prise en compte de la directive « inondation »

Le présent chapitre détaille les résultats de modélisation pour les crues supérieures à l'occurrence centennale pour le secteur à enjeu le plus fort, celui de la boucle de Boulogne-Billancourt dans lequel se trouve notamment le projet de la gare de Pont de Sèvres.

En effet, le fuseau d'étude est concerné par l'un des deux Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) de la région Ile-de-France, le TRI « Métropole francilienne », l'autre étant le TRI « Agglomération de Meaux » sur la Marne. Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Deux crues ont été modélisées :

- La crue d'occurrence d'environ 300 ans (crue R1.15) ;
- La crue d'occurrence millénale (crue extrême).

#### *1.3.6.1 Crue R1.15 (occurrence d'environ 300 ans)*

La crue R1.15, d'occurrence d'environ 300 ans, correspond à la crue de 1910 multiplié par un facteur de 1,15.

Comme l'illustrent les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses en lit majeur pages suivantes, cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Il s'agit des résultats de modélisation en phase exploitation.

Les ouvrages inondés par cette crue sont :

- l'OA ile de Monsieur,
- la gare de Pont de Sèvres,
- l'OA ZAC SEAM,
- l'OA Place de la Résistance.

Cette crue n'atteint pas la gare d'Issy RER.

#### *1.3.6.2 Crue extrême (crue millénale)*

Comme l'illustrent les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses en lit majeur pages suivantes, la crue millénale inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Il s'agit des résultats de modélisation en phase exploitation.

Les ouvrages inondés par cette crue sont :

- l'OA ile de Monsieur,
- la gare de Pont de Sèvres,
- l'OA ZAC SEAM,
- l'OA Place de la Résistance.

Cette crue atteint la limite de l'emprise chantier de la gare d'Issy RER.

#### *1.3.6.3 Analyse croisée des niveaux d'eau au droit des ouvrages*

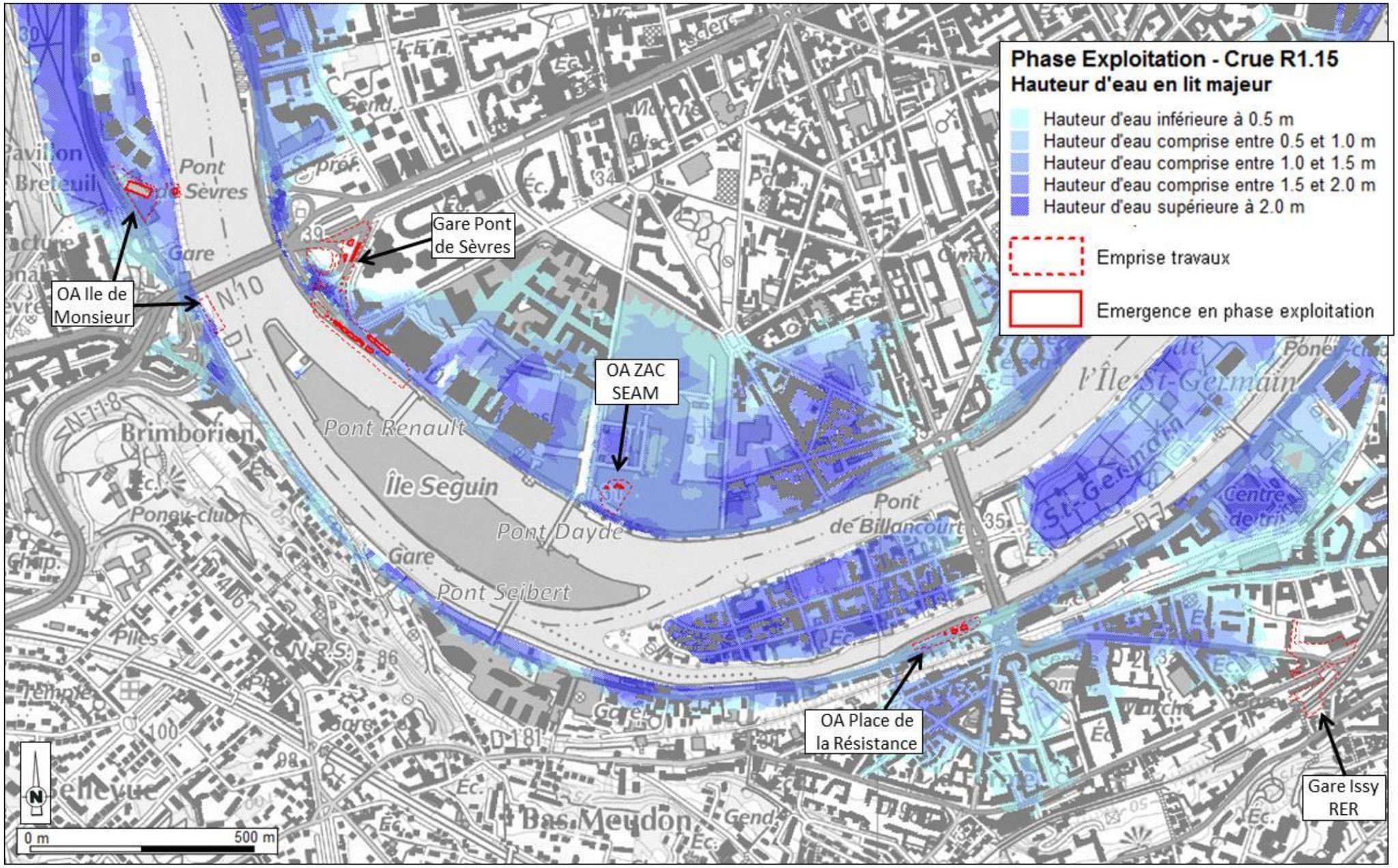
Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau modélisés pour chacune des crues au droit des ouvrages du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

Il est constaté une augmentation des niveaux d'eau de l'ordre de 50 cm de la crue centennale à la crue R1.15 et de l'ordre de 1,40 m de la crue centennale à la crue millénale.

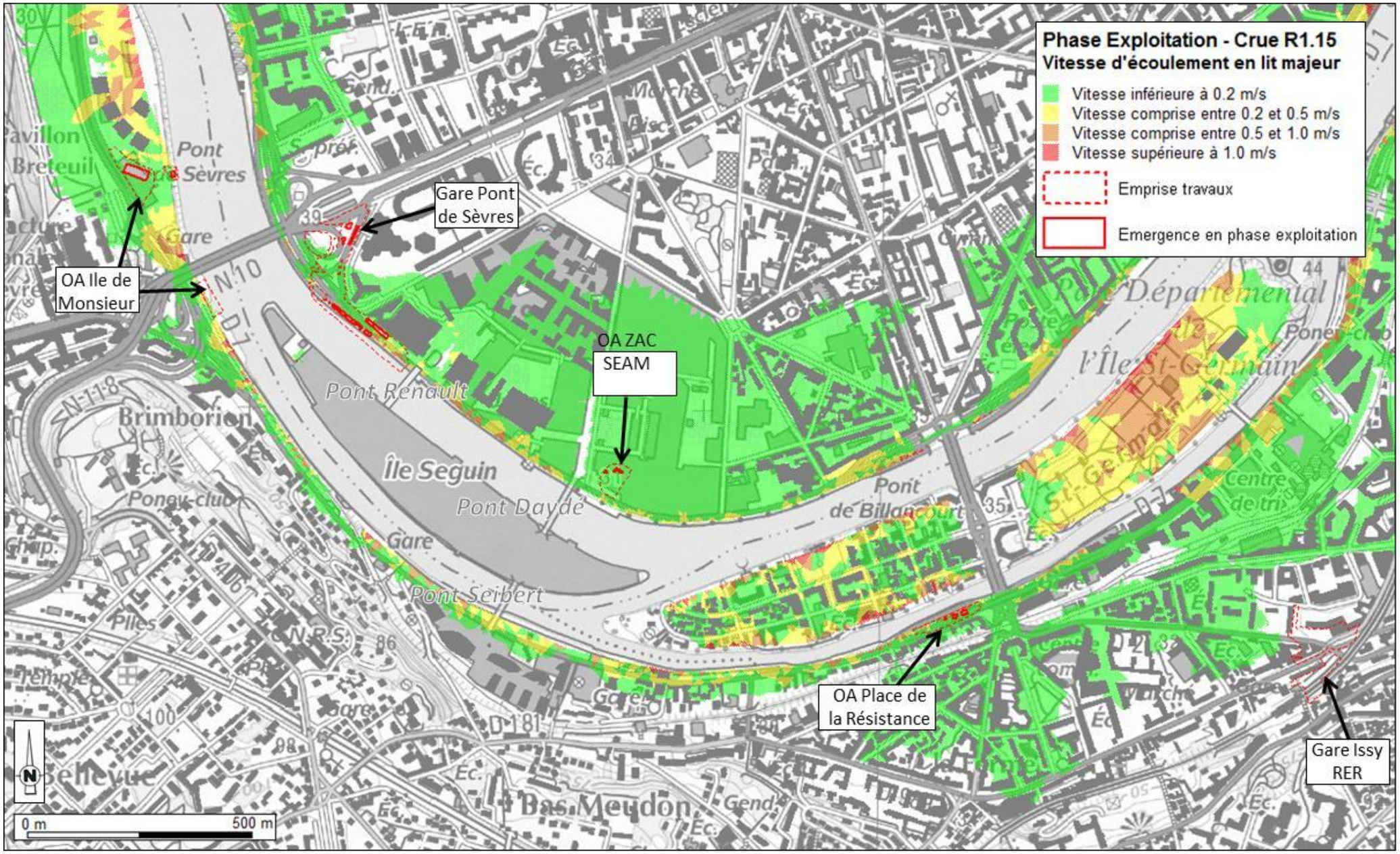
**Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages**

| Ouvrage | Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1982 | | 1955 | | Q50 | | 1910 | | R1.15 | | Q1000 | |
| 29 OA Ile de Monsieur | *30* | *29.65* | 31 | 30.47 | 32 | 30.77 | 33 | 31.40 | 34 | 31.92 | 35 | 32.83 |
| 36 Gare Pont de Sèvres | 37 | 29.73 | 38 | 30.56 | 39 | 30.85 | 40 | 31.49 | 41 | 32.03 | 42 | 32.91 |
| 43 OA ZAC SEAM | *44* | *29.83* | *45* | *30.65* | *46* | *30.96* | 47 | 31.58 | 48 | 32.13 | 49 | 33.01 |
| 50 OA Place de la Résistance | *51* | *29.95* | *52* | *30.76* | *53* | *31.06* | 54 | 31.68 | 55 | 32.27 | 56 | 33.20 |

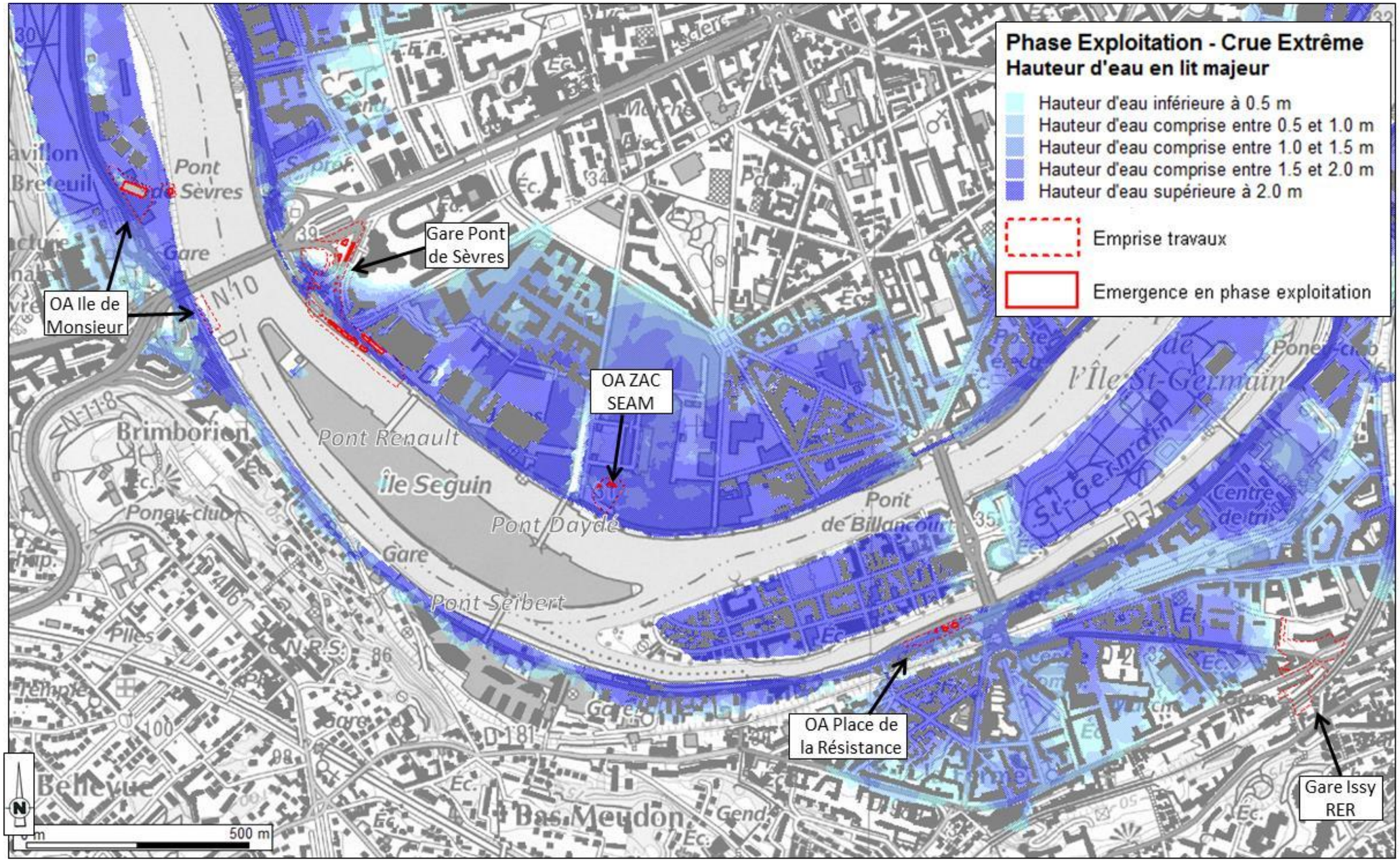
*Valeur en italique : niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non inondé lors de la crue)*



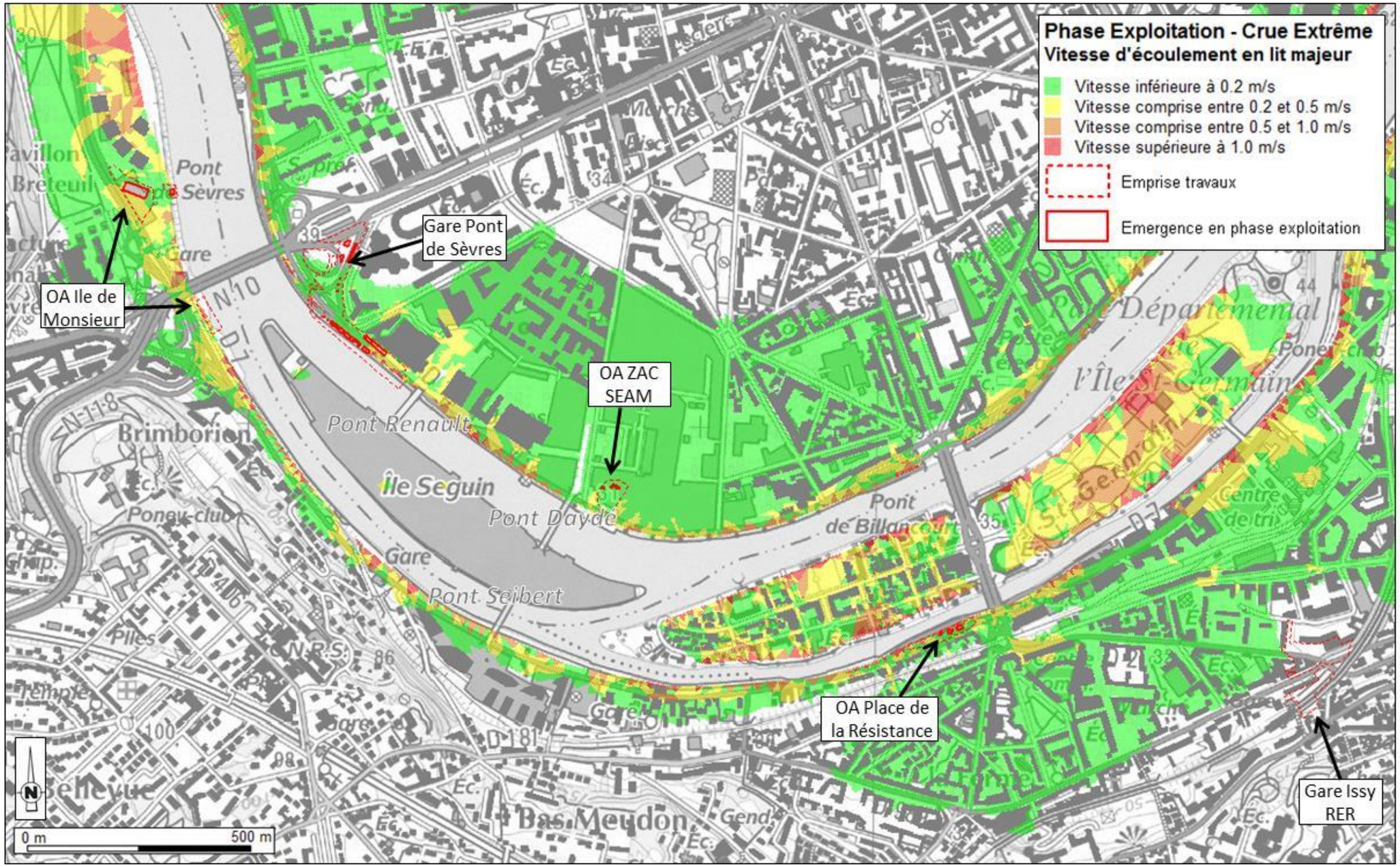

**Carte des hauteurs d'eau en phase exploitation pour la crue R1.15 (source : modélisation BURGEAP)**




**Carte des vitesses en phase exploitation pour la crue R1.15 (source : modélisation BURGEAP)**




**Carte des hauteurs d'eau en phase exploitation pour la crue extrême (source : modélisation BURGEAP)**




**Carte des vitesses en phase exploitation pour la crue extrême (source : modélisation BURGEAP)**

### 1.3.7 Compatibilité avec le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands rappelle que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant et intégrer l'ensemble des composantes suivantes : évaluation du risque, information préventive, réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales.

La prévention du risque doit systématiquement être privilégiée à la protection qui peut aggraver la situation en amont et en aval de la zone protégée et dégrader les espaces naturels.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations :

- Orientation 29 : améliorer la sensibilisation, l'information préventive et les connaissances ;
- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues ;
- Orientation 32 : limiter les impacts des ouvrages de protection contre les inondations, qui ne doivent pas accroître le risque à l'aval ;
- Orientation 33 : limiter le ruissellement en zone rurale et en zone urbaine pour réduire les risques d'inondation.

Chacune de ces orientations sont déclinées en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- **Orientation 30, disposition 133**. **« Élaborer des diagnostics de vulnérabilité dans les zones à risque d'inondation »**

  Des diagnostics de vulnérabilité seront réalisés par la Société du Grand Paris pour l'ensemble des ouvrages, tels que les gares, les ouvrages annexes, les puits et tunnels, situés dans les zones à risque d'inondation par débordement de la Seine et de la Marne. Conformément aux recommandations du SDAGE, ces diagnostics intègreront :

  - les enjeux humains, économiques et environnementaux,
  - la prise en compte les risques liés aux impacts du changement climatique, notamment la modification du régime hydrologique, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes, tels que définis en particulier dans les modélisations élaborées par le Groupe Intergouvernemental. d'experts sur l'Évolution du Climat (GIEC),
  - la définition d'un programme cohérent d'actions de réduction de la vulnérabilité à la parcelle ;

- **Orientation 30, disposition 134.** « **Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »**

  Le présent dossier précise notamment les points suivants :

  - *l'absence de solutions alternatives dans des zones voisines non exposées ou faiblement exposées au risque inondation pour la localisation des gares et ouvrages annexes en zone inondable*. Sur ce point, rappelons que la localisation des gares a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[2]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées,
  - *les dispositions pour ne pas augmenter l'endommagement potentiel par les crues des biens et des aménagements*. Sur ce point, d'une part, l'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau jusqu'à la cote de crue centennale + 20 cm. D'autre part, chaque ouvrage a fait l'objet d'une compensation systématique des volumes soustraits à la crue et a fait l'objet d'une analyse des incidences en lit mineur et lit majeur par une modélisation hydrodynamique (voir description détaillée dans chaque fiche ouvrage) ;

- **Orientation 31, disposition 139.** « **Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »**

  Bien qu'on ne puisse pas considérer, compte tenu du caractère très urbanisé du secteur du projet, que les zones actuelles d'expansion des crues sont des zones « naturelles », le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

**Révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands**

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

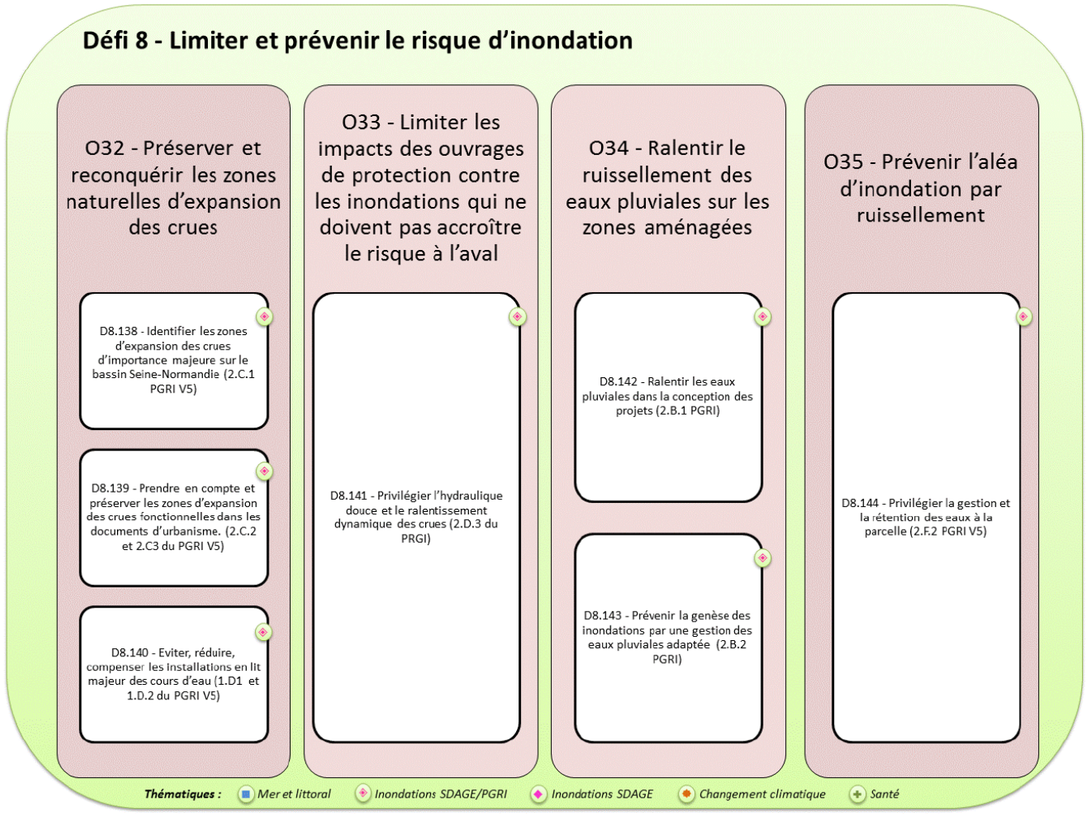
La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

---

*[2] Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.*

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.




Le projet d'infrastructure détaillé dans le présent dossier est compatible avec le SDAGE en vigueur et conforme à la réglementation en vigueur (PPRI notamment).

En fonction des dispositions qui seront *in fine* approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Éviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

*« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.*

*Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.*

*S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.*

*Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.*

*Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.*

*Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.*

*La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »*

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

### 1.3.8 Synthèse relative à la gestion du risque inondation

#### *1.3.8.1 Synthèse des impacts en phase chantier*

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, des impacts attendus pour une crue centennale. Les impacts les plus sensibles se situent en amont direct de l'estacade qui sera installée pendant la durée du chantier au droit de la gare de Pont de Sèvres. Il s'agit d'un impact faible, qui se traduit par un rehaussement de la ligne d'eau maximum de 1,2 cm. Les vitesses sont très localement en impact modéré en lit mineur et en lit majeur au droit de la gare de Pont de Sèvres et de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés à proximité directe des deux ouvrages annexes en Marne : OA rue du Port de Créteil et OA impasse Abbaye.

| Ordre | Ouvrage | Conditions d'écoulements en lit mineur | | Conditions d'écoulements en lit majeur | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Delta Niveaux d'eau (en m) | Delta Vitesses (en m/s) | Delta Niveaux d'eau (en m) | Delta Vitesses (en m/s) |
| 1 | OA Ile de Monsieur | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | + 0,18* |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | + 0,012 | + 0,23 | + 0,015 | + 0,14* |
| 3 | OA ZAC SAEM | + 0,012 | < 0,1 | + 0,01 | < 0,05 |
| 4 | OA Place de la résistance | + 0,01 | < 0,1 | + 0,01 | < 0,05 |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 7 | Gare des Ardoines | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | hors lit mineur | hors lit mineur | + 0,025 | + 0,08 |
| 10 | OA Friche Arrighi | < 0,01 | < 0,1 | < 0,01 | < 0,05 |
| 11 | OA Rue de Rome | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 13 | OA Université de Créteil | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port de Créteil | < 0,01 | < 0,1 | < 0,01 | + 0,15 |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | < 0,01 | < 0,1 | + 0,015 | + 0,12 |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

| Ordre | Ouvrage | Expansion de la crue | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Volumes soustraits | Volumes compensés | Type de compensation | Bilan |
| 1 | OA Ile de Monsieur | 2 102 $m^3$ | + 2 118 $m^3$ | Décaissé du terrain<br>Optimisation de la géométrie de la gare | - 2 790 $m^3$ |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 2 807 $m^3$ | 0 $m^3$ | | |
| 3 | OA ZAC SAEM | 203 $m^3$ | + 203 $m^3$ | Décaissé du terrain | + 0 $m^3$ |
| 4 | OA Place de la résistance | 148 $m^3$ | + 152 $m^3$ | Décaissé du terrain | + 4 $m^3$ |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | Sans objet | | | |
| 7 | Gare des Ardoines | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | | | | |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | | | | |
| 10 | OA Friche Arrighi | | | | |
| 11 | OA Rue de Rome | | | | |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | | | | |
| 13 | OA Université de Créteil | | | | |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | | | | |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | | | | |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | | | | |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| | | | |
|---|---|---|---|
| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les surfaces soustraites à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des surfaces soustraites est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

| **Ordre** | **Ouvrage** | **Expansion de la crue** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Surfaces soustraites** | **Surfaces compensés** | **Type de compensation** | **Bilan** |
| 1 | OA Ile de Monsieur | 1 560 m² | + 3 590 m³ | Décaissé du terrain<br>Optimisation de la géométrie de la gare | - 962 m² |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 2 992 m² | + 0 m² | | |
| 3 | OA ZAC SAEM | 1 450 m² | + 993 m² | Décaissé du terrain | - 457 m² |
| 4 | OA Place de la résistance | 202 m² | + 1 898 m² | Décaissé du terrain | + 1 696 m² |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | | | Volume libéré par destruction de bâtis existants | |
| 7 | Gare des Ardoines | | | | |
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | | | | |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | | | Création d'un vide sous le bâtiment | |
| 10 | OA Friche Arrighi | | | Volume libéré par destruction de bâtis existants | |
| 11 | OA Rue de Rome | | | Volume libéré par destruction de bâtis existants | |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | | | Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%)<br>Volume de compensation en parking enterré (30%) | |
| 13 | OA Université de Créteil | | | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | |
| 14 | Gare de | | | Volume de | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Créteil L'Echat | | | compensation en parking enterré | |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | | | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | | | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

### *1.3.8.2 Synthèse des impacts en phase exploitation*

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, des impacts attendus pour une crue centennale. Aucun impact significatif n'est mesuré en lit mineur sur l'ensemble des ouvrages. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés en lit majeur à proximité directe des gares Pont de Sèvres et des Ardoines, du SMI ainsi que deux ouvrages annexes, l'OA Ile de Monsieur et l'OA Place de la Résistance.

| Ordre | Ouvrage | Conditions d'écoulements en lit mineur | | Conditions d'écoulements en lit majeur | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Delta Niveaux d'eau (en m) | Delta Vitesses (en m/s) | Delta Niveaux d'eau (en m) | Delta Vitesses (en m/s) |
| 1 | OA Ile de Monsieur | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | + 0,16* |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | + 0,18 |
| 3 | OA ZAC SAEM | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | < 0,05 |
| 4 | OA Place de la résistance | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | + 0,09 |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 7 | Gare des Ardoines | hors lit mineur | hors lit mineur | + 0,015 | + 0,07 |
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | hors lit mineur | hors lit mineur | + 0,025 | + 0,09 |
| 10 | OA Friche Arrighi | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | < 0,05 |
| 11 | OA Rue de Rome | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 13 | OA Université de Créteil | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | hors lit mineur | hors lit mineur | < 0,01 | < 0,05 |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | < 0,05 |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | < 0,01 | < 0,10 | < 0,01 | < 0,05 |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

| Ordre | Ouvrage | Expansion de la crue | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Volumes soustraits | Volumes compensés | Type de compensation | Bilan |
| 1 | OA Ile de Monsieur | 40 m$^3$ | + 183 m$^3$ | Décaissé du terrain<br>Optimisation de la géométrie de la gare | 0 m$^3$ |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 143 m$^3$ | 0 m$^3$ | | |
| 3 | OA ZAC SAEM | 15 m$^3$ | + 23 m$^3$ | Décaissé du terrain | + 8 m$^3$ |
| 4 | OA Place de la résistance | 148 m$^3$ | + 152 m$^3$ | Décaissé du terrain | + 4 m$^3$ |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | 10 615 m$^3$ | + 19 714 m$^3$ | Volume libéré par destruction de bâtis existants | +0m$^3$(9099m3 pour le SMI) |
| 7 | Gare des Ardoines | | | | |
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | | | | |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | 7 985 m$^3$ | + 9 099 m$^3$ démolitions Ardoines | Création d'un vide sous le bâtiment | + 1 114 m$^3$ |
| 10 | OA Friche Arrighi | 0 m$^3$ | + 0 m$^3$ | Volume libéré par destruction de bâtis existants | + 60 m$^3$ |
| 11 | OA Rue de Rome | 425 m$^3$ | + 510 m$^3$ | Volume libéré par destruction de bâtis existants | + 85 m$^3$ |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | 7 445 m$^3$ | + 5 355 m$^3$<br>+ 2 090 m$^3$ | Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%)<br>Volume de compensation en parking enterré (30%) | 0 m$^3$ |
| 13 | OA Université de Créteil | 230 m$^3$ | 230 m$^3$ | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 m$^3$ |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | 1 930 m$^3$ | 1 930 m$^3$ | Volume de compensation en parking enterré | 0 m$^3$ |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | 205 m$^3$ | 205 m$^3$ | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 m$^3$ |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | 195 m$^3$ | 195 m$^3$ | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 m$^3$ |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les surfaces soustraites à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des surfaces soustraites est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

| Ordre | Ouvrage | Expansion de la crue | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Surfaces soustraites | Surfaces compensés | Type de compensation | Bilan |
| 1 | OA Ile de Monsieur | 30 m² | + 714 m³ | Décaissé du terrain<br>Optimisation de la géométrie de la gare | + 89 m² |
| 2 | Gare du Pont de Sèvres | 595 m² | + 0 m² | | |
| 3 | OA ZAC SAEM | 105 m² | + 2 340 m² | Décaissé du terrain | + 2 235 m² |
| 4 | OA Place de la résistance | 202 m² | + 1 898 m² | Décaissé du terrain | + 1 696 m² |
| 5 | Gare d'Issy RER | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 6 | OA Centre technique municipal | 5 080 m² | - | Volume libéré par destruction de bâtis existants | - 5 080 m² |
| 7 | Gare des Ardoines | | | | |
| 8 | OA Rue Gabriel Peri | | | | |
| 9 | SMI de Vitry-sur-Seine | 0 m² | 12 500 m² | Création d'un vide sous le bâtiment | + 12 500 m² |
| 10 | OA Friche Arrighi | - | - | Volume libéré par destruction de bâtis existants | - |
| 11 | OA Rue de Rome | 130 m² | 145 m² | Volume libéré par destruction de bâtis existants | + 15 m² |
| 12 | Gare de Vert de Maisons | 2 460 m² | 1 750 m² | Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%) | - 710 m² |
| 13 | OA Université de Créteil | 180 m² | 180 m² | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 |
| 14 | Gare de Créteil L'Echat | 2 590 m² | 0 | Volume de compensation en parking enterré | - 2 590 m² |
| 15 | OA Stade F. Desmond | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 16 | OA Avenue Ceinture | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 17 | OA Rue du Port Créteil | 130 m² | 130 m² | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 |
| 18 | Gare de Saint-Maur Créteil | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |
| 19 | OA impasse Abbaye | 160 m² | 160 m² | Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation | 0 |
| 20 | Gare de Champigny Centre | Ouvrage non concerné par la crue centennale | | | |

(*) maxima pour la crue T=50 ans

| Impact non significatif | Impact faible | Impact modéré | Impact fort |
|---|---|---|---|

**Impacts et mesures d'accompagnement – Eaux superficielles et gestion du risque inondation**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur compris entre l'Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER | OA Ile de Monsieur : inscrit en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine<br>Impact significatif en phase chantier - Impact résiduel faible en phase d'exploitation | **<u>PHASE CHANTIER</u>**<br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Respect des préconisations réglementaires du PPRI<br>Mise en place d'un Plan de Secours en cas de crue de la Seine ou de la Marne<br>**Mesures de suivi**<br>Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant<br><br>**<u>PHASE EXPLOITATION</u>**<br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Mise en œuvre de dispositifs étanches d'obturation en cas d'implantation des ouvrages sous les côtes d'inondation sur le secteur de Pont de Sèvres<br>Inondabilité des excavations au niveau de Vitry et de la boucle de la Marne<br>**Mesures de compensation**<br>Restitution des volumes pris à la crue dans les zones d'expansion<br>Restitution des surfaces prises à la crue dans les zones d'expansion (par tranches altimétriques)<br>**Mesures de suivi**<br>Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant |
| | | Gare de Pont de Sèvres : inscrite en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine<br>Impact significatif en phase chantier – Impact significatif en phase d'exploitation. | |
| | | OA ZAC ZAEM : impact potentiellement modéré à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière en phase travaux (stockage de déblais en zone inondable) | |
| | | OA Place de la Résistance : impact résiduel faible en phase exploitation à l'échelle du lit majeur de la Seine | |
| | Le lit mineur est impacté par le projet entre l'Ile de Monsieur et la gare de Pont de Sèvre en phase chantier | OA Ile de Monsieur : mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine - régénération des poteaux d'amarrage et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage<br>Impact faible en phase exploitation | |
| | | Gare de Pont de Sèvres : la gare est construite en partie dans le lit mineur de la Seine. Pour la construction de la gare, une estacade au-dessus de la Seine est prévue pour supporter une voie de déviation du trafic routier<br>Impact modéré en phase exploitation | |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Créteil, Saint-Maur-des Fossés et Champigny-sur-Marne | OA Centre Technique Municipal : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>Gare Les Ardoines : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Rue Gabriel Péri : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>SMI Vitry : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Friche Arrighi : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Rue de Rome : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>Gare de Vert de Maisons : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Université Créteil : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| | | OA Créteil L'Echat : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Rue du Port : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>OA Impasse Abbaye : en zone Orange PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation<br>Impact potentiellement modéré en phase travaux à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière (stockage de déblais en zone inondable) | |
| | | Gare des Agnettes et des Grésillons<br>Impact potentiellement modéré en phase exploitation à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière | |
| | Le lit mineur est impacté par le projet au niveau de la Friche Arrighi en phase chantier. | OA Friche Arrighi : Mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine : régénération des Ducs d'Albe et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage.<br>Impact faible en phase exploitation | |

*Légende :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Enjeu Faible* | *Enjeu Modéré* | *Enjeu Fort* |
| *Pas d'impact* | *Impact Faible* | *Impact Modéré* | *Impact Fort* |

## 1.4 Eaux superficielles - Gestion des eaux pluviales

### 1.4.1 Ouvrages concernés et principes généraux

L'analyse de l'état initial a montré que, pour le territoire desservi par la Ligne 15sud, la problématique de la gestion des eaux pluviales est un enjeu significatif localisé à cause de la très forte urbanisation et de l'existence de secteurs à pentes fortes.

Les gestionnaires de réseau collectant les eaux pluviales, que ce soit du réseau unitaire ou du réseau séparatif, sont confrontés à des problèmes de fonctionnement de ces réseaux engendrant des débordements localisés et des nuisances associées.

Ils ont donc établi des prescriptions de débit et de qualité de rejet au réseau.

La Ligne 15 Sud est, en fait, composée d'une suite de 56 émergences ponctuelles réparties sur les 33 km de la ligne. Ces émergences ont des caractéristiques différentes selon la nature des ouvrages et le stade d'avancement du projet (phase travaux / phase exploitation).

La gestion des eaux pluviales du projet est donc organisée à l'échelle de l'ouvrage et de son emprise sur la base de principes généraux applicables à l'ensemble des ouvrages concernés.

Le présent chapitre donne les éléments généraux de la gestion des eaux pluviales applicables à tous les ouvrages et précise les méthodes de calcul et les types de traitement utilisés.

#### *1.4.1.1 Ouvrages concernés*

La gestion des eaux pluviales sur la Ligne 15 Sud concerne toutes les émergences du projet, à savoir celles :

- des 16 gares ;
- des 38 ouvrages annexes ;
- de 2 sites de maintenance ;
- de 8 puits d'attaque de tunnelier (les puits d'attaque de tunnelier n'existent qu'en phase travaux.et deviennent, soit des gares, soit des ouvrages annexes en phase exploitation pour laquelle ils ont intégrés aux chiffres ci-dessus).

Les ouvrages sont décrits d'ouest en est dans l'ordre suivant : gare, ouvrages annexes, sites de maintenances et puits d'attaque de tunnelier.

#### *1.4.1.2 Rappel du cadre règlementaire*

Les eaux pluviales ruisselant sur chaque site peuvent être gérées de trois manières différentes. Elles peuvent soit :

- être infiltrées dans le sous-sol : l'infiltration n'est possible que si la perméabilité du sol est suffisante et l'apport d'eau dans le sous-sol n'est pas susceptible de créer des désordres,
- rejoindre directement le milieu naturel (cours d'eau) : cette solution n'est envisageable que pour les ouvrages situés à proximité immédiate des cours d'eau,
- rejoindre le réseau public d'assainissement des eaux pluviales (séparatif ou unitaire).

Les conditions de rejet au réseau sont fixées par les départements des Hauts-de-Seine (CG 92) et du Val-de-Marne (CG 94), ou par les communes, selon les réseaux disponibles au niveau des différents sites.

Il s'agit notamment :

- des débits de fuite admissibles pour le volet quantitatif,
- et des exigences en terme de pollution en MES et hydrocarbures pour le volet qualitatif.

#### *1.4.1.3 Stratégie générale de gestion quantitative des eaux pluviales*

*a. <u>Choix du mode de rejet des eaux pluviales</u>*

Les modes de rejet reposant sur l'infiltration et le rejet au cours d'eau sont fortement contraints dans le territoire desservi par la Ligne 15 Sud.

Le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands, dans le cadre de la politique de lutte contre les inondations et de maîtrise des ruissellements, préconise de privilégier l'infiltration par rapport au rejet au cours d'eau ou au réseau, le but étant de favoriser l'alimentation de la ressource en eau souterraine.

Il préconise également, dans un second temps, de privilégier le rejet au cours d'eau par rapport au rejet au réseau, le but étant d'alimenter la ressource en eau superficielle et de fournir aux cours d'eau une alimentation en eau suffisante pour l'atteinte du bon état écologique.

Les éléments ci-dessous font une revue générale de chaque type de rejet en présentant les contraintes générales existant dans le territoire desservi. Ils sont complétés par une analyse au niveau de chaque ouvrage.

En ce qui concerne **l'infiltration**, le sous-sol du territoire est globalement défavorable à l'infiltration pour les raisons suivantes :

- Existence de risques liés à la géologie (voir le chapitre correspondant) :
  - **Présence de gypse** dans le sous-sol : la dissolution du gypse, que l'infiltration est susceptible de provoquer ou d'aggraver, peut provoquer la déstabilisation des terrains en place. Les nombreux sondages réalisés par la SGP lors des missions G11 et G12 ont montré une imprégnation significative de gypse des terrains de type Calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp, Marnes et Caillasses et Calcaire grossier sous forme de fins nodules. **La zone concernée s'étend de la gare d'Issy RER (exclue) à la gare de Saint-Maur-Créteil (exclue).**
  - **Présence d'ancienne carrières souterraines** : les parois des anciennes carrières, lorsqu'elles sont composées de calcaire ou de gypse, sont sensibles à la dissolution du gypse ou du calcaire. Cette dissolution que l'infiltration est susceptible de

provoquer ou d'aggraver, peut provoquer l'affaissement, voire l'effondrement de ces parois. Ces mêmes sondages, associés aux données de l'IGC, ont montré la présence d'anciennes carrières, remblayées ou non. Les carrières de calcaire grossier du secteur situé entre Issy RER et Vitry centre sont hors d'eau actuellement. Elles sont d'autant plus sensibles à une augmentation des circulations d'eaux souterraines. **La zone concernée s'étend de la gare d'Issy RER (exclue) à la gare de Vitry centre (exclue), autour de la gare de Créteil l'Echat et autour de la gare de Champigny Centre.**

- Existence de risques liés à la **pollution du sous-sol et/ou des nappes souterraines** (voir le chapitre correspondant) : les études réalisées par la SGP ne sont pas terminées (celles réalisées par IDDEA en particulier). Cependant, des zones polluées apparaissent déjà dans les données issues de la banque ADES et dans les données issues de porteurs de projet en contact avec la SGP. Ces zones polluées concernent principalement les premiers mètres du sous sol, qui sont aussi ceux qui sont concernés en priorité par l'infiltration. **La zone connue s'étend de la gare de Pont-de-Sèvres à la gare de Issy RER, autour des gares de Bagneux et Arcueil Cachan, et entre la gare de Vitry centre et la Friche Arrighi.**

- Existence de **remblais de nature inconnue** : les sondages précités ont également montré que, sur la quasi-totalité du tracé, les émergences sont situées dans des zones remblayées sur une épaisseur plus ou moins grande, mais dépassant en général 1,50 m. La nature et les caractéristiques géotechniques de ces remblais ne sont pas connues en dehors des analyses ponctuelles au droit des sondages faites lors des campagnes menées par la SGP. Ces remblais sont, certes, soumis à la pluviométrie locale lorsque les terrains ne sont pas imperméabilisés. **Leur comportement vis-à-vis d'un apport d'eau de type rejet, résultant de la concentration en un point (éventuellement deux ou trois) des ruissellements des surfaces collectées n'est pas connu : l'infiltration dans les remblais est susceptible de :**

    - **Créer des zones de dissolution accélérée de remblai en calcaire ou en craie, donc de créer des zones propices aux tassements différentiels,**

    - **Créer des circulations souterraines d'eau au sein de la masse de remblai n'existant pas actuellement.**

En ce qui concerne **le rejet au cours d'eau**, seuls quelques ouvrages sont situés à proximité immédiate de la Seine ou de la Marne, seuls cours d'eau du territoire traversé par la Ligne 15 Sud susceptibles de recevoir ce type de rejet. La Bièvre, au droit du fuseau de la Ligne15sud, se présente sous forme de collecteur intégré au réseau d'assainissement.

Ces ouvrages sont situés principalement entre l'OA de l'Ile-de-Monsieur (Sèvres-92) et l'OA de la Place de la Résistance (Issy les Moulineaux – 92) et au bord de la Marne.

Pour la quasi-totalité de ces ouvrages, la proximité de la Seine n'est que géographique : l'emprise chantier est séparée de la Seine par une voirie qui n'y figure pas. La mise en place d'un tel rejet supposerait la mise en place d'une conduite sous cette voirie et d'un aménagement de berge pour la sortie de la canalisation (système anti érosif). Par ailleurs, la voirie en question héberge en sous sol le réseau d'eaux pluviales ou le réseau unitaire. Ce rejet aurait donc des impacts supplémentaires sur la Seine, en particulier sur les problématiques de frayères, nettement plus significatifs que ceux liés à la qulité de l'eau.

**C'est pourquoi, le rejet au réseau de collecte des eaux pluviales est le mode de rejet privilégié, l'infiltration étant utilisée selon les possibilités principalement au niveau des ouvrages annexes.**

Les principes retenus concernant le rejet des eaux de ruissellement sur les aménagements de surface sont les suivants :

- lorsque la surface imperméabilisée est constituée d'espaces publics occupés temporairement, donc restitués à l'identique, les principes préexistants sont maintenus, avec rejet direct au réseau d'assainissement,

- dès lors que la surface imperméabilisée est augmentée, les exigences de l'exploitant du réseau concerné sont prises en compte.

REMARQUE IMPORTANTE : Les gestionnaires de réseau concernés ont été contactés par la Société du Grand Paris. La démarche de définition des conditions précises de rejet a été entamée. Cette démarche doit être poursuivie jusqu'à la conclusion des conventions de rejet. Les documents issus de ces démarches matérialisant le cheminement vers la convention de rejetfigureront dans la partie spécifique du dossier Loi sur l'eau en annexe du présent dossier.

### *b. Gestion en phase chantier*

Le mode général de gestion des eaux pluviales décrit ici s'applique à tous les ouvrages. En effet, pour chaque ouvrage, une base chantier est mise en œuvre et le chantier occupe une emprise composée de sols tassés (circulation des engins), de l'excavation de l'ouvrage et d'emplacements de stockages divers.

**Point important :** pour les gares, compte tenu de l'importance des ouvrages à construire, l'organisation de l'emprise chantier évolue au fur et à mesure du déroulement du chantier en fonction du processus de construction spécifique à la gare. Les caractéristiques hydrologiques des sols de l'emprise sont donc susceptibles d'évoluer au cours du temps. **La situation analysée pour chaque gare est la situation la plus pénalisante du processus de construction : emprise la plus grande en termes de surface brute et coefficient moyen le plus élevé, conduisant à la surface active la plus grande.**

Lors de cette phase dédiée aux travaux, les eaux pluviales sont également gérées. Elles sont collectées en surface et rassemblées dans une bâche de rétention, ou ouvrage assurant la même fonction, permettant la régulation avant rejet au réseau.

**Le plus souvent, les sols du chantier sont moins imperméables que ceux de l'état initial. Il existe donc, en phase chantier, une infiltration des eaux pluviales plus importante qu'à l'état initial. En relation avec les exigences du SDAGE, la part de l'infiltration en phase chantier est donc augmentée.**

Dans certains cas, un petit réseau local est mis en place et elles sont collectées via des avaloirs et/ou bouches d'engouffrement qui seront créés pour le besoin de la phase chantier et qui pourront dans certains cas servir pour la phase exploitation.

Elles sont ensuite envoyées dans une bâche de rétention provisoire régulée sur la base des débits de fuite admissibles par le réseau dans lequel elles se rejettent (cf chapitre concernant le Cadre Règlementaire).

Dans le cas où l'organisation du chantier nécessite de déplacer des réseaux d'assainissements existants et donc de déplacer potentiellement l'exutoire des rejets des ouvrages de rétention, des plans sont établis pour permettre l'identification des réseaux provisoires et/ou des nouveaux réseaux mis en place lors de la phase chantier. Le déplacement des réseaux, donc des exutoires, est également susceptible d'engendrer le déplacement des ouvrages associés, et des ouvrages de traitement.

A l'issue de cette phase, l'ouvrage de rétention provisoire sera démonté et retiré du site lorsque l'imperméabilisation en phase exploitation est identique ou inférieure à celle de l'état initiale. Dans le cas inverse, un ouvrage de rétention définitif sera créé.

Les zones de stockage de carburant, de dépôt et d'entretien des engins seront équipées de bâches étanches pour éviter un contact direct entre les sources de pollution et le milieu naturel. Elles permettront de faciliter la récupération des pollutions accidentelles.

*c. Au niveau des gares, en phase d'exploitation*

Les eaux pluviales des ouvrages « gare »sont gérées de deux manières légèrement différentes.

**Concernant le premier mode de gestion :**

- les eaux issues des toitures sont envoyées dans des cuves spécifiques jouant le rôle d'ouvrage de rétention, elles mêmes connectées au réseau d'eaux pluviales, constituant de ce fait un point de rejet à part,

- les eaux issues des parvis publics extérieurs sont envoyées directement dans le réseau d'assainissement public si la surface imperméabilisée est rendue à l'identique.

  Dans le cas contraire, les eaux seront régulées avant rejet dans le réseau.

**Concernant le deuxième mode de gestion :**

Les eaux issues des toitures sont gérées de manière commune avec celles des parvis publics extérieurs. Elles sont envoyées dans le réseau public d'assainissement après régulation.

*d. Au niveau des ouvrages annexes, en phase d'exploitation*

De manière générale, aucune émergence au-dessus du niveau du terrain naturel n'est prévue pour les ouvrages annexes sauf cas en zone PPRI. La partie sommitale des ouvrages est positionnée en sub-surface pour ne pas être visible, à l'exception des émergences nécessaires pour leur fonctionnement, à savoir :

- la ou les grilles de ventilation,

- la ou les trappes d'accès des secours et du personnel et les trappes pour la manutention des matériels.

Les grille et trappes sont regroupées sur un espace imperméabilisé entouré, soit d'un espace vert, soit d'un espace imperméabilisé.

Les eaux pluviales sont gérées de la manière suivante :

- celles tombant sur la grille vont entrer dans l'ouvrage et suivre les eaux d'infiltration dans les ouvrages issues des eaux souterraines en phase d'exploitation,

- celles issues de la surface imperméabilisée sont infiltrées dans l'espace vert lorsqu'il y en a un, sinon elles seront envoyées vers le réseau d'eaux pluviales.

*e. Présence de bassin versant en amont des emprises*

Dans la très grande majorité des cas, il n'y a pas d'apport d'eaux pluviales de bassins versant amont. En effet, soit les emprises correspondent à des ilots urbains entourés de rues desservies par le réseau d'eaux pluviales, soit elles correspondent à des portions d'ilots et/ou des portions de voiries desservis par les réseaux.

**La présence d'un bassin versant amont n'est avérée que sur quatre ouvrages.**

### *1.4.1.4 Stratégie générale de gestion qualitative des eaux pluviales*

La pollution des eaux pluviales concerne principalement la phase travaux, où les sols sont dénudés par les terrassements et où le stockage de produits polluants existe.

En phase d'exploitation, à l'exception des sites de maintenance, les émergences des ouvrages sont :

- des toitures de gare : ces eaux de toiture ne sont pas considérées comme polluées et ne nécessitent donc pas de traitement lorsqu'elles sont séparées.

- des espaces imperméabilisés (parvis, espaces sommitaux d'ouvrages annexes) : les espaces occupés de façon définitive par les ouvrages associés au Grand Paris Express sont exclusivement dans des zones de circulation piétonne. La pollution des eaux pluviales est donc très majoritairement composée de Matières en Suspension (MES) ou d'éléments associés au MES.

**Les ouvrages de traitement décrits ci-dessous ne sont pas mis en œuvre en phase d'exploitation**, sauf quand les volume de rétention sont importants. Il est alors facile de gérer la surface nécessaire à la décantation.

En phase d'exploitation, les ouvrages de rétention, quand il y en a, sont équipés de regards à cloison siphoïde munis de fosse de décantation. Ce type d'ouvrage, positionné en amont du bassin de rétention, est très performant dans la rétention des flottants et dans la décantation des particules lessivées.

*a. Impacts et mesures liés aux pollutions chroniques des eaux pluviales, en phase travaux*

**La phase de travaux** est susceptible d'engendrer des pollutions occasionnelles des ressources en eau souterraines et superficielles, d'origine mécanique ou chimique liées :

- aux installations de chantier ou aux zones de stockages des carburants, des granulats et des déchets à l'origine de fuites ;

- à la circulation des engins (huiles, hydrocarbures) et en particulier aux aires de stationnement et d'entretien ;

- aux rejets de matières en suspension (MES) entraînées par ruissellement des eaux de pluie sur les matériaux récemment mobilisés, notamment lors des travaux de terrassement.

Cette pollution chronique est principalement caractérisée par les paramètres Matières En Suspension (MES) et Hydrocarbures Totaux (HCT) ou Demande Chimique en Oxygène (DCO).

Les études récentes en matières de gestion des eaux pluviales de chantier montrent que l'élimination des MES permet d'éliminer une très grande partie des pollutions de tous types (plus de 90 %), en particulier les hydrocarbures et les métaux lourds. En effet, les pollutions de type routier sont en quasi-totalité, soit particulaires et contribuent directement à la concentration en MES, soit liées aux particules sous différentes formes, donc éliminées avec ces particules.

Ces mêmes études montrent que les concentrations en polluants présentent de fortes variations :

- lorsqu'une pluie tombe sur un sol sec ou légèrement humide, la première eau de ruissellement opère un lessivage de la surface du sol,

- cette première eau est donc très chargée en polluants car elle entraine les particules stockées pendant la période de temps sec : les études estiment le pic de concentration en polluant pour une pluie d'environ 10 minutes,

- les eaux de ruissellement suivantes coulent sur une surface nettoyée des polluants existant au début de la pluie : elles ne transportent que des polluants nouvellement arrivés (roues de camion par exemple) ou arrachés à la surface du sol, si les conditions d'écoulement le permettent. Les concentrations en polluant sont nettement inférieures à celles de la première eau.

- Ce raisonnement peut aussi s'appliquer à la période de retour des pluies : les pluies les plus fréquentes, dont la période de retour est faible, de un à cinq ans, sont celles qui lessivent le plus souvent les sols et, sont donc les plus polluées. Les pluies dont la période de retour est plus longue (dix ans ou plus) lessivent les sols moins souvent et engendrent des volumes ruisselés plus importants. Leur concentration en polluant est donc plus faible.

Le principe de traitement des eaux pluviales repose donc sur la décantation et sur les éléments suivants :

- les eaux collectées seront décantées dans des bassins de rétention/décantation lorsque le site le permet (la surface nécessaire est suffisante), le taux d'abattement facilement accessible de ces ouvrages, base de leur dimensionnement, est de l'ordre de 85 % sur les MES,

- les eaux seront décantées dans des décanteurs lamellaires, dispositifs fonctionnant sur un espace réduit, si l'abattement dans les simples bassins de rétention/décantation n'est pas suffisant, ou si la place manque pour installer un bassin de décantation. Pour obtenir un taux d'abattement de 85%, la vitesse de chute des particules (ou vitesse de Hazen – grandeur dimensionnante avec la surface des lamelles) idéale est comprise entre 0.5 m/h et 1 m/h,

- les eaux seront envoyées dans des filtres à sable si l'abattement de la pollution par les décanteurs lamellaires est insuffisant. Le taux d'abattement pour les filtres à sable est de 90 %.

Le principe de traitement des eaux pluviales repose donc sur la décantation et sur les éléments suivants :

- les eaux collectées seront décantées dans des bassins de rétention/décantation lorsque le site le permet (la surface nécessaire est suffisante), le taux d'abattement facilement accessible de ces ouvrages, base de leur dimensionnement, est de l'ordre de 85 % sur les MES,

- les eaux seront décantées dans des décanteurs lamellaires, dispositifs fonctionnant sur un espace réduit, si l'abattement dans les simples bassins de rétention/décantation n'est pas suffisant, ou si la place manque pour installer un bassin de décantation. Pour obtenir un taux d'abattement de 85%, la vitesse de chute des particules (ou vitesse de Hazen – grandeur dimensionnante avec la surface des lamelles) idéale est comprise entre 0.5 m/h et 1 m/h,

- les eaux seront envoyées dans des filtres à sable si l'abattement de la pollution par les décanteurs lamellaires est insuffisant. Le taux d'abattement pour les filtres à sable est de 90 %.

En pratique, **la concentration en MES de 100 mg/l en sortie de traitement sera recherchée avant rejet au réseau**. Cette concentration permet de répondre aux exigences des gestionnaires de réseau concernés sur le territoire desservi pas la Ligne 15 Sud.

Le tableau ci-dessous présente les exigences du Conseil départemental du Val de Marne pour les rejets au réseau.

| | | **REJET RESEAU EP** (Eaux Pluviales) | **REJET RESEAU EU ou UN** (Eaux Usées ou Unitaires) |
|---|---|---|---|
| | | NB = eaux superficielles | NB : raccordé à une station d'épuration collective) |
| **PARAMETRE** | **SYMBOLE** | **VALEUR LIMITE (en mg/l)** | **VALEUR LIMITE (en mg/l)** |
| Température | T | 30 °C | 30 °C |
| Potentiel Hydrogène | pH | 5,5 à 8,5<br>5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline | 5,5 à 8,5<br>5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline |
| Matières En Suspension | MES | si flux en MES < 100 kg/j = 100<br>si flux en MES > 100 kg/j = 35 | 600 |
| Demande Biochimique en Oxygène | $DBO_5$ | si flux en DBO < 30 kg/j = 100<br>si flux en DBO > 30 kg/j = 30 | 800 |
| Demande Chimique en Oxygène | DCO | si flux en DCO < 100 kg/j = 300<br>si flux en DCO > 100 kg/j = 125 | 2000 |
| Azote Global | NGL | 30 | 150 |
| Phosphore Total | PT | 10 | 50 |
| Sulfates | SO4 | 400 | 400 |
| Hydrocarbures Totaux | HCT | 5 | 10 |
| Indice phénols | | 0,3 | 0,3 |
| Aluminium + fer et composés | Al + Fe | 5 | 5 |
| Cuivre et composés | Cu | 0,5 | 0,5 |
| Zinc et composés | Zn | 2 | 2 |
| Chrome hexavalent | Cr VI | 0,1 | 0,1 |
| Chrome total | Cr | 0,5 | 0,5 |
| Plomb et composés | Pb | 0,5 | 0,5 |
| Etain et composés | Sn | 2 | 2 |
| Nickel et composés | Ni | 0,5 | 0,5 |
| Mercure et composés | Hg | 0,05 | 0,05 |
| Manganèse et composés | Mn | 1 | 1 |
| Arsenic et composés | As | 0,1 | 0,1 |
| Fluor et composés | F | 15 | 15 |
| Cyanures aisément libérables | Cn | 0,1 | 0,1 |
| Cadmium et composés | Cd | 0,05 | 0,05 |
| Somme des métaux | | 15 | 15 |
| PCB * | PCB * | 0,2 µg/l | 0,2 µg/l |
| HAP * | HAP * | 0,5 µg/l | 0,5 µg/l |
| Composés organiques halogénés | AOX ou EOX | 1 | 1 |

**Limites indicatives de qualité de rejet d'effluents (CG94)**

Cette concentration est normalement accessible avec un taux d'abattement maximal de 85 % de la concentration en MES. En effet, les dernières études menées par le CERTU et le SETRA sur ce sujet montrent que les concentrations estimées des eaux pluviales de chantier atteignent les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous.

**Fourchette de concentration pendant une pluie selon la densité du tissu urbain**

| *Type d'aménagement* | *Quartiers résidentiels (habitat individuel)* | *Quartiers résidentiels (habitat collectif)* | *Habitations denses : zones industrielles et commerciales* | *Quartiers très denses : centres villes, parkings* |
|---|---|---|---|---|
| Coefficient de ruissellement | 0,2 à 0,4 | 0,4 à 0,6 | 0,6 à 0,8 | 0,8 à 1 |
| MES | 100-200 mg/l | 200-300 mg/l | 300-400 mg/l | 400-500 mg/l |
| DCO | 100-150 mg/l | 150-200 mg/l | 200-250 mg/l | 250-300 mg/l |
| $DBO_5$ | 40-50 mg/l | 50-60 mg/l | 60-70 mg/l | 70-80 mg/l |

(Source : « La ville et son assainissement » - CERTU, 2003)

L'abattement **dans un bassin de décantation** est calculé à l'aide de la méthodologie proposée par le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes) « l'eau et la route ». Ce bassin est caractérisé par **sa surface** permettant d'abattre 85 % de la pollution chronique véhiculée par les eaux de pluie (vitesse de sédimentation de 0,028 m/s).

Ce pourcentage d'abattement est jugé suffisant pour un rejet au réseau et ne pas dégrader la qualité du milieu récepteur exutoire du réseau et contribuer à l'objectif de bon état de la masse d'eau.

Pour **un décanteur lamellaire**, le taux d'abattement dépend, outre de la vitesse de Hazen, principalement des paramètres suivants :

- surface totale de décantation, dépendant de la surface du décanteur et de la surface totale des lamelles,
- espacement entre les lamelles,
- débit maximal entrant dans le décanteur lamellaire.

Le dispositif de traitement, quel que soit le principe retenu, sera positionné au droit ou en aval du dispositif de régulation du débit rejeté.

La décantation en bassin se fait par régulation du niveau d'eau dans le bassin au droit du dispositif de régulation. La décantation lamellaire ou par filtre à sable se fait en aval : les performances de ces matériels sont largement améliorées par la régulation des débits.

Il devra pouvoir faire l'objet de contrôles de qualité de l'eau entrante et de l'eau sortante.

**Il est rappelé ici que le traitement mis en place, quelque soit le type des ouvrages utilisés, doit être efficace : il y a une obligation de résultat sur la qualité des effluents rejetés au réseau.**

Remarque importante : la qualité de rejet exigée par les gestionnaires de réseau est compatible avec un rejet en Seine moyennant la dilution du rejet dans le cours d'eau. Outre le fait que les débits rejetés en eaux pluviales sont faibles et de durée limitée dans le temps, les concentrations obtenues par traitement ne modifient pas la concentration de la Seine pour les paramètres pris en compte car les flux des substances concernées sont négligeables par rapport à ceux de la Seine (il y a un facteur d'au moins 10000 entre les débits).

En cas de rejet effectif en Seine, les valeurs réelles de qualité seront mesurées en entrée de traitement, en sortie de traitement et dans la Seine au droit du rejet de manière à vérifier que les objectifs de qualité du cours d'eau sont respectés.

*b. Impacts et mesures liés aux pollutions accidentelles des eaux pluviales, en phase travaux*

Dans le contexte du projet en phase travaux, le risque de pollution accidentelle réside dans la probabilité de déversement accidentel d'une cuve d'hydrocarbures ou déversement au cours d'opérations de maintenance d'engins.

Afin de limiter tout risque de pollution le nettoyage, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées.

En cas de pollution accidentelle au moment des travaux sur le chantier lui-même, les mesures devront être immédiatement prises pour confiner cette pollution :

- prélèvement et isolement des terres souillées,
- récupération des eaux de ruissellement dirigées vers des bacs de rétention spécifiques, ou dans l'ouvrage de traitement de la pollution chronique si celui-ci est atteint, sollicitation d'un bureau d'étude spécialisé.

D'autre part, le bassin de rétention, et/ou l'ouvrage de traitement, sera muni d'une vanne en sortie afin de confiner l'ouvrage en cas de déversement accidentel d'une pollution. La vanne, voire une cloison siphoïde avant rejet, permettra de contenir la pollution en phase dans le bassin en cas de crise.

### *1.4.1.5 Hypothèses de calcul*

La gestion des eaux pluviales repose sur plusieurs hypothèses qui conditionnent les calculs de dimensionnement des dispositifs de stockage et de traitement.

*a. Période de retour de la pluie de référence :*

Les systèmes de régulation des eaux pluviales seront conçus pour le tamponnement jusqu'à une **pluie d'occurrence décennale**, soit un événement ayant une probabilité sur dix de se produire dans une année. Cette période de retour est celle préconisée dans les différents documents d'urbanisme (PLU, POS) et dans les règlements d'assainissement départementaux (Hauts-de-Seine et Val-de-Marne).

L'occurrence décennale est systématiquement utilisée pour la régulation des débits rejetés en phase d'exploitation avec ou sans traitement des eaux pluviales.

En phase chantier, lorsque la régulation des débits est nécessaire, l'occurrence décennale est utilisée.

Lorsque seul un traitement des eaux pluviales est nécessaire, une régulation est mise en place et dimensionnée pour une pluie d'occurrence biennale (deux ans), en application du raisonnement exposé dans la stratégie générale de gestion qualitative. Cette régulation est justifiée par le fait que le fonctionnement des ouvrages de traitement est optimal lorsque les débits entrants sont régulés.

*b. Données statistiques de pluie :*

Pour un certain nombre de stations de mesures, Météo France réalise une analyse statistique des pluies permettant de définir les **paramètres de Montana.**

Les méthodes classiques de calcul des débits de pointe et des volumes à retenir reposent sur ces paramètres qui permettent d'y intégrer les caractéristiques des pluies, en particulier la durée et la fréquence (ou période de retour).

Les calculs utilisent les **coefficients de Montana à la station d'Orly** (91) présentés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit de couples de valeurs calculés pour des périodes de retour de pluie de 5 à 100 ans et estimés à l'aide de relevés statistiques de hauteurs de précipitations mesurées sur une durée de 40 ans.

Ces coefficients (a et b) sont **valables pour des pluies de durée de 6 minutes à 6 heures** et donnent une relation entre l'intensité de pluie et la durée de la pluie pour une période de retour de pluie donnée :

$$\underline{i(t) = a \times t^{-b}}$$

Avec : *i(t) : l'intensité de pluie en mm/h*
*t : la durée de la pluie en minutes*
*a et b : les coefficients de Montana*

| Durée de retour | Paramètre a | Paramètre b |
|---|---|---|
| 5 ans | 328 | 0.659 |
| 10 ans | 379 | 0.650 |
| 20 ans | 419 | 0.639 |
| 30 ans | 439 | 0.633 |
| 50 ans | 463 | 0.624 |
| 100 ans | 492 | 0.613 |

La pluie de projet est déterminée indirectement à partir de ces paramètres en fonction de la méthode utilisée. Chacune des méthodes exposées ci-dessous contient des hypothèses sur la durée de la pluie et la forme de l'hydrogramme.

### *c. Caractérisation de l'occupation du sol :*

Les débits de pluie ruisselés sur les parcelles concernées par le projet de ligne de métro dépendent des quantités de pluie précipitées pour une pluie décennale, des caractéristiques topographiques du site considéré et de l'occupation du sol, caractérisée par un **coefficient de ruissellement**.

Le coefficient de ruissellement prend des valeurs différentes selon le type de sol et la configuration du terrain (pente, géologie), et représente un pourcentage d'imperméabilisation : une valeur de 1 représente 100% d'imperméabilisation, donc toute l'eau est ruisselée ; une valeur de 0 représente 0% d'imperméabilisation, donc toute l'eau est infiltrée.

De manière générale (source CG 92), il est considéré qu'il est égal à :

- 0.95 pour les toitures,
- 0.95 pour les voiries, allées et parking,
- 0.70 pour toiture terrasse gravillonnée,
- 0.40 pour la terre végétale sur dalle,
- 0.20 pour de la pleine terre.

### *d. Définition des différentes surfaces d'un projet*

La **superficie totale d'un projet (S)** correspond à la surface maximale exploitée par le projet et sa phase de construction. Cette surface peut avoir plusieurs usages :

- Surface occupée par le projet en phase exploitation, à la fin des travaux,

Surface occupée temporairement en phase chantier et restituée à l'identique à la fin des travaux.L'état initial est réalisé sur la totalité de l'emprise chantier.

L'état final ne prend en compte que la surface des ouvrages de la SGP. Le complément par rapport à l'état initial est constitué d'espaces publics occupés temporairement et restitués dans les mêmes caractéristiques. Ces espaces publics sont très majoritairement des voiries, quelques espaces verts éta t concernés.

**La surface active (Sa)** représente la surface produisant véritablement des ruissellements pluviaux. Elle est le produit de la surface totale d'un projet (S) par le coefficient de ruissellement (Cr).

La surface globale a été prise en compte dans les calculs pour caractériser l'état initial.

Cette même surface a été prise en compte pour caractériser la phase chantier. Le calcul de la surface active en phase chantier a été établi sur la situation de chantier la plus pénalisante en termes d'imperméabilisation.

En phase d'exploitation, les surfaces occupées temporairement et restituées à l'identique sont distinguées des surfaces occupées par les ouvrages de la Ligne 15 sud.

### 1.4.1.6 Méthodes de calcul

a. *Calcul du temps de concentration :*

Le temps de concentration d'une surface de projet considérée représente le temps maximal nécessaire aux eaux ruisselées pour atteindre le point de rejet. Il dépend de la topographie de la zone d'étude, en particulier du plus long chemin hydraulique, à savoir la distance la plus longue parcourue par les eaux ruisselées avant de sortir du domaine d'étude, et de la pente moyenne. Plusieurs formules existent pour estimer le temps de concentration.

La feuille de calcul utilisée permet de calculer le temps de concentration avec chacune des formules ci-après et de retenir la valeur moyenne : **SOGREAH / Ventura / TURRAZA/ KIRPICH / VEN TE CHOW / Passini.**

Cela permet d'éliminer des biais statistiques inhérents aux différentes méthodes.

Le temps de concentration permet de calculer l'intensité de la pluie et la hauteur de la pluie.

b. *Calcul du débit de pointe de pluie par la méthode rationnelle :*

Le débit de pointe généré par la pluie d'occurrence décennale est calculé par la méthode rationnelle, adaptée aux bassins versant urbanisés. Elle repose sur une relation reliant le débit de pointe au coefficient de ruissellement, à l'intensité d'une pluie de durée égale au temps de concentration du bassin versant et à la surface de projet. La formule est présentée ci-après :

$$Q = 2{,}78\ Cr \times i(t) \times A$$

Avec :

*Q : le débit de pointe en m³/s*
*Cr : le coefficient de ruissellement sans unité*
*i : l'intensité d'une pluie en mm/h de durée égale au temps de concentration du bassin*
*A : la surface du projet en ha*

La méthode rationnelle repose sur l'hypothèse que la durée de la pluie est égale au temps de concentration.

c. *Dimensionnement des systèmes de rétention par la méthode des pluies :*

Les volumes de rétention nécessaires au tamponnement d'une pluie sont calculés à l'aide de la méthode des pluies.

Les hypothèses propres à l'application de la méthode sont les suivantes :

- le débit de fuite de l'ouvrage doit être constant (les débits de fuite autorisés vers les réseaux sont définis dans les règlements communaux ou départementaux d'assainissement et dans les documents d'urbanisme) : la méthode ne prend donc pas en compte la phase de démarrage où le débit de fuite est en augmentation ;

- le transfert de la pluie à l'ouvrage est considéré comme instantané ;

- les évènements pluvieux qui conduisent au dimensionnement du volume sont indépendants.

Pour la durée de retour choisie (10 ans) deux courbes sont considérées :

- une courbe donnant le volume maximal précipité (en ordonnée) en fonction de la durée de la pluie considérée (en abscisse). Cette courbe donne ainsi pour différentes durées de pluies envisagées (choisies entre 6 minutes et 6 heures, intervalle de validité des coefficients de Montana), le volume maximal probable pour la durée de retour retenue, soit :

$$V_{précipité} = i(t) \times Sa \times 10$$

$$Sa = S \times Cr$$

*Avec :*

*$V_{précipité}$ : volume entrant dans l'ouvrage en $m^3$ ;*

*i(t) : intensité de pluie calculée à l'aide des coefficients de Montana pour une durée donnée comprise entre 6 minutes et 6 heures.*

*Sa : surface active du projet en ha ;*

*Cr : coefficient de ruissellement*

- une courbe donnant le volume de fuite évacué (en ordonnée) en fonction de la durée de la pluie considéré (en abscisse).

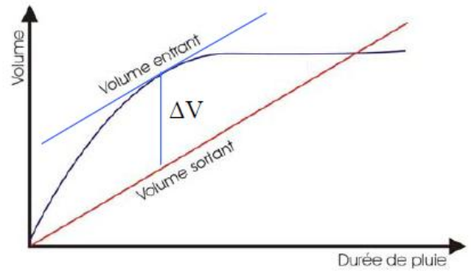
$$V_{vidangé} = 60 \times Qs \times t$$

*Avec :*

*Qs : débit de fuite en $m^3/s$ ;*

*t : durée de la pluie en min.*

La méthode des pluies part du principe qu'il existe une durée de pluie pour laquelle la différence entre le volume d'eaux pluviales ruisselé et le volume (évacué ΔV) admet un maximum. Ce volume correspond alors au volume maximal à stocker pour n'observer aucun débordement du bassin de rétention, et ce pour n'importe quelle durée de pluie décennale. Cette valeur de volume est celle prise en compte pour la conception du bassin de rétention.




En cas d'orage d'intensité supérieure à la pluie décennale, les eaux pluviales transiteront vers une surverse et vers les réseaux d'assainissement public.

Le débit de fuite des ouvrages est imposé par les gestionnaires de réseau sur la base d'un débit par unité de surface, 10 l/s/ha par exemple.

Compte tenu de la surface de certaines emprises, le débit par unité de surface imposé conduit à des débits de fuite très faibles, qu'il est techniquement dificile de réaliser. Le débit minimal de fuite est fixé à 5 l/s. Ce débit est réalisable avec les techniques de régulation actuelles et limite les problèmes d'obstruction.

*d. Dimensionnement des systèmes de rétention en décanteur :*

Les eaux de ruissellement se chargent tout au long de leur parcours de diverses substances dans des proportions d'importance variable selon la nature de l'occupation des sols et selon le type de réseau hydrographique qui les recueille.

Cette pollution se caractérise par une place importante des matières minérales, donc des matières en suspension (MES), qui proviennent des particules les plus fines entraînées sur les sols sur lesquels se fixent les métaux lourds qui peuvent provenir des toitures (zinc, plomb), de l'érosion des matériaux de génie civil (bâtiments, routes…), des équipements de voirie ou de la circulation automobile (zinc, cuivre, cadmium, plomb), ou encore des activités industrielles ou commerciales.

Les masses polluantes annuellement rejetées à l'aval des collecteurs pluviaux sont très variables. Le tableau suivant fournit des ordres de grandeur des concentrations moyenne des principaux paramètres représentatifs de la pollution urbaine des eaux pluviales.

**Les systèmes seront dimensionnés pour obtenir un taux d'abattement de 85% et une concentration maximale en MES de 100 mg/l pour un rejet au réseau.**

La note de calcul sera établie par le Maître d'œuvre en fonction des matériels effectivement retenus.

### 1.4.2 Moyens de surveillance et d'intervention

La surveillance du fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales est primordiale pour assurer la pérennité de leur fonctionnement.

Elle permet en particulier le maintien en fonctionnement des ouvertures permettant le passage de l'eau, le maintien des volumes et des surfaces de fonctionnement.

Le bon état de fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales sera vérifié périodiquement : il s'agit d'un examen visuel des ouvertures et par soulèvement de regards pour s'assurer qu'il n'y a pas d'obstacles à l'écoulement dans les canalisations et buses (branches, pierres, objets divers).

**La fréquence de vérification sera annuelle en phase exploitation et bimestrielle en phase chantier. Une vérification sera effectuée après chaque pluie importante, en particulier en phase chantier.**

Le curage, le nettoyage, et/ou la vidange correcte des ouvrages de rétention sera réalisée régulièrement afin assurer la pérennité du fonctionnement des bassins et d'éviter toutes nuisances visuelles (flottants) et olfactives.

Il comprend un entretien curatif, qui relève de l'élimination de la vase et autres déchets (feuilles, terre, matériaux solides…) par curage du bassin lorsque leur quantité induit une modification du volume utile de rétention (tous les cinq ans au maximum). Une attention particulière sera portée aux traces d'une éventuelle pollution accidentelle.

Le matériel sur place facilitera l'entretien des ouvrages destinés à préserver la qualité des eaux. La fréquence des opérations d'entretien sera adaptée au chantier. L'enlèvement des boues décantées au fond du bassin et des huiles stockées dans les ouvrages de dépollution sera confié à des structures agréées selon la nature des déchets.

**La fréquence d'entretien de type curage-vidange est au maximum annuelle pour la phase chantier, quinquennale en phase exploitation.**

**Le critère déclencheur doit être le niveau de boues ou de déchets retenus. En effet, selon la pluviométrie, l'intervalle entre deux curages pourra varier fortement. Cette intervention peut intervenir tous les ans, comme tous les cinq ans.**

**Ce type d'intervention est particulièrement sensible en phase chantier.**

Les interventions sont efficaces lorsqu'elles sont prévues et organisées :

- La conception des ouvrages doit prévoir les modalités d'intervention (entretien, contrôle),
- Les procédures d'intervention sont définies dans la phase de préparation du chantier et dans la période de préparation de l'exploitation.

Pour faciliter les interventions, les précautions suivantes devront être respectées :

- mise en place d'aires étanches de stockage de carburant, de dépôt et d'entretien des engins ;
- mise en place de fosses de récupération des eaux sales et vidange de ces fosses. Le traitement sera effectué dans une station d'épuration ;
- mise en place d'une aire de lavage avec bacs de rétention (nettoyage des outils) ;
- interdiction des rejets d'huiles, de lubrifiants, de détergents et de tout autre produit polluant dans le réseau. Les entreprises doivent prendre les dispositions nécessaires pour les récupérer et les faire traiter par une société agréée ;
- avertissement des autorités compétentes comme la DREAL, la Police de l'Eau, la gendarmerie ou les pompiers en cas de pollution accidentelle ;
- pompage et stockage dans un bassin de décantation sommaire des eaux lors d'un déversement accidentel. Suivant leur nature les eaux polluées seront ensuite évacuées par un service spécialisé.

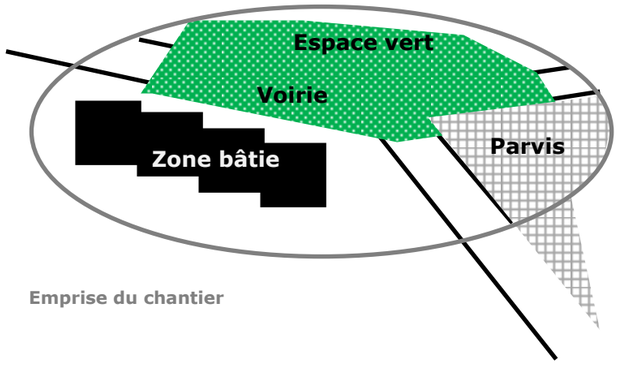
Chaque procédure d'intervention devra comporter les éléments suivants :

- La personne morale responsable chargée de l'organiser,
- Le nom des personnels qui y sont affectés,
- Le nom de la personne à contacter en cas d'urgence,
- Si la procédure nécessite l'intervention d'organismes officiels (pompiers, gendarmerie, police, administrations), le service, son adresse géographique, le nom de la personne à contacter en cas d'urgence,
- Les tâches précises à effectuer, leur ordre s'il y en a plusieurs, les personnes et moyens nécessaires,
- Les matériels et fournitures à mettre en œuvre et leur point de rangement et ou de stockage.

### 1.4.3 Clés de lecture des fiches descriptives

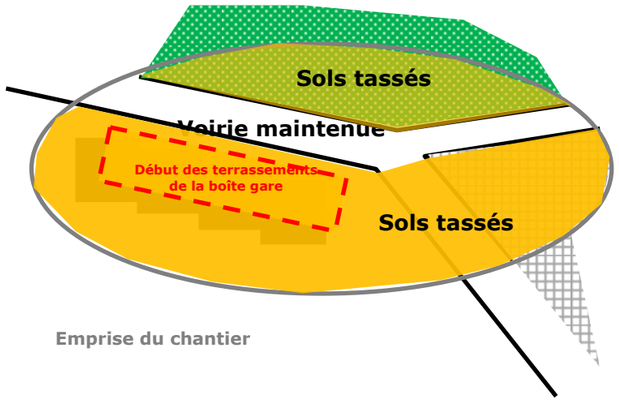
Les fiches ci-dessous reposent sur les éléments décrits au présents chapitre.

*Le synoptique suivant illustre la méthodologie appliquée dans l'approche de la gestion des eaux pluviales au cours des différents projets de gares et ouvrages annexes du GPE.*



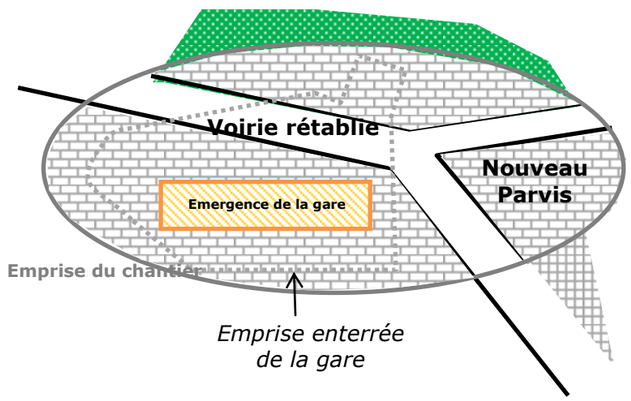

**Etat initial**

***Bassin versant considéré***
=
*Emprise chantier maximale*
+
*bassin versant amont éventuel*




**Phase chantier**

***Bassin versant considéré***
=
*Emprise chantier maximale*
+
*bassin versant amont éventuel*




**Phase d'exploitation**

***Bassin versant considéré***
=
*Emprise des émergences de la gare (toiture+parvis)*

=

*Emprise chantier maximale*
+
*bassin versant amont éventuel*
-
*emprise des espaces restitués à l'identique*

**Ligne 15 Sud**

La figure de présentation de l'occupation du sol du secteur de l'ouvrage pris en compte présente les réseaux de gestion des eaux pluviales existant dans l'emprise chantier ou aux abords. Les points de rejets au réseau envisagés en phase d'exploitation et en phase chantier sont également indiqués.

Les points de rejet indiqués sont les points pressentis au moment de la rédaction de ce dossier. Les études d'organisation des chantiers et de rejet d'eaux pluviales en phase d'eploitation n'ont pas été complètement réalisées. Ces points sont susceptibles d'évoluer au cours des phases finales de conception.

**Le principe général retenu est le suivant** : les eaux pluviales sont rejetées au réseau existant à proximité de l'emprise chantier et à proximité de la boite gare définitive. Il n'est pas prévu de connexion en dehors des emprises. Par ailleurs, les ouvrages de régulation, et/ou de traitement, sont positionnés par principe à l'amont immédiat des points de rejets.

**Les calculs effectués ne considèrent qu'un seul point de rejet pour l'ensemble de l'emprise. C'est une simplification basée sur le niveau de détail actuel des éléments du projet. Lorsque plusieurs points de rejet seront mis en œuvre, le volume global de rétention sera réparti au prorata des surface des bassins versants desservis. Chaque point de rejet aura son propre système de traitement dimensionné sur le débit de point du bassin versant desservi.**

Le phasage du chantier, qui n'a pas été pris en compte ici pour l'essentiel, peut amener au découpage de l'emprise chantier en plusieurs parties pouvant faire l'objet d'une gestion à part des eaux pluviales. Dans ce cas, chaque partie du chantier est dotée des ouvrages nécessaires à la gestion des eaux pluviales, le volume de l'ouvrage de régulation étant calculé au prorata de la surface de chantier desservie.

Les types d'occupation du sol et la surface active dans les 3 stades considérés (initial, chantier, exploitation) sont indiqués dans un tableau.

Le volume de l'ouvrage de régulation est alors calculé et indiqué dans un second tableau avec le débit de fuite pour lequel il a été calculé. La fiche se termine par le calcul des éléments permettant de dimensionner l'ouvrage de traitement.

### 1.4.4 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les gares

#### *1.4.4.1 Gare Pont de Sèvres*

*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

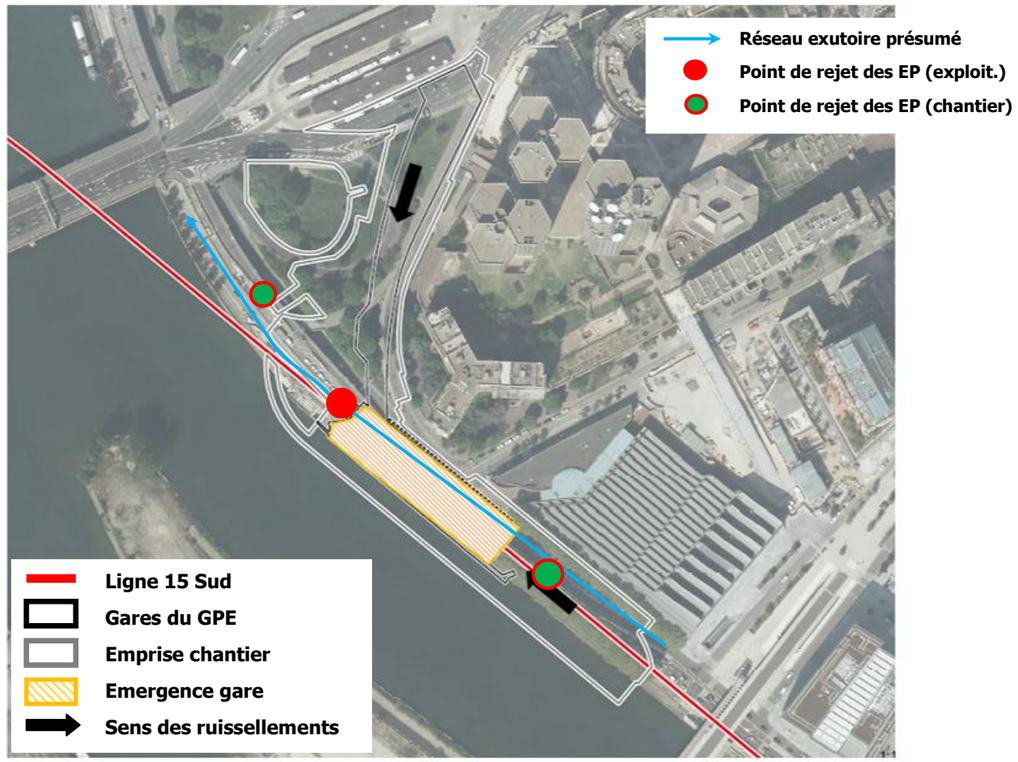
La gare est située sous le quai de la Seine, actuellement principalement occupé par la RD1 qui porte le nom de Quai de Stalingrad à cet endroit.

Cette route, à 2x2 voies, occupe la totalité du quai à l'exception de deux alignements d'arbres et d'une bande de quai imperméabilisée.

La correspondance avec la Ligne 9 du métro se trouve sous la bretelle du rond-point du Pont de Sèvres.

L'emprise chantier comprend en plus les espaces verts situés au milieu des bretelles de ce rond-point.

Le site est donc fortement imperméabilisé. Les espaces verts existant sont, soit positionnés sur des remblais constitués lors des travaux de l'échangeur du Pont de Sèvres, soit constitués d'alignements d'arbres.




**Gare de Pont-de-Sèvres – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage**

**Gestion actuelle du réseau existant**

| Réseaux existants identifiés | Gestionnaires | Débit de fuite maximum autorisé (L/s) |
|---|---|---|
| **Ovoïde unitaire 2.20x2.70 Av. G. Gorse** | SEVESC pour le compte du Conseil départemental 92 | 2 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, trottoirs** | **0,95** | 1.8559 | 1.7631 | 1.08 | 1.026 | 0.00 | 0.00 |
| **Trottoirs (berges de Seine élargie)** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.242 | 0.23 | 0.0828 | 0.0787 |
| **Parvis** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.1345 | 0.1277 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 1.428 | 1.1424 | 0.00 | 0.00 |
| **Espaces verts** | **0,2** | 0.6805 | 0.1361 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Terre végétale sur dalle** | **0,4** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| **Total** | | **2.5364** | **1.8992** | **2.75** | **2.3983** | **0.2173** | **0.2064** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet sera augmentée lors de la phase chantier : la surface en espace vert disparaît au profit de la base chantier. Cela génère des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera identique par rapport à celle de l'état initial.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisagé pour maîtriser les risques de pollution accidentelle.**

**En phase d'exploitation, les espaces verts initiaux situés près du Pont-de-Sèvres sont restitués. La part initiale d'infiltration des eaux pluviale est maintenue.**

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **5 L/s<br>13 m$^3$** | **5 l/s<br>11 m$^3$ (Toiture), 22 m$^3$ (Parvis)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

Il n'est pas calculé de volume de rétention en phase exploitation pour cette gare car la surface active, le coefficient de ruissellement et les débits sont équivalents par rapport à l'état actuel.

### c. *Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle (se trouvant sur l'estacade eu dessus de la Seine).
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- La construction du remblai dans la Seine, puis de l'estacade permettant de mettre en place la voirie de déviation,
- Mise en place de la déviation sur l'estacade,
- Dévoiement du collecteur SEVESC Le Ces voiries divisent l'emprise chantier en plusieurs parties. Chacune de ces parties dispose de son propre point de rejet au réseau directement relié au collecteur SEVESC. Cette opération de dévoiement nécessite la reprise de l'ensemble du réseau SEVESC situé sous la RD1 au niveau de la boîte gare. Les points de rejet existant sont supprimés ou adaptés, de nouveaux étant posés en cas d'insuffisance.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente.

**Le rejet à la Seine n'est pas envisagé** car les espaces proches de la Seine ne permettent pas l'installation des ouvrages nécessaires à un rejet dans les conditions réglementaires. L'emprise chantier est très fortement contrainte par la position de la gare et la configuration des lieux. Une large partie de l'emprise chantier n'est pas proche de la Seine et en est séparée par une voirie. De plus, les eaux pluviales de chantier doivent être traitées avant rejet, plus fortement en cas de rejet à la Seine. La surface de traitement, même avec un décanteur lamellaire, est un enjeu important de ce chantier. Le rejet au réseau s'impose donc.

Pour le reste, situé en bordure de Seine : La voirie située sur l'estacade et en bord de Seine aux deux extrémités de l'estacade : les eaux seront collectées et rejetées au réseau, comme dans la gestion actuelle des eaux pluviales. Cette solution permet de garantir la maîtrise de toute pollution accidentelle déversée sur la chaussée de l'estacade,

L'excavation de la gare : les eaux pluviales seront gérées avec les eaux d'exhaure.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**Cas du rejet à la Seine :** L'organisation du chantier ne permet pas de positionner les ouvrages de gestion des eaux pluviales au niveau de la façade avec la Seine : l'emprise est déjà trop étroite par rapport aux besoins de circulation sur le site. De plus, les travaux comprenent le déplacement du collecteur d'eaux pluviales en place sous la voirie.

Ces éléments rendent impossible un rejet des eaux pluviales en Seine en phase chantier.

La proximité immédiate en aval du périmètre de protection de la prise d'eau de Suresnes est un argument supplémentaire au rejet au réseau. Cela permet de garantir la sécurité contre une pollution accidentelle.

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, seules les eaux ruisselant sur la toiture de la gare et le parvis sont prises en compte. Les autres espaces de l'emprise chantier sont restitués à l'identique, en voirie et en espaces verts.L'exutoire des eaux pluviales de cet espace public de voirie reste le même : rejet au réseau.

Le quai hors voirie (entre la RD1 et la Seine) reste imperméabilisé en quasi-totalité. Les eaux pluviales qui y ruissellent vont directement à la Seine, comme dans la situation actuelle.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est similaire à la gestion initiale car, hormis de petites émergences, la gare se trouve sous des espaces rendus quasiment à l'identique en termes de revêtements de sol.**

### d. *Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation*

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

En phase d'exploitation, les flux de pollution seront équivalents à ceux générés à l'état initial. Ils ne feront pas l'objet de traitement particulier.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

*e. Conclusion*

**Phase chantier :**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Elle nécessite donc l'installation d'un ouvrage de régulation des débits rejetés au réseau.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total des bâches est de 460 $m^3$.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation :**

Les espaces publics occupés temporairement sont retitués à l'identique dans la gestion initiale des eaux pluviales. La toiture de la gare et le parvis font l'objet d'une régulation avec rejet au réseau.

### *1.4.4.2 Gare Issy RER*

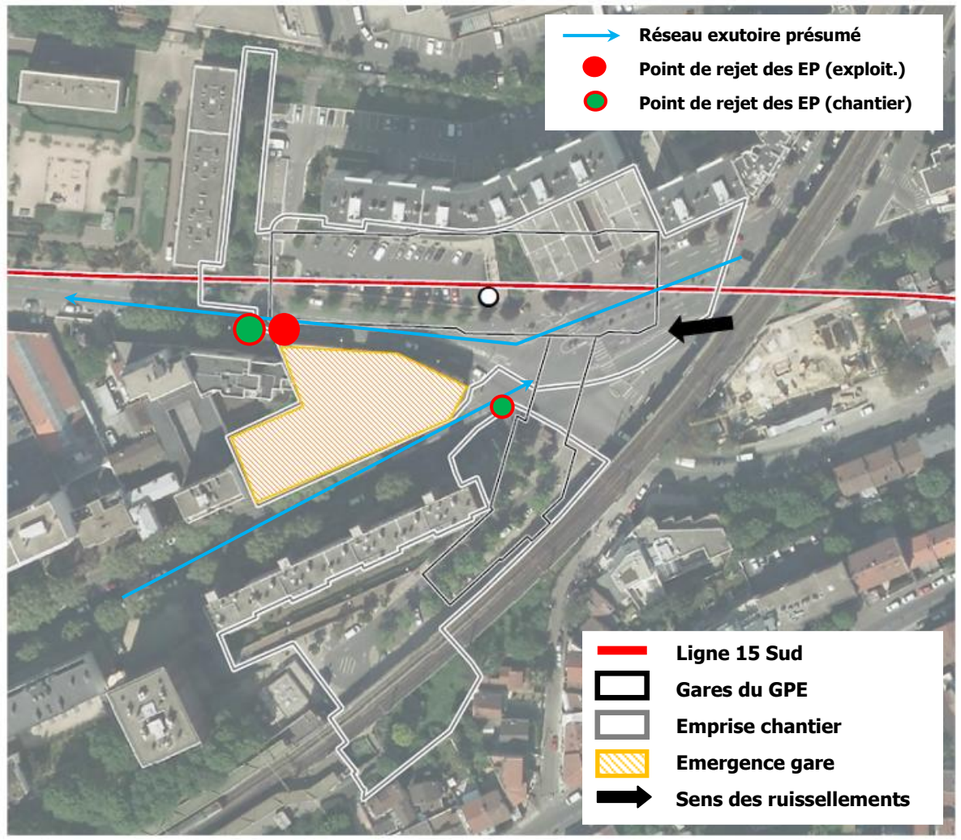
*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La future gare ISSY RER se situe à Issy-Les-Moulineaux, dans le quartier Val de Seine / Les Arches.

La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

La place s'ouvre également au carrefour des avenues Victor Cresson, des boulevards Garibaldi et Pasteur, et de la rue des Arches d'Issy, accès à la gare actuelle du RER C.

Le site est fortement imperméabilisé. Les espaces verts existant sont, soit constitués d'alignements d'arbres sur les trottoirs des axes routiers, soit des espaces d'agréments très réduits.




**Gare de Issy RER – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau unitaire DN2750 mm Av. A. Briand** | Conseil départemental 92 | 10 L/s/ha |
| **Ovoïde unitaire 2.3x1.3 Av. Verdun** | Commune – Issy-les-Moulineaux | 2 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries** | **0,95** | 0.79 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Parcelles bâties privées** | **0.95** | 0.21 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Surfaces aménagées** | **0.95** | 0.00 | 0.00 | 0.764 | 0.726 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0.95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.052 | 0.0494 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0,00 | 0.00 | 0.241 | 0.19 | 0.00 | 0.00 |
| **Espaces verts sur dalle** | **0,4** | 0.018 | 0.0072 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **1.18** | **0.9572** | **1.05** | **0.9186** | **0.052** | **0.0494** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits plus faibles à ceux évalués à l'état initial. Lors de la phase d'exploitation, les espaces spécifiques à la gare sont réduits par la configuration des lieux : l'essentiel de la gare se trouve sous de la voirie qui sera restituée à l'identique.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

L'émergence de la gare est intégrée à un bâtiment. **La toiture de ce bâtiment, celle de la gare avant sa construction, fait l'objet d'une gestion des eaux pluviales spécifique** : les eaux qui en sont issues sont collectées à part en interne au bâtiment et rejetées au réseau après passage dans une cuve de 70 $m^3$ de volume et régulation. Ce système permet la récupération des eaux pluviales pour divers usages, dont le lavage des sols.

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **Le projet n'aggrave pas les débits ruisselés**<br>**Bassin de rétention non nécessaire**<br>**Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise** | **5 l/s**<br>**6 $m^3$ (Toiture)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.**

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. La situation est améliorée par la gestion des eaux de toitures.**

### d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

La collecte des eaux pluviales sera organisée de manière à orienter les ruissellements vers les ouvrages de traitement, avant rejet au réseau.

En phase d'exploitation, les flux de pollution seront équivalents à ceux générés à l'état initial. Ils ne feront pas l'objet de traitement particulier.

### e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une légère amélioration des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Une régulation n'est pas indispensable.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée à l'ouvrage de traitement.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est similaire par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. Les eaux de toiture sont régulées par une cuve de rétention.

### 1.4.4.3 Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart

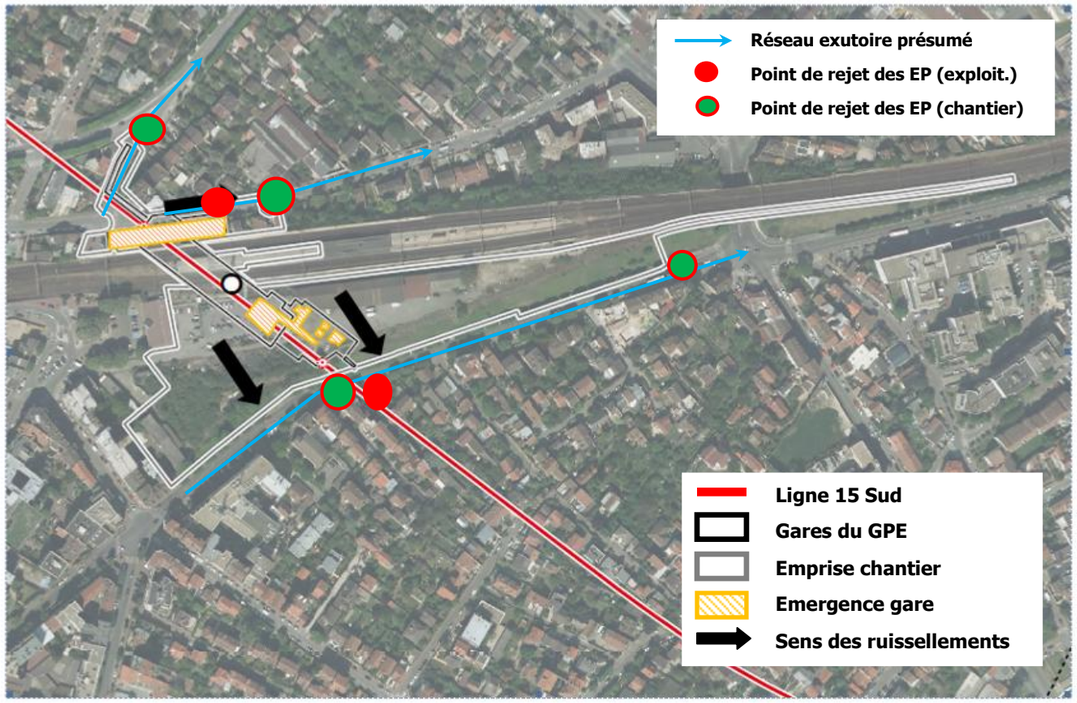
a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare de Fort-d'Issy-Vanves–Clamart est localisée principalement en la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy–les–Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare Transilien de Clamart dans un environnement proche hétérogène, autour de la place de la gare existante coté Clamart, et résidentielle coté Issy les Moulineaux. Sa position stratégique à l'intersection de quatre communes permettra de reconstruire les contours d'un nouvel espace public et retisser un lien entre ces différentes communes aujourd'hui séparées par le faisceau du RFN (Réseau ferré national).

La gare vient s'insérer sous les voies ferrées du réseau Transilien, au cœur d'une friche ferroviaire, destination du futur projet de la ville de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF.

Cette implantation sous les voies ferrées du Transilien permet de lier les villes au Nord d'Issy-les-Moulineaux, Vanves et au sud, Clamart-Malakoff.

Le site est fortement imperméabilisé côté Motholon (Accès nord). L'accès sud s'intègre au sein d'une friche en bord de réseau Transilien ; un parking et quelques anciens bâtiments industriels y sont présents.




**Gare de Fort-d'Issy-Vanves–Clamart – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Ovoïde unitaire 1.9x1.0 Av. C. De Gaulle** | Conseil départemental 92 | 10 L/s/ha |
| **Réseau VEOLIA Rue du Clos Motholon** | Commune d'Issy-les Moulineaux | 2 L/s/ha |
| **Ovoïde unitaire 1.8x1.0 Bd F. Vigouroux** | Conseil départemental 92 | 10 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

**Accès Nord – Rue du Clos Motholon**

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, surfaces enrobées** | **0,95** | 0.158 | 0.15 | 0.119 | 0.27 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.128 | 0.1216 |
| **Parcelles bâties privées** | **0.4** | 0.138 | 0.055 | 0.079 | 0.0316 | 0.00 | 0.00 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.198 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **0.296** | **0.2053** | **0.396** | **0.303** | **0.0.128** | **0.1216** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface de voirie ne verra pas sa gestion des eaux pluviales modifiée en phase d'exploitation. La surface de parvis sera également gérée comme à l'état initial.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

Il n'est donc pas prévu d'ouvrage de régulation en phase d'exploitation.

En phase chantier, le volume de régulation indiqué est nécessaire pour réaliser le traitement.

**La toiture de la gare de ce côté Nord est complètement intégrée aux espaces publics restitués. Elle apparaît donc pour zéro dans la colonne phase d'exploitation.**

| | | État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|---|---|
| | | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| | | **5 L/s *<br>15 m³** | **5 L/s *<br>21 m³** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer -*** Débit minimum techniquement garanti.

**Accès Sud – Boulevard des Frères Vigouroux**

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries,** | **0,95** | 0.078 | 0.074 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.404 | 0.3838 |
| **Parvis** | **0.95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.1735 | 0.165 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.156 | 0.1248 | 1.09 | 0.872 | 0.00 | 0.00 |
| **Talus existant** | **0,2** | 1.323 | 0.2646 | 0.47 | 0.094 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **1.557** | **0.4635** | **1.56** | **0.966** | **0.5775** | **0.549** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

* La surface considérée ne prend pas en compte ici le projet de la Mairie de Clamart, celui-ci étant à ce jour indéterminé. Une gestion des eaux pluviales propre à ce projet devra être prévue. **Cette surface de l'emprise chantiersera restituée en son état initial, c'est-à-dire un espace vert qui fera la transition avec le projet communal. Cette surface ne fera l'objet d'aucune gestion des eaux pluviales dans le cadre de l'aménagement de la gare. Elle n'est d'ailleurs pas intégrée aux surfaces du tableau en phase d'exploitation.**

La surface active du projet en partie sud de la voie ferrée lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial (sols tassés en lieu et place d'espaces verts), générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

Le projet de cet accès sud en phase d'exploitation consistera principalement en l'aménagement d'un parvis d'une surface restreinte avec des espaces verts d'ornement, ne modifiant pas les écoulements du secteur actuellement occupé par des friches au sein desquelles s'insèrent des voiries et un vaste parking. Les débits seront diminués en phase d'exploitation par rapport à la situation actuelle.

**La toiture de la gare de ce côté Sud fait l'objet d'une gestion spécifique : les eaux sont collectées à part et sont récupérées dans une cuve de 20 m3 de volume avant rejet régulé au réseau.**

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **5 L/s<br>171 m³** | **5 L/s *<br>32 m³ (parvis), 115 m³ (toiture)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Libération des emprises,
- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Défrichement,
- Dépollution,
- Dévoiement des réseaux de surface.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées à l'identique. L'espace public voirie initial est donc le même. Les eaux de toitures nord et sud et les eaux du parvis sud seront à collecter au sein d'une rétention avec un débit de fuite régulé vers le réseau. La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

**Les eaux de la dalle sous voie ferrée, pour une surface de 1860 m² comptent pour un volume global de 50 m³. Pour le reste, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. 2**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

**Phase exploitation**

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est composée d'un parvis piétonnier et de toitures pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

La gare est configurée de telle façon que l'analyse a été divisée en deux parties qui ont des exutoires différents : une partie nord et une partie sud.

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare au niveau des deux parties. Chaque partie nécessite donc l'installation d'un ouvrage de régulation des débits rejetés au réseau.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par bassin de décantation ou décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est dégradée également, un bassin de rétention devant être mis en œuvre, accompagné d'un regard à cloison siphoïde avec fosse de décantation pour le traitement.

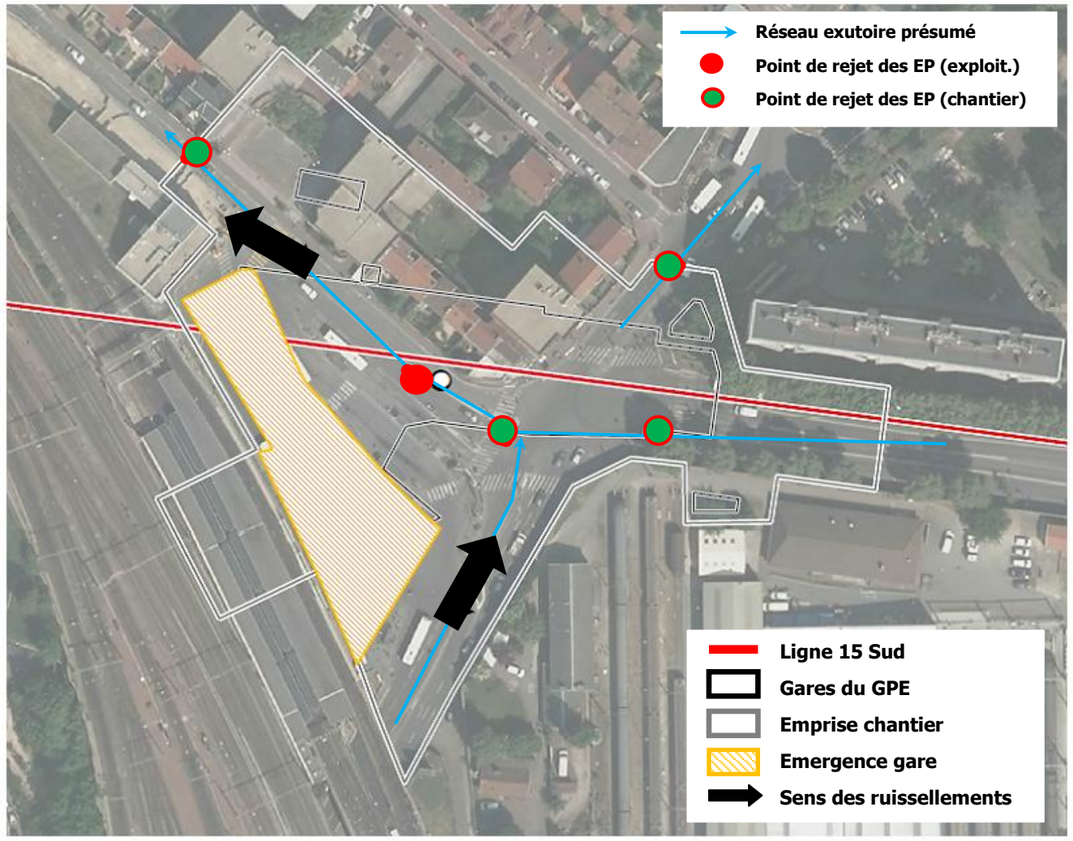
### 1.4.4.4 Gare Châtillon-Montrouge

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare de Châtillon-Montrouge est au croisement de 4 communes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transports : tramway T6, gare de métro M15.

L'environnement de la gare se compose côté Montrouge d'un quartier de petit habitat pavillonnaire, côté Bagneux d'un site de maintenance SNCF et côté Châtillon de zone tertiaire et d'habitat dense. Très peu d'espaces verts sont présents sur l'emprise du projet.

L'important faisceau de voies ferrées RATP/SNCF qui borde le terrain morcèle le quartier.




**Gare de Châtillon-Montrouge – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Ovoïde unitaire 1.9x1.0 Av. de la République / Max Dormoy** | Conseil départemental 92 | 10 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries** | **0,95** | 0.695 | 0.66 | 0.596 | 0.566 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.25 | 0.2375 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.1615 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.398 | 0.32 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **0.945** | **0.8977** | **0.994** | **0.8846** | **0.17** | **0.1615** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits équivalents voire inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

En phase exploitation, seule la toiture de la gare est concernée par une gestion spécifique. Le reste des espaces de l'emprise est reconfiguré comme à l'état intial. Il n'y a pas de parvis de la gare. Les espaces sont occupés par la voirie et la gare de bus présentes initialement.

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **Le projet n'aggrave pas les débits ruisselés<br>Bassin de rétention non nécessaire<br>Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise** | **5 L/s *<br>31 m$^3$ (toiture)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Traitement des carrières.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. LA situation sera améliorée par la gestion des eaux de toiture.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Cependant, les eaux pluviales de la phase chantier doivent être traitées, au moins en MES.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

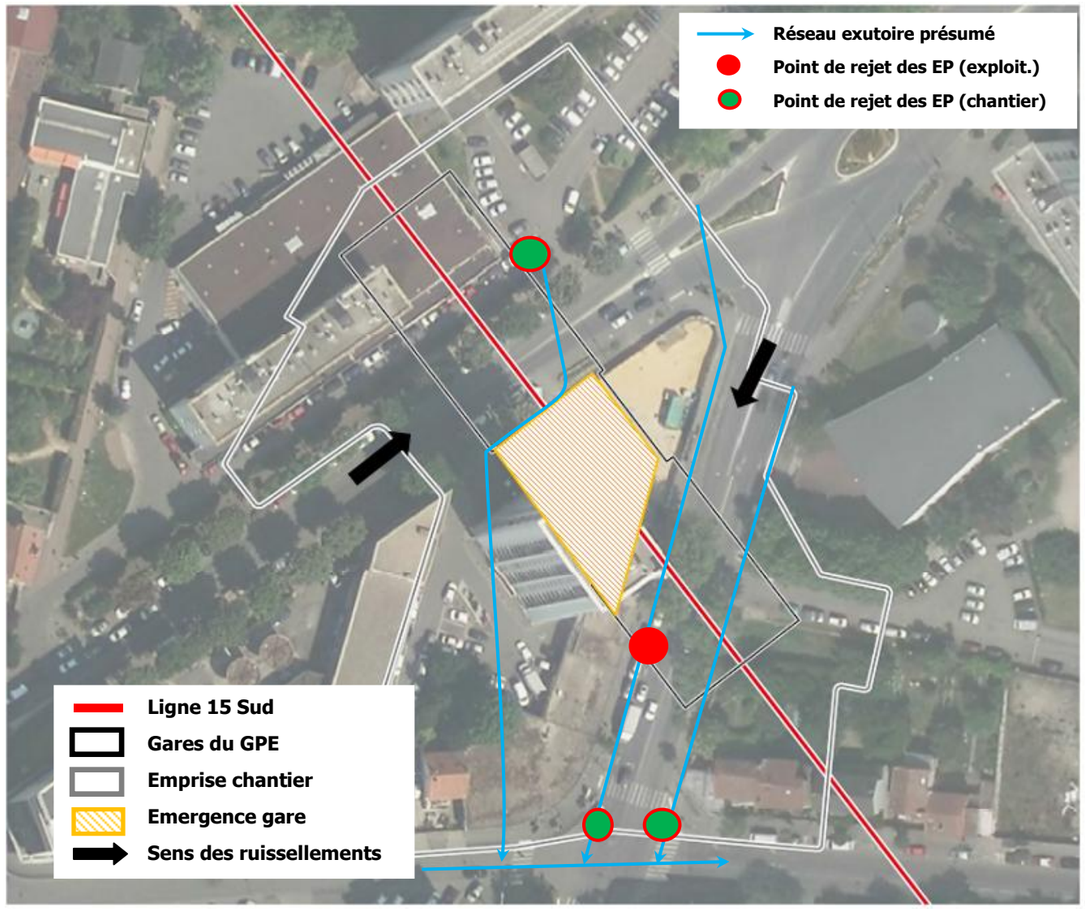
**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

### *1.4.4.5 Gare Bagneux*

*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare est implantée dans un contexte urbain dense et complexe en présence de bâti existant et de projets concomitants, notamment le projet de la station Bagneux du prolongement du métro M4. L'implantation est également contrainte par les artères urbaines de la zone, avenues Pasteur et Barbusse, et doit tenir compte des mutations futures de la zone dans le cadre du projet de la ZAC Victor Hugo porté par la SEMABA et la Ville de Bagneux.




**Gare de Bagneux – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau unitaire DN 300-400 mm Av. L. Pasteur / H. Barbusse** | Conseil départemental 92 | 10 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries et toitures** | **0,95** | 0.774 | 0.7353 | 0.258 | 0.245 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.093 | 0.088 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.774 | 0.62 | 0.00 | 0.00 |
| **Terrain vague stabilisé** | **0,5** | 0.516 | 0.258 | 0.258 | 0.129 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **1.29** | **0.9933** | **1.20** | **0.9933** | **0.093** | **0.088** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera équivalente à celle de l'état initial, générant des débits équivalents à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

Lors de la phase d'exploitation, **l**'espace voirie public est quasiment restitué comme à l'initial. Un imposant bâtiment doit être démoli du côté H. Barbusse au profit du chantier RATP. Après démolition, les surfaces associées seront laissées à l'état de sols tassés.

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **Le projet n'aggrave pas les ruissellements<br>Bassin de rétention non nécessaire<br>Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise** | **5 L/s<br>13 m³ (Toitures)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, parfois momentanément fermée (L. Pasteur), soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Dévoiement des réseaux de surface,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

Traitement des carrières.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s**

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiments existant, ne modifiant pas les débits générés. Le parvis sera d'une emprise réduite. Les espaces verts existants sont restitués de manière quasiment équivalente, au moins en surface.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Cependant, les eaux pluviales de la phase chantier doivent être traitées, au moins en MES..

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et connectée au réseau après le système de traitement..

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

### 1.4.4.6 Gare Arcueil-Cachan

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare d'Arcueil-Cachan est édifiée sur le territoire de la ville de Cachan, commune qui se situe à 2 km au sud de Paris et de la Porte d'Orléans.

Cette gare est positionnée au nord-est de la ville, à l'angle des avenues Carnot et Eyrolles à l'extrémité sud des quais du RER B. La gare RER existante est placée en limite du quartier sud d'Arcueil, elle dessert le quartier de la gare existant et plusieurs pôles universitaires : l'École Spéciale des Travaux Publics (ESTP), l'École d'Ingénieurs des Travaux de Construction (ESITC), et l'École Normale Supérieure (ENS). Elle doit permettre l'interconnexion avec la ligne B du RER et le réseau bus, en créant alors un nouveau pôle dégageant de nouveaux potentiels de développement urbain.

En effet, le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à évoluer d'abord sur l'emprise avec une potentielle opération immobilière connexe au projet de gare visant à créer une nouvelle polarité autour du pôle de transport.

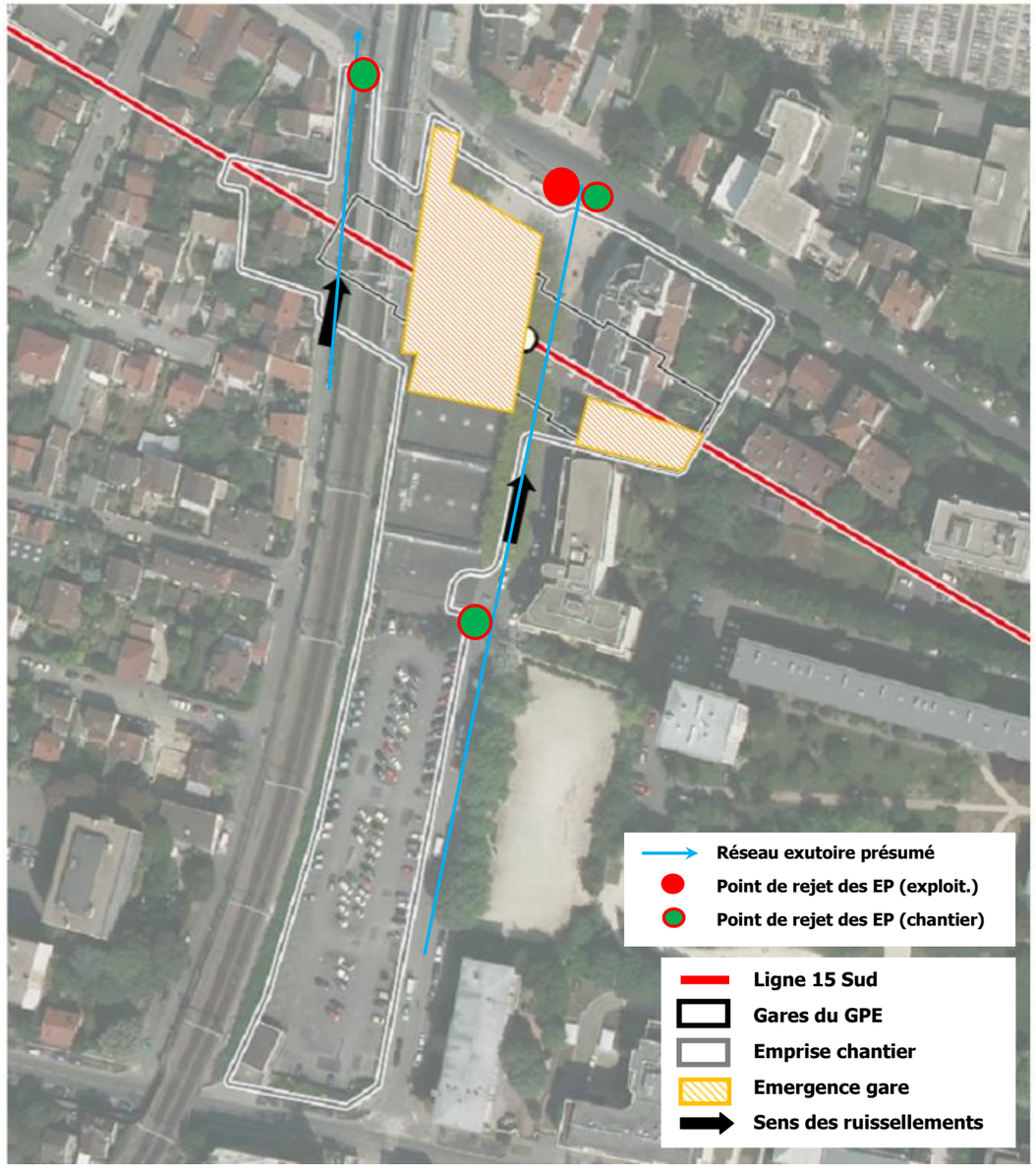
Le site est principalement marqué par la présence du viaduc du RER élément fort et structurant transversal à la grande direction de l'avenue Carnot et en limitant les perspectives au droit du pont.

Le bâtiment le plus marquant sur la place reste celui de l'Hôtel Kyriad dont l'arrondi d'angle en brique s'intercale entre deux parties en béton enduit blanc percé des fenêtres régulières des chambres. Celui-ci est destiné à être démoli dans le cadre du projet, tout comme l'ancien marché couvert qui a été reconstruit plus au sud dans l'avenue Léon Eyrolles, Côté nord du parvis à l'ouest du cimetière, quelques immeubles disparates avec des commerces en rez-de-chaussée forment l'angle de la rue du Dr Gosselin qui rejoint en remontant la gare RER existante.

Les édicules d'accès aux quais RER complètent de part et d'autre des voies le paysage bâti.

Côté est, de l'autre côté de l'avenue Carnot, se situent les franges du quartier pavillonnaire des Lumières mêlant sur l'avenue différents types de constructions (commerces, immeubles, maisons).

L'aqueduc de la Vanne est visible depuis le site, et reste un point de repère fort dans l'environnement urbain.




**Gare d'Arcueil-Cachan – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau unitaire DN 500 mm Partie Ouest – Av. L. Eyrolles** | Communal - Cachan | 5 L/s/ha |
| **Réseau unitaire DN 300 mm Partie Est – Rue de la Coopérative** | Communal - Cachan | 5 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries et toitures** | **0,95** | 0.949 | 0.901 | 0.542 | 0.515 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.218 | 0.2071 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.271 | 0.217 | 0.00 | 0.00 |
| **Terrain vague stabilisé** | **0,5** | 0.00 | 0.00 | 0.542 | 0.271 | 0.00 | 0.00 |
| **Parcelles bâties privées** | **0,4** | 0.407 | 0.1628 | 0.00 | 0.00 | | |
| **Total** | **-** | **1.356** | **1.0643** | **1.355** | **1.0027** | **0.218** | **0.2071** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel (parkings, halles et parvis), la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

**Les eaux de toiture de la gare sont collectées par un circuit spécifique** interne à la gare et comportant une cuve de régulation de 40 $m^3$.

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **Le projet n'aggrave pas les ruissellements<br>Bassin de rétention non nécessaire<br>Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise** | **5 L/s<br>45 $m^3$ (Toitures)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

*c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Traitement des carrières.

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, ne modifiant pas les débits générés.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

### *1.4.4.7 Gare Villejuif IGR*

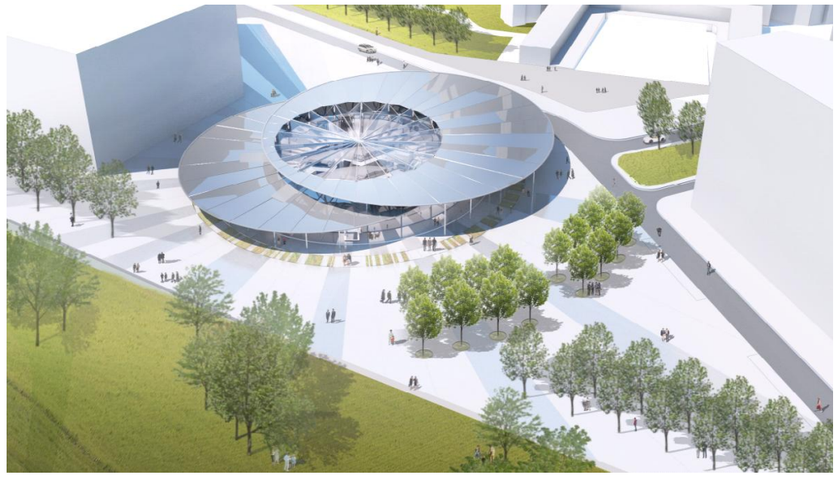
*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

L'arrivée d'un nouveau réseau souterrain métropolitain est l'occasion de redéfinir l'urbanité des territoires identifiés comme stratégiques dans le projet du Grand Paris. Ainsi, à Villejuif, le projet de la gare est indissociable du projet d'aménagement de la ZAC Campus Grand Parc qui prévoit le développement d'un quartier mixte, organisé autour d'équipements dédiés à la recherche et à la formation médicale d'excellence, renforçant la visibilité internationale et les moyens de l'Institut Gustave Roussy.

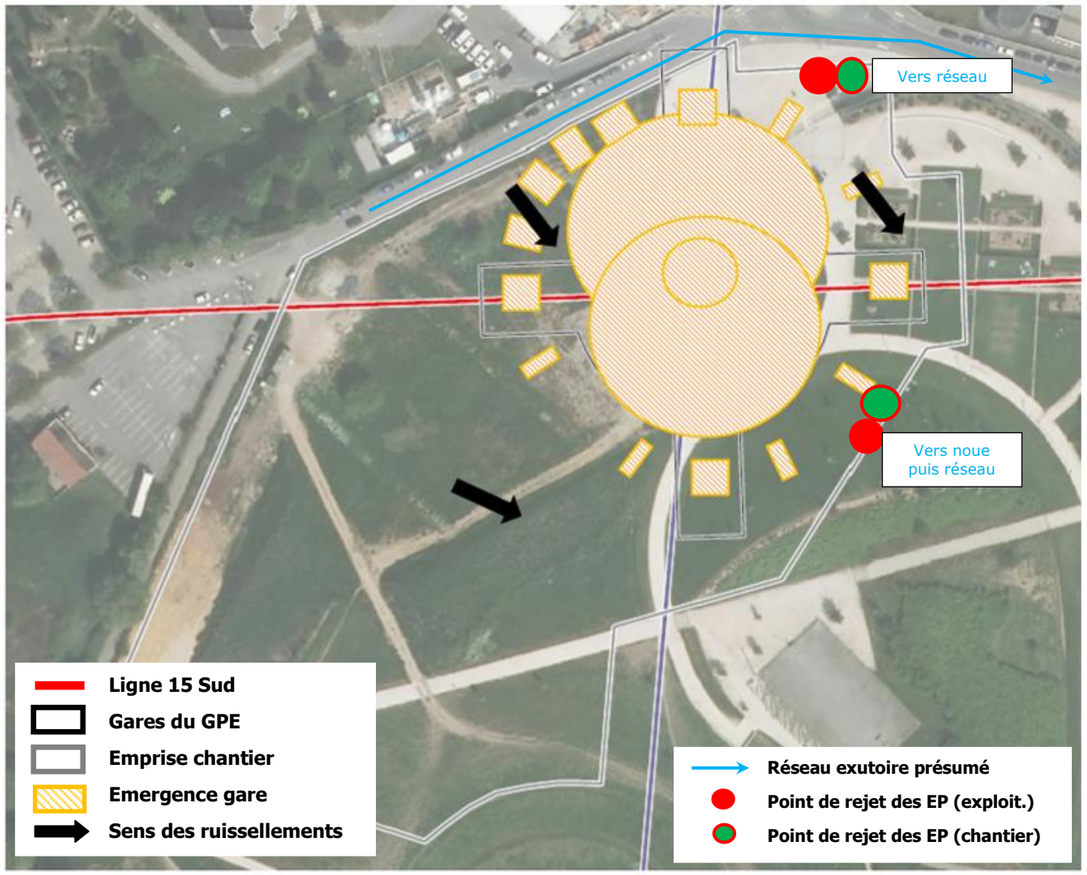
Aujourd'hui marqué par de grandes emprises foncières fermées, étanches aux mouvements de la ville, et ponctué d'éléments saillants hétérogènes qui distendent le tissu du Haut Villejuif, ce territoire va voir demain son urbanité renouvelée par l'implantation de nouveaux équipements et l'arrivée de nouvelles populations. Au cœur de ce dispositif, la future gare IGR articulera le maillage viaire, en créant le lieu de confluence d'un espace public requalifié et augmenté.

Traversée par la Coulée Verte départementale, bordée par la future promenade des Horizons, au contact du Parc des Hautes Bruyères, la future Gare et son parvis offrent de nombreux points de contact avec le paysage, dont elle constitue le barycentre.

Située entre les vallées de la Seine et de la Bièvre, sur le plateau de Longboyau, Villejuif est le point culminant du département du Val-de-Marne et l'un des points les plus hauts de la première couronne parisienne. La configuration topographique, entre coteaux et plateaux, divise la ville en deux entités géographiques, le Haut Villejuif, sur le plateau, et le Bas Villejuif, sur les versants. Le site retenu pour la construction de la Gare se développe sur la frange Ouest, il possède de nombreuses qualités. En effet la parcelle AH395 est libérée de toute construction, elle est à proximité immédiate du Parc des Hautes Bruyères, de l'IGR, et du centre-ville tout en bénéficiant d'une situation exceptionnelle en surplomb de la commune.



**Gare de Villejuif IGR – Perspective visualisant l'état futur en phase d'exploitation (source : Société du Grand Paris)**




**Gare de Villejuif IGR – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP privé Rue E. Vaillant** | SADEV | 5 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, surfaces enrobées** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures+parvis** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.48 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.769 | 0.6152 | 0.00 | 0.00 |
| **Terrain vague stabilisé** | **0,5** | 1.795 | 0.8975 | 1.282 | 0.641 | 0.567 | 0.5386 |
| **Espaces verts** | **0,2** | 0.769 | 0.1538 | 0.513 | 0.1026 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **2.564** | **1.0513** | **2.564** | **1.3588** | **0.567** | **0.5386** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant majoritairement occupés d'espaces verts, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **5 L/s<br>82 m$^3$** | **5 L/s<br>192 m$^3$ (Toiture et parvis)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend une seule catégorie de surfaces, l'axe de la rue E. Vaillant étant préservé en l'état et la circulation maintenue :

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 724 $m^3$ pour un rejet au réseau SADEV.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**<u>La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :</u>**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les espaces verts du Parc existant seront remplacés par un vaste parvis minéralisé, entrainant l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

La gestion des eaux pluviales de cet espace pourra être assurée par un volume de 550 $m^3$, soit par un bassin de rétention enterré sous le parvis, soit par une noue paysagère implantée à la frontière du projet avec la zone de développement de la ZAC (limite sud-est du site de la gare).

À terme, le rejet au réseau EP de la rue E. Vaillant est prévu, soit en totalité, soit sous forme de trop plein.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets du parvis de la gare.**

### d. <u>Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation</u>

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**<u>Phase chantier</u>**

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

**<u>Phase exploitation</u>**

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un regard à cloison siphoïde muni d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

### e. <u>Conclusion</u>

**<u>Phase chantier</u>**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 82 $m^3$ pour un rejet au réseau départemental.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**<u>Phase exploitation</u>**

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique à cause de l'imperméabilisation liée au parvis.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 192 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde ou une noue de même volume permettant le traitement.

La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique contribue significativement à cette gestion.

Pour autant, la constructibilité au Sud de la gare d'un ensemble immobilier donnant sur le parc aussi que la création de voiries nouvelles devraient améliorer la situation sur la plan hydraulique de ce secteur de la future ZAC Campus Grand Parc.

### 1.4.4.8 Gare Villejuif Louis Aragon

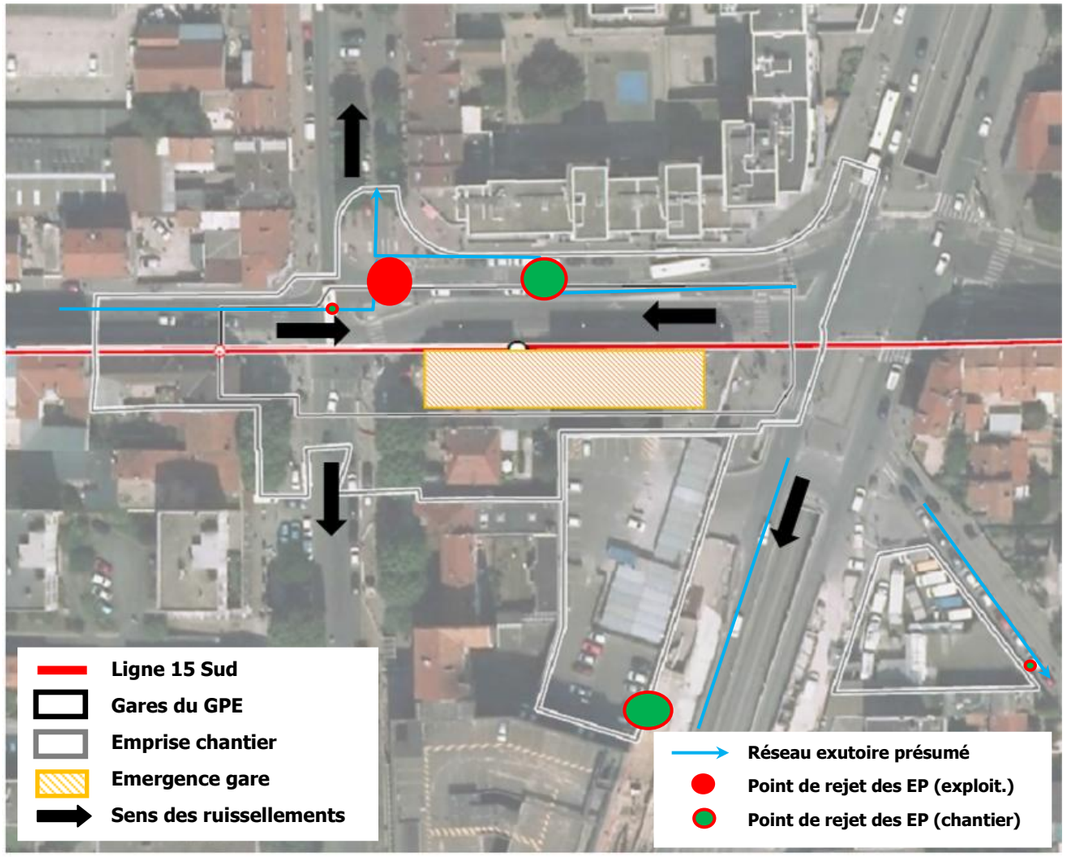
a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare de Villejuif Louis Aragon se situe au sud-est de la commune de Villejuif, dans un environnement dense, mixte et en pleine mutation. Sa proximité avec le centre-ville, un nouveau quartier (la ZAC Aragon) et l'hôpital Guiraud en fera une gare assez fréquentée (environ 7800 voyageurs/HP).

La gare vient s'insérer au nord de l'ilot dit « Aragon », à la place de plusieurs constructions en R+2 et se place ainsi en tête d'un ilot multimodal accueillant le métro terminus de la ligne 7, le tramway T7 (terminus vers Athis-Mons), une gare routière de 9 lignes de bus, ainsi qu'un parking relais de 472 places. De plus, elle s'implante en limite de deux axes routiers importants, l'avenue Louis Aragon (axe est-ouest) et le Boulevard Maxime Gorki (RD7) reliant Villejuif à Paris à la porte d'Italie (axe nord-sud).

L'environnement très urbain et les intermodalités (tramway d'un côté et gare routière de l'autre) ont amené à séparer les entrées de la gare en deux accès de part et d'autre de l'ilot, donnant sur deux carrefours opposés : Aragon/Stalingrad et Aragon/Gorki. Afin d'augmenter sa visibilité et permettre un large apport de lumière naturelle dans les niveaux inférieurs de la gare, les deux accès ont été placés dans une seule grande trémie surmontée d'une émergence vitrée.

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau unitaire DN 500 mm Av. L. Aragon** | Département – Conseil départemental 94 DSEA | 10 L/s/ha |
| **Ovoïde unitaire 2.2x1.3 Rue J. Jaurès** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |




**Gare de Villejuif Louis Aragon – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries+ toitures**, | **0,95** | 0.4 | 0.38 | 0.04 | 0.038 | 0.00 | 0.00 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.056 | 0.05 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 0.256 | 0.00 | 0.00 |
| **Terrain vague stabilisé** | **0,5** | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **0.4** | **0.38** | **0.4** | **0.314** | **0.056** | **0.05** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel (zones d'habitations denses, parkings, voiries), la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|
| **Débit de fuite**<br>**Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite**<br>**Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **Le projet n'aggrave pas les ruissellements**<br>**Bassin de rétention non nécessaire**<br>**Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise** | **5 L/s**<br>**6 m$^3$ (Toitures)** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées. L'avenue Aragon pourra être maintenue avec un sens unique tandis que la rue J. Jaurès sera condamnée lors de certaines phases de travaux.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare, réduit, sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, ne modifiant pas les débits générés.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau*.

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

### *1.4.4.9 Gare Vitry Centre*

*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

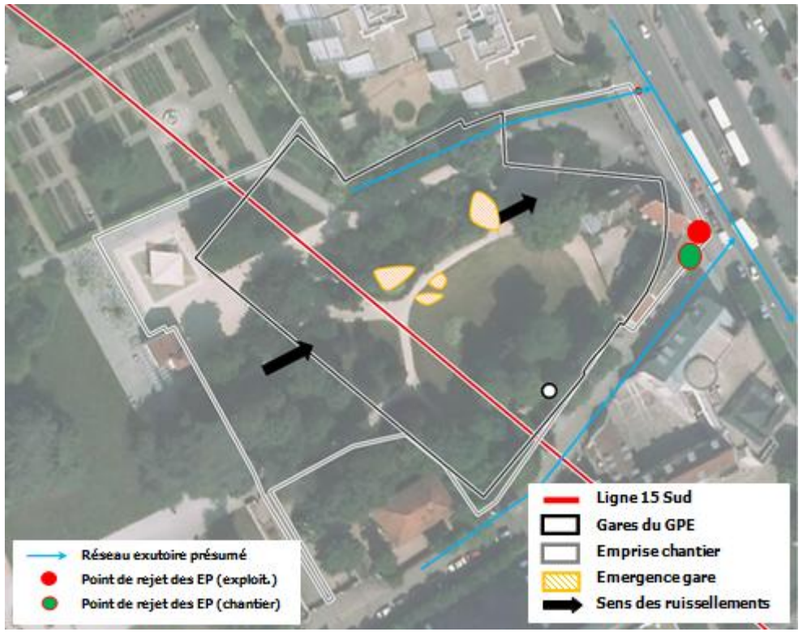
La gare de Vitry Centre est située sur le tronçon sud-est Noisy-Champs/Villejuif Louis-Aragon de la ligne rouge du métro automatique du Grand Paris Express.

Gare de « nouvelle centralité », elle s'implante dans un secteur actuellement dépourvu de réseau ferré. Le territoire qu'elle est appelée à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le Musée d'Art contemporain du Val-de-Marne : MAC-VAL, le théâtre Jean-Vilar, la bibliothèque Nelson-Mandela).

Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur la RD5 ou avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC, quartiers d'habitat dense particulièrement concernés par le nouvel équipement.

| **Gestion actuelle du réseau existant** | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP Rue E. Tremblay / Av. Robespierre** | Commune – Vitry sur Seine | 1 L/s/ha * |

* Valeur conforme au PLU de Vitry.




**Gare de Vitry Centre – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que le site de la gare et son emprise chantier interceptent un bassin versant amont correspondant à la partie haute du Parc du Coteau depuis la rue E. Til, à l'ouest (espaces verts, quelques bâtiments).

La phase chantier la plus préjudiciable correspond à la réalisation de la dalle de la gare, avant le creusement de la gare sous celle-ci.

| **VIC** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.11 | 0.10 | 0.36 | 0.34 | 0.01 | 0.00 |
| Toitures | 0.09 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0.01 |
| Toitures végétalisées | - | - | - | - | 0.48 | 0.33 |
| Sols tassés | 0.24 | 0.14 | 0.36 | 0.21 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | 0.09 | - | 0.04 | - |
| Espaces verts | 1.70 | 0.34 | 1.26 | 0.25 | 1.26 | 0.25 |
| **Total** | **2.13** | **0.66** | **2.13** | **0.86** | **1.80** | **0.61** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant principalement occupé par des espaces verts à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **VIC** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 1 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s | 5 L/s |
| **Volume du bassin** | 35 $m^3$ | 192 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, certains axes piétons seront réorganisés.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 616 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales de la partie du parc en recouvrement de la gare reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare, en sa partie découverte, sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, sur une surface moindre, n'entrainant pas d'aggravation des débits actuels.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 35 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur de type bassin de 145 $m^2$ de surface ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

L'emprise concernée par la gare sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 192 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un regard à cloison siphoïde.

### *1.4.4.10 Gare Les Ardoines*

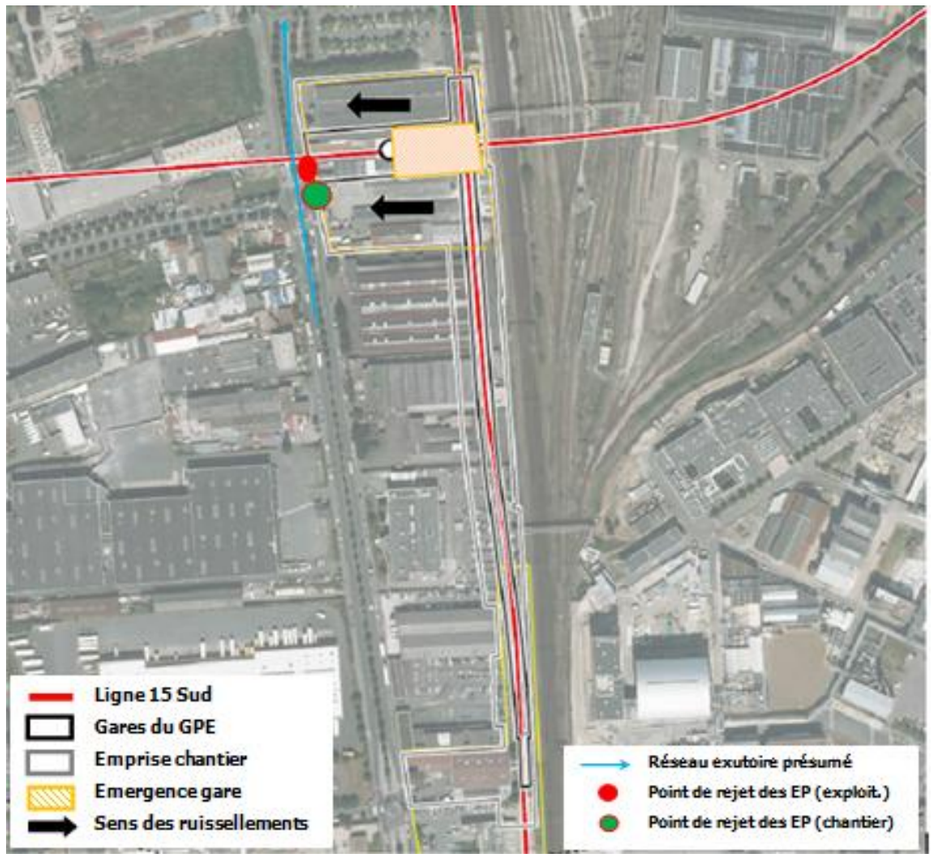
*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Le terrain d'implantation de gare GPE se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry sur Seine. Elle dessert un tissu urbain contrasté, industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest, voué à se transformer en profondeur dans le cadre du projet d'intérêt national « Orly Rungis Seine Amont » dont fait partie le projet de la ZAC Gare des Ardoines. Ce projet se construira progressivement autour de la nouvelle gare.

La gare actuelle est en connexion avec un réseau de bus existants et un parking relais de plein pied.

Les parcelles où s'implante la future gare sont actuellement occupées par des hangars voués à la démolition.

Le site de la gare situé à l'ouest du réseau ferré est entièrement coupé des territoires est auxquels il n'est relié que par trois passerelles privées. Les deux premières – SNCF – permettent l'accès aux quais du RER et aux halles SNCF (pour le personnel), l'autre plus au sud permet l'accès aux emprises SANOFI.




**Gare des Ardoines – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP DN 400 mm Rue L. Geffroy** | Commune – Vitry sur Seine | 1 L/s/ha * |
| **Réseau EP DN 1800 mm Rue L. Geffroy** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |

* Valeur conforme au PLU de Vitry.

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Concernant la phase chantier de la gare des Ardoines, après plusieurs tests, la phase la plus préjudiciable en termes d'imperméabilisation des sols se situe après destruction de l'existant et décapage des sols mais avant la réalisation des terrassements, des tranchées ouvertes et de la pose de la dalle. On a alors uniquement des sols tassés et les zones de base vie (comptées en surfaces enrobées et toitures).

| **ARD** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.32 | 0.30 |
| Toitures | 1.08 | 1.03 | 0.05 | 0.05 | 0.55 | 0.52 |
| Sols tassés | - | - | 1.09 | 0.66 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | 0.05 | 0.01 | - | - | - | - |
| **Total** | **1.40** | **1.29** | **1.40** | **0.94** | **0.87** | **0.82** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupé par des bâtiments industriels et des voiries/parkings à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer la diminution du ruissellement global du site.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **ARD** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 10 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | Pas d'accroissement | 9 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | | 230 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales du site reste le même : rejet au réseau de la rue L. Geffroy.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 35 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

L'emprise concernée par la gare sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 230 $m^3$ pour un rejet au réseau.

- D'un regard à cloison siphoïde.

### *1.4.4.11 Gare Le Vert de Maisons*

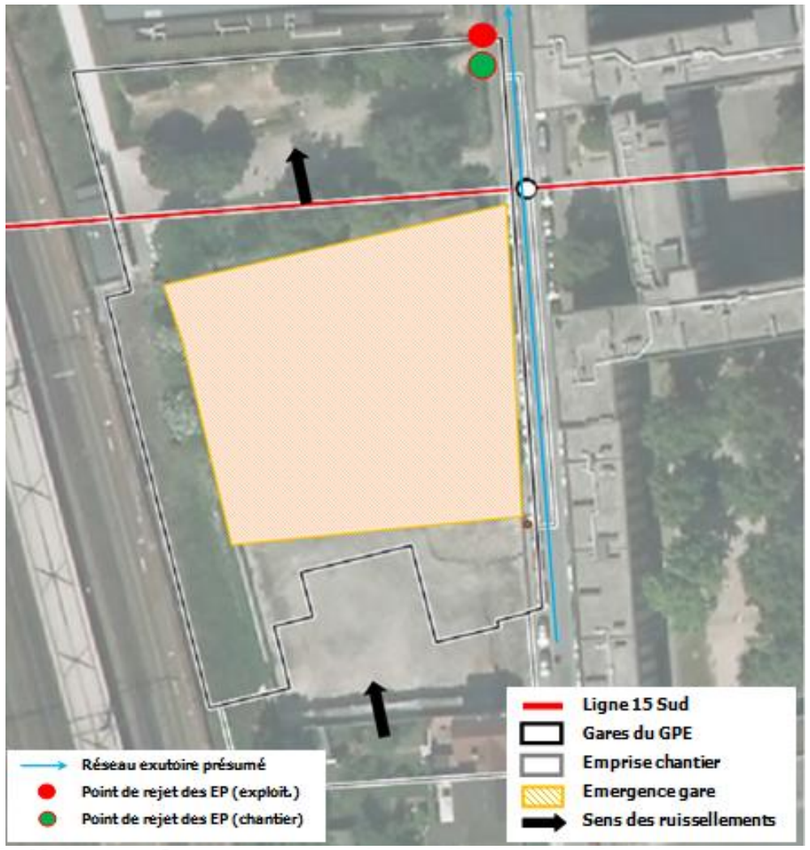
*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Située sur le territoire des communes d'Alfortville et de Maisons-Alfort (94), le Vert de Maisons est une gare ferroviaire de la ligne Paris-Lyon à Marseille-Saint-Charles. .

Côté Alfortville, à l'ouest, le tissu urbain à proximité de la gare est divers, à la fois composé de petits pavillons à proximité immédiate, mêlés à de grands ensembles dans un périmètre plus vaste. Ces derniers font aujourd'hui l'objet de projets de rénovation urbaine. Côté Maisons-Alfort, le parvis de la gare, sur lequel sera insérée la partie émergente de la gare est entouré d'ensembles de logements collectifs, d'un immeuble de bureaux et d'une zone en friche (après démolition récente de bâtiments industriels) côté sud.

La gare est constituée comme suit :

- accès au quai central : réalisé par deux passages souterrains servant également de passages publics en extrémité nord et sud de la gare,
- accès secondaire de jour et de nuit du quai 1 (quai de secours) depuis le square de la Liberté.




**Gare de Vert de Maisons – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau d'assainissement DN 300 mm Av. de la Liberté** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| **VDM** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | - | - |
| Toitures | 0.04 | 0.04 | - | - | 0.40 | 0.38 |
| Sols tassés | 0.26 | 0.16 | 0.53 | 0.32 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | 0.22 | 0.04 | - | - | - | - |
| **Total** | **0.65** | **0.36** | **0.65** | **0.43** | **0.40** | **0.38** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface représentative d'espaces verts, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **VDM** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 10 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s | 5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | 7 $m^3$ | 93 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 7 $m^3$ pour un rejet au réseau DSEA.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

Il sera nécessaire de prévoir un ouvrage de rétention permettant de réguler les débits rejetés au réseau de l'Avenue de la Liberté.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries, toitures et parvis de la gare.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

**Phase exploitation**

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

*Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 7 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

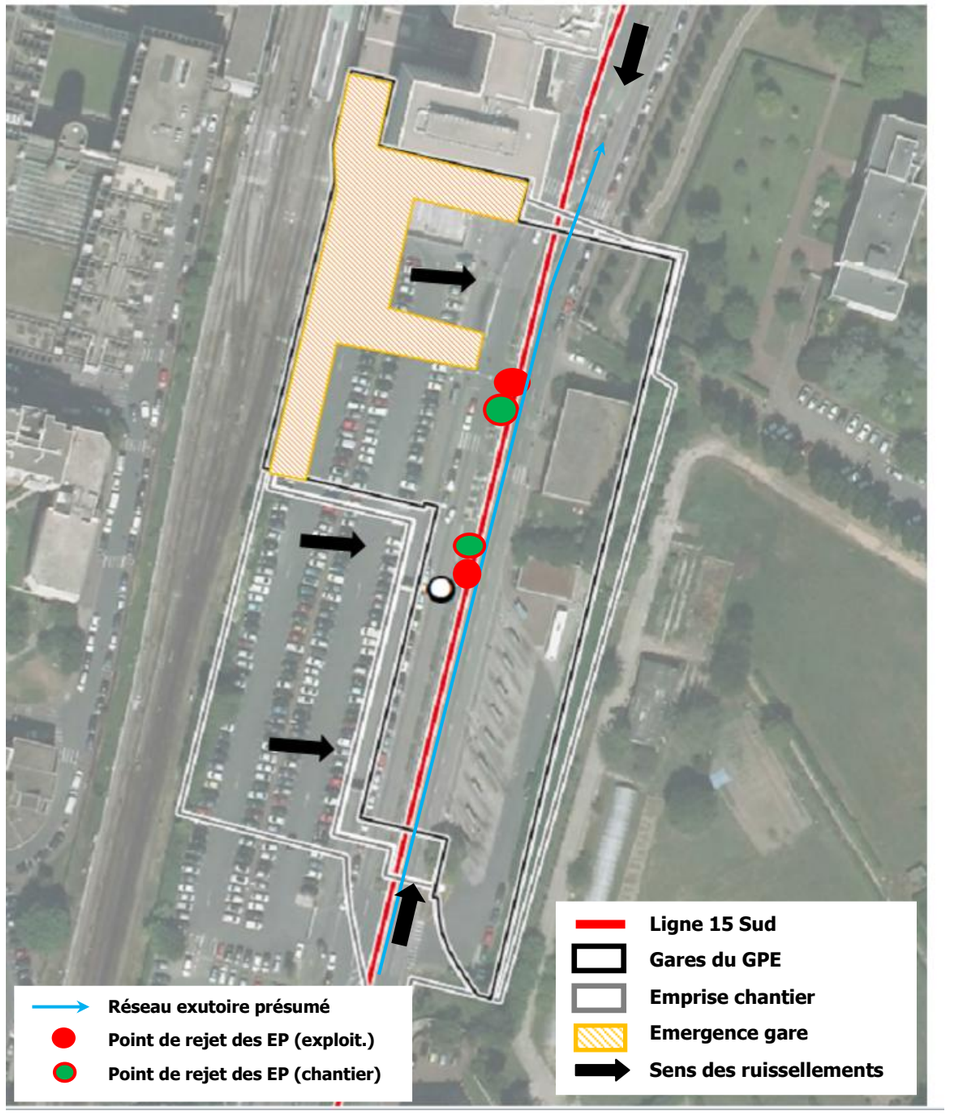
Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 93 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

### *1.4.4.12 Gare Créteil l'Echat*

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La nouvelle gare de Créteil l'Echât est une gare de nouvelle centralité qui, telle une pièce de puzzle ou pièce d'union, unit différentes entités programmatiques éloignées dans le quartier qu'elle renvoie vers son parvis. La nouvelle place ainsi créée devant la gare connectera les usagers vers la future entrée de l'hôpital Henri Mondor et les quartiers situés à l'est de la nouvelle gare.




**Gare de Créteil l'Echat – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau d'assainissement DN 400/500 mm Av. G. Eiffel** | Commune de Créteil | 5 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| **CLE** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 1.36 | 1.29 | 0.74 | 0.70 | - | - |
| Toitures | 0.07 | 0.07 | 0.03 | 0.03 | 0.34 | 0.32 |
| Sols tassés | - | - | 0.64 | 0.38 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | 0.16 | 0.03 | - | - | - | - |
| **Total** | **1.58** | **1.38** | **1.41** | **1.12** | **0.34** | **0.32** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **CLE** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 5 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | Pas d'accroisement | 5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | | 73 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit nouvellement créées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pour partie pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins. Le reste de la zone chantier s'assoit sur les parkings et arrêts de bus existant.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 73 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau..

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

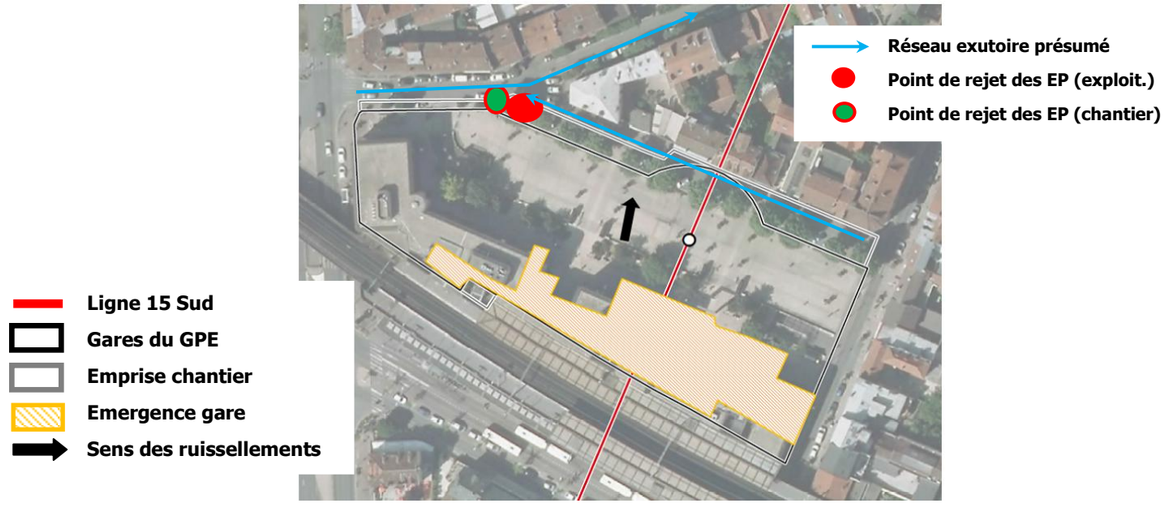
La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 73 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

### *1.4.4.13 Gare Saint-Maur Créteil*

*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Le terrain d'implantation de gare Saint-Maur-Créteil se situe en bordure de la voie du RER A sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. Le site comprend un vaste immeuble de bureaux surplombant la place dite « Parvis de Saint-Maur. L'environnement général du site est de type zone d'habitation de centre-ville.

La gare remplacera l'immeuble de bureaux qui sera démoli pour les besoins de l'infrastructure de transport, afin de permettre l'implantation du hall voyageurs de la gare.
Par ailleurs, l'émergence gare assurera la continuité du lien existant de manière à conserver une fluidité entre gare routière et parvis. Au-delà de la fonctionnalité et d'une bonne organisation des espaces de distribution du bâtiment voyageurs, son insertion dans le quartier nécessitera la requalification du lien de ville et de la façade côté gare routière.
La gare de Saint-Maur Créteil deviendra alors une gare de proximité à l'échelle de son quartier.




**Gare de Saint-Maur-Créteil – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau d'assainissement DN 400/600 mm Rue Bobillot** | Commune de Saint Maur des Fossés | 5 L/s/ha |
| **Ovoïde unitaire 1.8x1.0 Av. Desgenettes** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| **SMC** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.62 | 0.58 | - | - | - | - |
| Toitures | 0.24 | 0.23 | - | - | 0.13 | 0.12 |
| Toitures végétalisées | - | - | - | - | 0.06 | 0.04 |
| Sols tassés | - | - | 0.86 | 0.52 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | - | - | - | - | - | - |
| **Total** | **0.86** | **0.81** | **0.86** | **0.52** | **0.19** | **0.17** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **SMC** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 5 L/s/ha (commune) | | 10 L/s/ha (département) | |
| **Débit de l'ouvrage** | Pas d'accroissement | 5 L/s | Pas d'accroissement | 5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | | 26 $m^3$ | | 26 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 26 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau. D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 26 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

### *1.4.4.14 Gare Champigny Centre*

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

La gare de Champigny Centre s'implante sur un site positionné dans un territoire urbain préexistant situé à 700 m à l'Ouest du centre-ville de Champigny. Le terrain choisi était jusqu'alors dédié aux services techniques de la ville.

Caractéristique des communes de l'Est parisien, l'environnement urbain de la gare se compose d'une grande diversité de fonctions et de typologies de construction, associant immeubles de rapport d'avant-guerre (R+4), ensembles de logements de la seconde moitié du 20ème siècle (R+5/R+7), locaux de commerces et d'activités (RDC/R+1), pavillons particuliers et maisons en meulière.

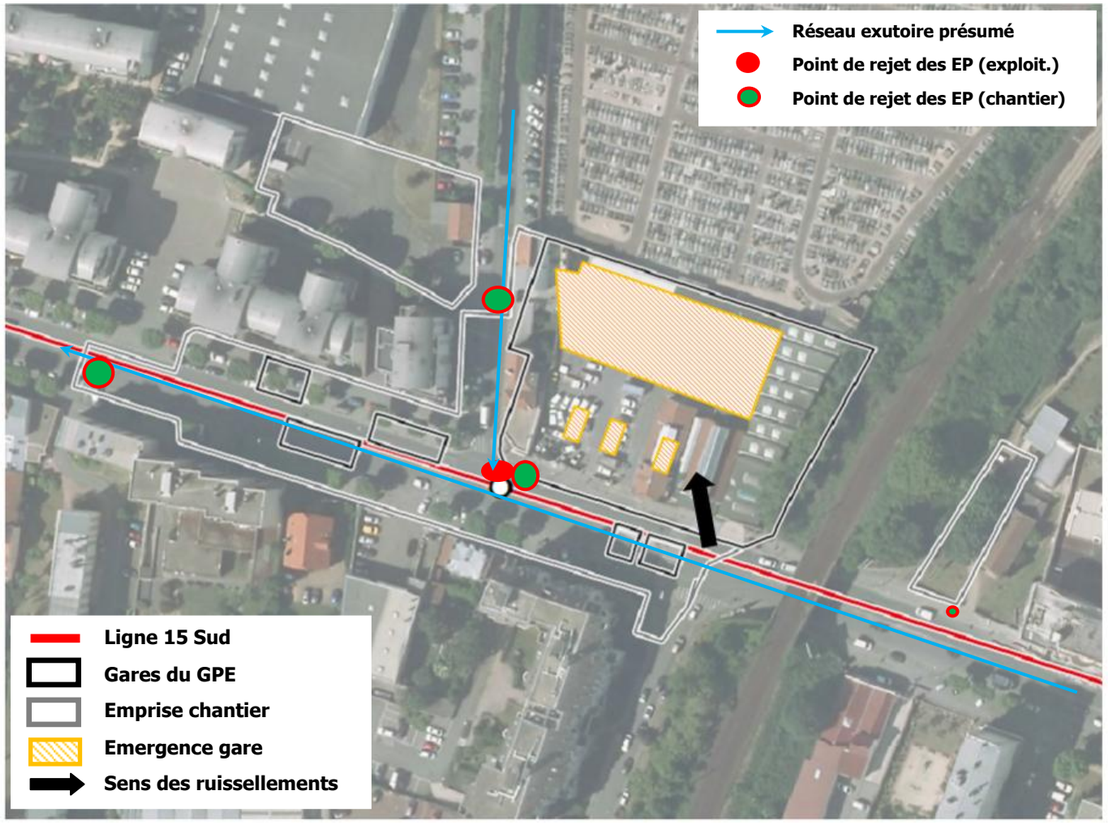
Le contexte urbain de la future gare présente un caractère hétéroclite et épars, voué à être revalorisé et densifié avec l'arrivée de la gare du GPE. À l'Ouest, le projet de reconversion de l'usine de la Boulonnerie en ensembles de logements collectifs de hauteur R+5 à R+8 sera vecteur de densité à proximité immédiate de la gare. À l'Est du talus ferroviaire, la reconstruction du temple couplé à la création de nouveaux logements collectifs est à l'étude. La collectivité a également acquis un pavillon faisant face à la future gare et envisage l'acquisition du garage voisin.

Le paysage urbain est marqué par l'omniprésence des voies ferrées de fret qui traversent la commune du Nord au Sud. Elle délimite le site à l'Est par un talus ferroviaire de 10m de haut. Ses flancs sont largement végétalisés et constituent la présence végétale la plus marquante du site.

Le site est desservi par l'axe routier principal de la ville, l'avenue Roger Salengro (ex-RD4), orienté Est-Ouest. Cet axe est planté de tilleuls taillés en marquise dont la présence ponctuelle contraste avec les masses végétales qui couvrent le talus ferroviaire.

Au droit de la future gare, un pont-rail assure le franchissement de l'Avenue Roger-Salengro et fabrique une figure singulière et identitaire du site choisi ; une voûte parée de pierres meulière. Elle forme une porte monumentale à proximité de la future gare.

Le territoire de Champigny est délimité, au nord comme au sud par la Marne. La parcelle de la gare est reliée à la Marne (à 600m) par la rue de la Plage. Si le site n'est pas directement ouvert sur les paysages de bords de Marne, ces derniers marquent les esprits et l'histoire des lieux.




**Gare de Champigny Centre – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Ovoïde unitaire 2.3x1.3 RD 4** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

| **CHC** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.88 | 0.84 | 0.10 | 0.09 | 0.19 | 0.18 |
| Toitures | 0.26 | 0.24 | 0.04 | 0.04 | 0.33 | 0.31 |
| Sols tassés | - | - | 0.95 | 0.57 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | 0.11 | 0.02 | - | - | - | - |
| **Total** | **1.24** | **1.10** | **1.09** | **0.70** | **0.52** | **0.49** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits équivalents à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface majoritaire de voiries/parkings et bâtiments d'une part et quelques espaces verts d'autre part, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer une légère diminution du ruissellement global.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **CHC** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 10 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | Pas d'accroissement | 5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | | 137 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 137 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 137 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

### *1.4.4.15 Gare Bry-Villiers-Champigny*

f. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

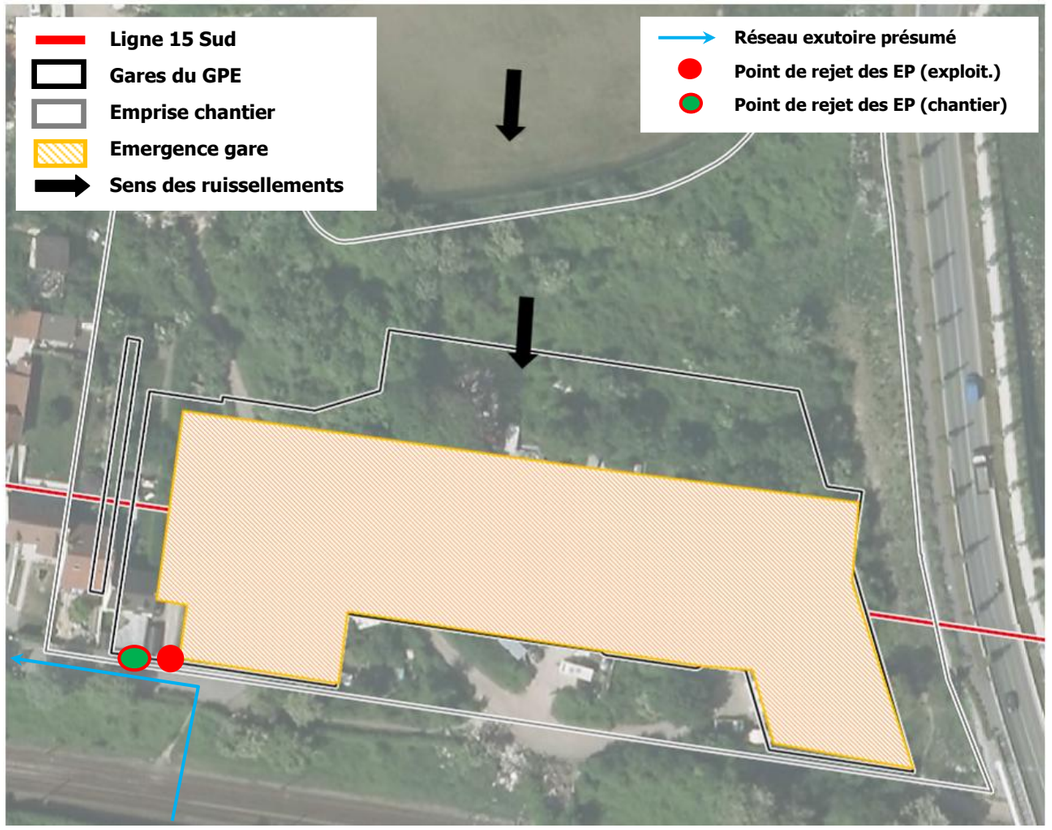
Le projet de gare fait partie d'un site en devenir à la jonction des 3 communes de Champigny-sur-Marne, Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne. Elles représentent une large réserve foncière initialement constituée pour la création de l'A85/VDO. Ce vaste plateau, éloigné des centres urbains, est morcelé par des infrastructures routières et ferrées :

- au Sud, le faisceau ferré existant qui accueille notamment la circulation de trains de la ligne E du RER et des Transiliens,
- au Nord, l'autoroute A4,
- à l'Est, le boulevard Jean Monnet (RD10).

Le site choisi n'est pas construit. Il est jouxté au Nord par un practice de golf, à l'Est par un tissu commercial accueillant Bricorama et IKEA et à l'Ouest, le long des voies ferrées, par un tissu pavillonnaire de faible envergure. Sa desserte est actuellement très sommaire et se fait par un réseau viaire limité. Les différences altimétriques liées à la topographie du lieu et la présence des voies ferrées complexifient également l'accès. Seul le chemin des Boutareines, en passage sous l'ouvrage existant de franchissement des voies ferrées permet l'accès au terrain naturel.

La desserte du site va être accrue par la création d'une nouvelle gare sur le réseau RFF (RER E et Transiliens) au droit de l'arrêt du GPE. Ce territoire, nouvellement desservi, est promis à un développement urbain d'envergure.

Un vaste quartier, au travers de différentes ZAC, est en réflexion depuis plusieurs années. EPAMARNE, en charge des études, projette notamment la création de près de 140 000 m² de surface bâtie, mêlant espaces commerciaux et logements autour d'une nouvelle trame.




**Gare de Bry-Villiers-Champigny – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP<br>DN > 600 mm<br>Rue des Hautes Bonne Eau** | Commune de Champigny sur Marne | 5 L/s/ha |

g. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

**À noter que l'emprise de la gare et du chantier intercepte un bassin versant amont correspondant à une partie des terrains de golf situés au-dessus du site de projet. Ce bassin versant amont présente une surface d'environ 2.5 ha occupés par des espaces verts.**

La phase chantier la plus préjudiciable correspond à la réalisation de la dalle de liaisonnement et au terrassement des plateformes et talus (terres tassées).

| **BVC** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | | **Phase exploitation** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.25 | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.25 | 0.24 |
| Toitures | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.79 | 0.75 |
| Sols tassés | 0.09 | 0.05 | 1.34 | 0.81 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - | - | - |
| Espaces verts | 3.74 | 0.75 | 2.53 | 0.51 | 2.50 | 0.50 |
| **Total** | **4.13** | **1.09** | **4.13** | **1.56** | **3.54** | **1.49** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| **BVC** | **Phase chantier** | **Phase exploitation** |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 5 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s | 17.7 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | 130 $m^3$ | 388 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

h. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichement et abattage d'arbres,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- (Dévoiement des réseaux de surface)

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 130 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 388 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries et parvis de la gare, ainsi que les eaux de ruissellement provenant du bassin versant amont.**

i. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales :

**Phase chantier**

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

**Phase exploitation**

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

j. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 130 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 388 $m^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

### 1.4.4.16 Gare Noisy-Champs

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare emblématique de Noisy Champs, sur le réseau du Grand Paris Express, prend place dans un territoire situé à la limite des communes de Noisy le Grand et de Champs sur Marne, dans un contexte urbain et paysager en pleine mutation. En correspondance avec le RER A, elle est une station d'interconnexion majeure de la métropole, offrant une grande richesse de destinations possibles.

L'arrivée du nouveau pôle multimodal est le moteur d'un ambitieux projet de restructuration du boulevard du Rû de Nesles et de ses abords, pour composer un nouveau quartier autour de la gare, et de part et d'autre du boulevard.

La gare est au centre d'une place, lieu de continuités urbaines et végétales, où se croisent les liaisons principales du site : le mail des étudiants, les promenades arborées et les cheminements piétons depuis les boulevards et les quartiers riverains.

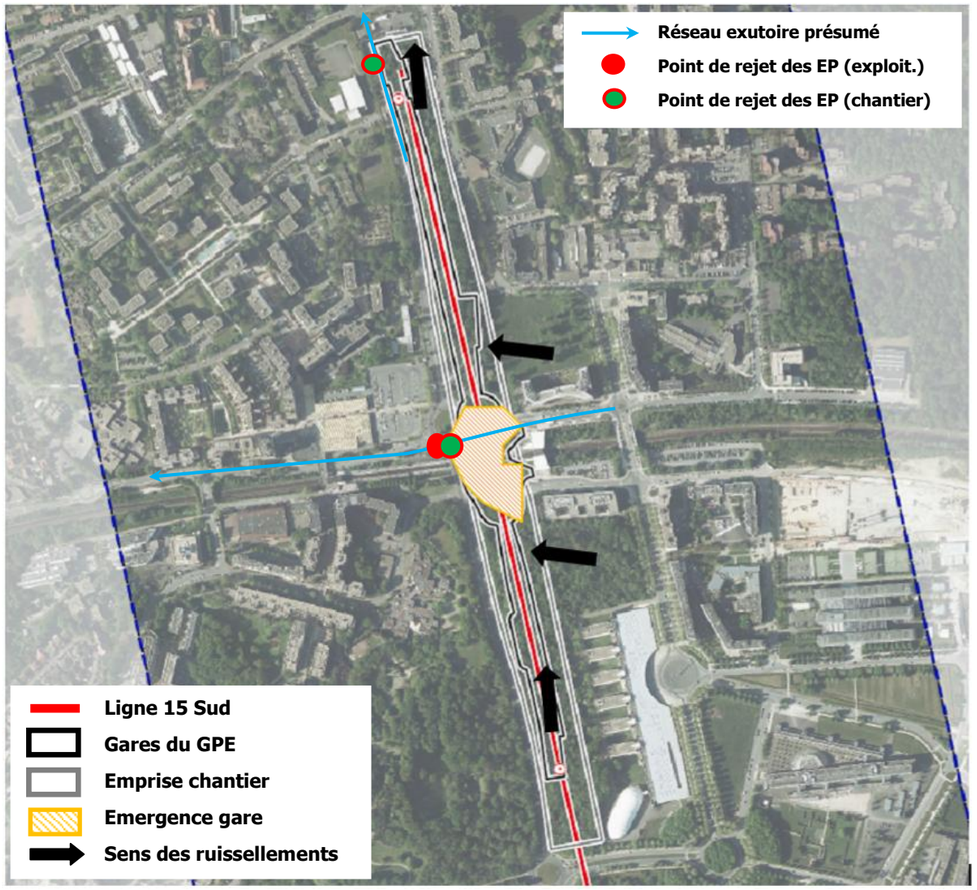
Elle est le cœur d'un système d'intermodalité forte des transports, qui organise la circulation de surface en proposant un nouveau partage de l'espace public au profit des piétons, des autobus et des circulations douces et interconnecte les modes de déplacement urbain avec les réseaux ferrés des lignes des métros 15, 16 et demain 11 et avec le RER A.

Placée dans l'axe du futur boulevard du Ru de Nesle, la gare est parfaitement repérable dans le paysage urbain.

Son émergence est formée de deux spirales coniques qui se déploient depuis deux directions opposées et se réunissent en s'élevant au sommet, au centre de la gare.

Un environnement végétal très présent marque aujourd'hui le site. Cette caractéristique est un des axes de la conception qui se traduit par l'inscription de la gare dans un écrin végétal.

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP DN 300 et/ou 400 mm Rue des Hauts Chateaux / rue Archimède** | Communes | 5 L/s/ha |




**Gare de Noisy-Champs – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

**À noter que la gare et l'emprise chantier associée interceptent un bassin versant amont d'une surface d'environ 2.18 ha constituée d'espaces verts et boisés localisés en bordure est de l'emprise chantier (espaces verts situés entre l'avenue Ampère et l'emprise chantier).**

Concernant la gare de Noisy-Champs, la phase chantier la plus préjudiciable est en considérant :

- la gare et les avant et arrière gare en tranchée ouverte (ou avec dalle située sous le niveau du terrain naturel),
- le bassin versant "espaces verts" situé en amont,
- des zones imperméabilisées pour la base vie et les zones de stockage spécifiques (tunnelier, ferraillage, etc.),
- des terres tassées sur le reste.

| NCH | Etat initial | | Phase chantier | | Phase exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.63 | 0.60 | 0.29 | 0.28 | - | - |
| Toitures | - | - | 0.15 | 0.15 | 1.09 | 1.04 |
| Sols tassés | - | - | 4.34 | 2.60 | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | 3.22 | - | - | - |
| Espaces verts | 9.55 | 1.91 | 2.18 | 0.44 | - | - |
| **Total** | **10.19** | **2.51** | **10.19** | **3.46** | **1.09** | **1.04** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.**

| NCH | Phase chantier | Phase exploitation |
|---|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 5 L/s/ha | |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s | 5.5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | 320 $m^3$ | 344 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une nouvelle voie,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichage et abattage d'arbres,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 320 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine une légère augmentation de l'imperméabilisation due à la création du parvis de la gare. Les voiries publiques initiales seront restituées comme à l'état initial.

Toutefois, une rétention des eaux pluviales de la partie imperméabilisée de la gare doit être mise en place conformément à la méthodologie appliquée. Les eaux pluviales des espaces verts seront gérées indépendamment par infiltration et évaporation, sans mélange avec les eaux de voiries existantes ou nouvelles.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur, mais nécessite de prévoir une rétention avec régulation des rejets au réseau de Noisy-le-Grand et/ou de Champs-sur-Marne.**

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**Phase chantier**

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

**Phase exploitation**

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 344 m$^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

**Phase chantier**

L'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 320 m$^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 344 m$^3$ équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

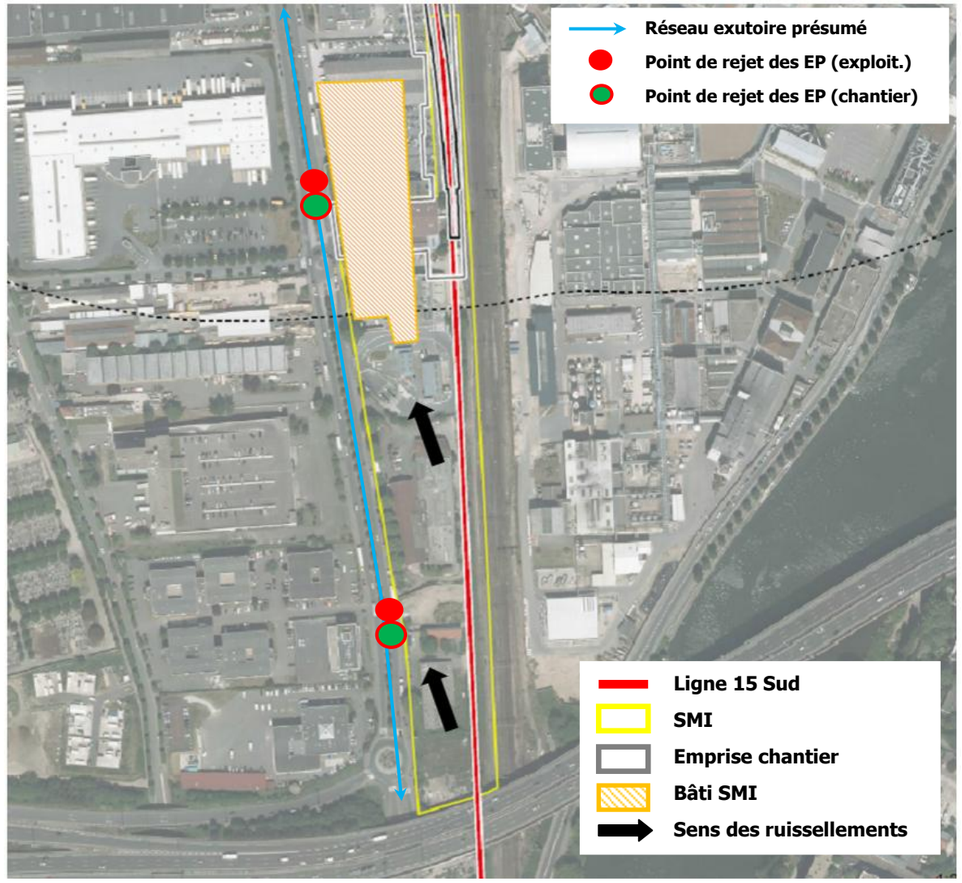
## 1.4.5 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les sites de maintenance

### *1.4.5.1 SMI de Vitry*

*a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Le SMI est localisé entre la rue L. Geffroy et la voie de RER à Vitry-sur-Seine, directement au sud de la gare GPE des Ardoines. Le site fait partie de la ZAC des Ardoines gérées par EPA ORSA et dont la fiche de prescriptions impose un débit de fuite maximal de 1 l/s/ha pour les entités de plus de 1 ha et un calcul avec une période de retour de 20 ans.

Le projet consiste en la démolition des bâtiments présents, la dépollution des sols, le dévoiement des réseaux, opérations préalables à la création des voiries et bâtiments du SMI.




**SMI de Vitry-sur-Seine – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP DN 1800 mm Rue L. Geffroy** | Département – Conseil départemental 94 - DSEA | 10 L/s/ha |

*b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que la gestion des eaux du SMI est différente de celle des gares. En effet, dans le cas des sites de maintenance, les eaux pluviales provenant des toitures sont également prises en compte.

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, surfaces enrobées** | **0,95** | 2.06 | 1.95 | 2.10 | 2.00 | 4.10 | 3.90 |
| **Toitures** | **0,95** | 0.84 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | | |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0.39 | 0.31 | 2.00 | 1.60 | 0.00 | 0.00 |
| **Espaces verts** | **0,2** | 0.82 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Total** | **-** | **4.10** | **3.23** | **4.10** | **3.60** | **4.10** | **3.90** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs.** La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface représentative d'espaces verts/friche, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera supérieure à celle de l'état initial, augmentant les débits évalués à l'exutoire du projet.

| Données d'entrée | | État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|---|---|
| **Débit de fuite maximum autorisé** | **Période de retour de la pluie retenue** | **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **1L/s/ha** | **20 ans** | **4,1 L/s 3760 m³** | **4,1 L/s 4120 m³** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

*c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichement et abattage d'arbres,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dépollution,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 3 760 m³ pour un rejet au réseau communal.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.**

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

Il sera nécessaire de prévoir un ouvrage de rétention permettant de réguler les débits rejetés au réseau de la rue L. Geffroy.

**En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries et des bâtiments du SMI.**

### d. *Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation*

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**Phase chantier**

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

**Phase exploitation**

**En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).**

*Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

### e. *Conclusion*

**Phase chantier**

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 3 760 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un bassin de décantation de 839 m² ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

L'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 4 120 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

- D'un bassin de décantation de 888 m² ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

### 1.4.5.2 SMR de Champigny

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Le SMR est localisé à 300 m au sud de la gare GPE de Bry-Villiers-Champigny. Le site est limité au sud par la rue de Bernaü, à l'ouest par les avenue A. Croizat et B. Frachon.
Le site empiète sur un tronçon de la rue A. Fourny.

Le projet est organisé en six grands secteurs, positionnés essentiellement sur le niveau rez-de-voie:

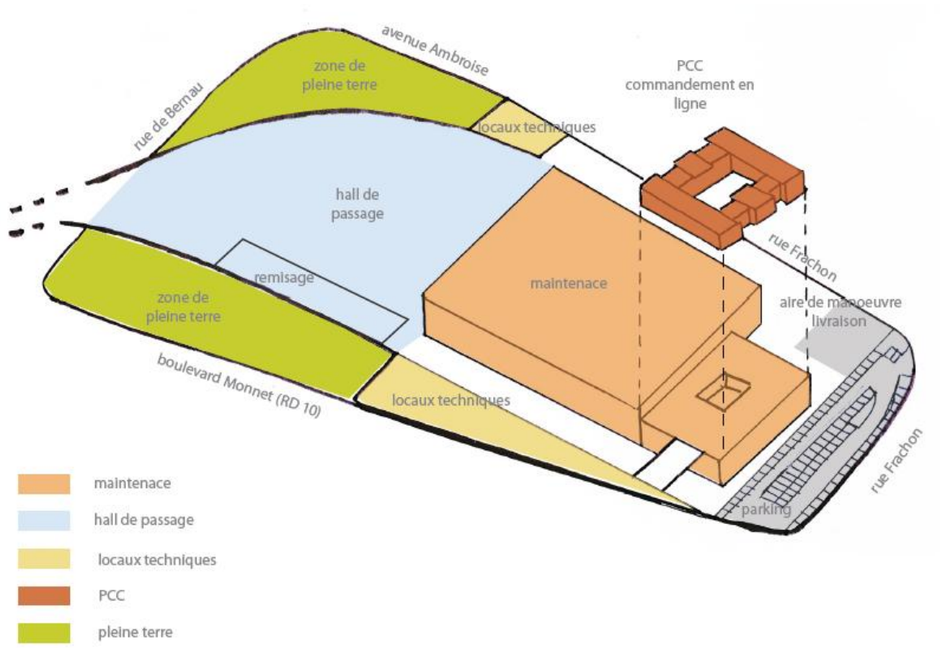
- les positions d'échange, position de passage et hall de remisage,
- les ateliers de maintenance,
- le socle de maintenance,
- le bâtiment d'accueil, bureaux opérationnels, locaux d'accompagnement et espaces du commandement,
- les locaux techniques,
- les espaces extérieurs.

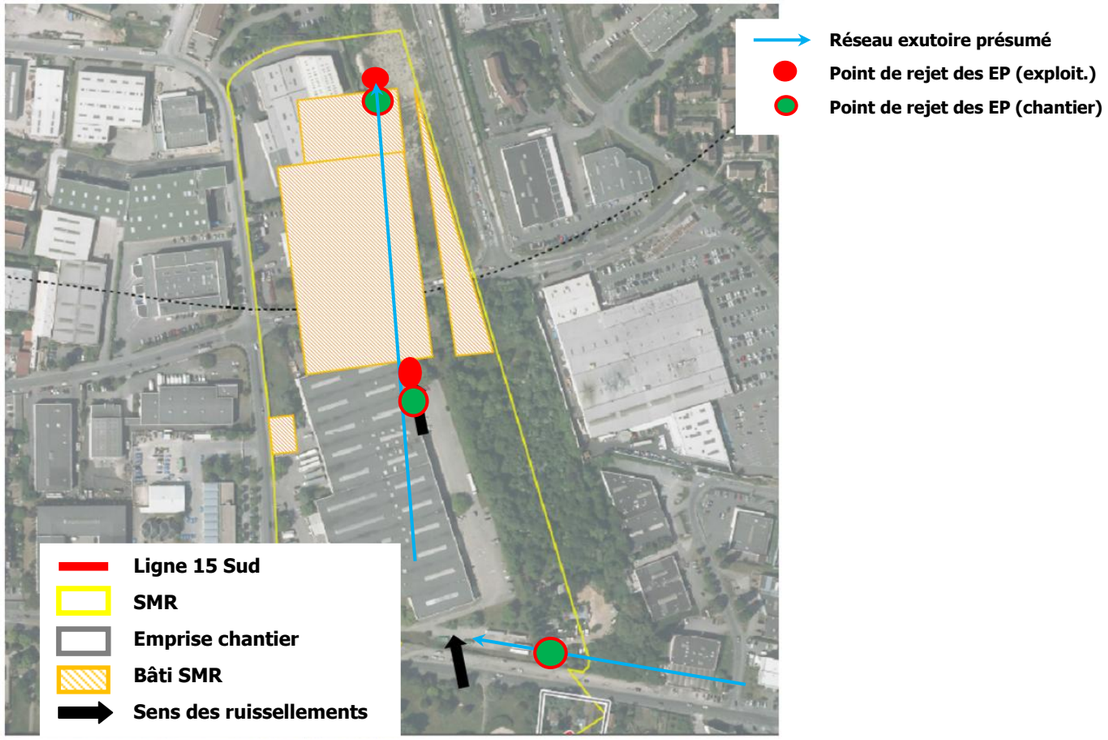
Le Conseil départemental du Val de Marne prévoit de réaliser d'importants travaux de gestion des eaux pluviales dans le secteur du SMR Champigny.

Il prévoit notamment des ouvrages sur le secteur du Ru de la Lande, en particulier un bassin de rétention au lieu-dit « La Bonne Eau ». Cet ouvrage est situé à environ 300 m au nord du SMR.

La conception de cet ouvrage intègre le projet de SMR : les eaux pluviales pourront y être rejetée sous certaines conditions, la principale étant une diminution de la surface active du site concerné.

**SMR de Champigny-sur-Marne – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**




| Gestion actuelle du réseau existant | | |
|---|---|---|
| **Réseaux existants identifiés** | **Gestionnaires** | **Débit de fuite maximum autorisé (L/s)** |
| **Réseau EP Av. A. Croizat Rue B. Frachon** | Commune de Champigny sur Marne | 5 L/s/ha |

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que la gestion des eaux du SMR est différente de celle des gares. En effet, dans le cas des sites de maintenance, les eaux pluviales provenant des toitures sont également prises en compte.

Dans le cas du SMR, un bassin versant amont est intercepté. Il correspond à 3,4 ha du Parc du Plateau au sud du SMR.

*En outre, le projet d'aménagement prévoit la création de toitures végétalisées et un traitement végétal des surfaces (hall de passage). A ce stade de l'étude, le projet n'étant pas complètement définitif, ces aménagements qui ont pour avantage de limiter les ruissellements à la base et les débits rejetés à l'exutoire ne sont pas pris en compte.*

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, surfaces enrobées** | **0,95** | 0,14 | 0.13 | 0.50 | 0.48 | 1.08 | 1.03 |
| **Toitures** | **0,95** | 5.08 | 4.83 | 0.00 | 0.00 | 2.80 | 2.66 |
| **Toitures végétalisées** | **0.43** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.99 | 0.86 |
| **Sols tassés** | **0,6** | 0.00 | 0.00 | 9.01 | 5.41 | 0.00 | 0.00 |
| **Surfaces béton poreux** | **0.6** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.10 |
| **Espaces verts - Bois** | **0,1** | 1.21 | 0.12 | 0.15 | 0.01 | 0.15 | 0.01 |
| **Espaces verts - Prairie** | **0,2** | 1,94 | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 2.19 | 0.44 |
| **Bassin versant amont - Voirie** | **0,95** | 0.36 | 0.34 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.34 |
| **Bassin versant amont - Parc** | **0,2** | 3.04 | 0.61 | 2.11 | 0.42 | 3.04 | 0.61 |
| **Total** | **-** | **11.77** | **6.42** | **11.77** | **6.32** | **11.77** | **6.05** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieureà celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera inférieure à celle de l'état initial, diminuant les débits évalués à l'exutoire du projet.

Le projet respecte donc bien la demande du Conseil départemental.

Le tableau ci-dessous est théorique, au moins en phase exploitation, car le volume sera intégré au bassin de La Bonne Eau du Conseil départemental.

| Données d'entrée | | État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|---|---|
| **Débit de fuite maximum autorisé** | **Période de retour de la pluie retenue** | **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **5 L/s/ha** | **10 ans** | **48,3 L/s1 880 m³** | **19,4 L/s1 493 m³** |
| **5 l/s/ha** | **2 ans** | **48,3 L/s 1 130 m³** | **19,41L/s 896 m³** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

***À noter qu'en fonction du projet définitif de traitement des surfaces et des toitures et de la mise en œuvre de la récupération des eaux pluviales, les volumes de rétention pourront être réajustés significativement.***

***Le volume global pourra être « dispatché » sur des toitures stockantes, des noues paysagères, etc., dont apparaître comme significativement plus faible, l'idée étant de respecter le débit de fuite de rejet au réseau et un volume de rétention adapté pour une pluie de période de retour 10 ans.***

### c. *Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

**La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :**

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit une nouvelle voie,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins,
- Des espaces verts résiduels et la partie du bassin versant amont non impactée par l'emprise chantier.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

**Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales** qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La

somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 2 765 $m^3$ pour un rejet au réseau communal.

**La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau. La surface à prendre en compte est de 9,66 ha. .La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :**

Le bassin versant amont n'est pas intégré au calcul car il est restitué à l'identique en phase d'exploitation.

En phase d'exploitation, le projet entraine une diminution de l'imperméabilisation des sols. Cette amélioration est klargement due à l'utilisation de surfaces perméables en béton poreux et des toitures végétalisées sur une surface importante.

La régulation nécessaire porte sur les eaux de voirie et de toiture non végétalisée qu'il est prévu de rejeter au réseau. La surface concernée est de 3,88 ha.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

**Phase chantier**

L'objectif étant d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique en phase chantier, l'ouvrage de décantation doit disposer d'une surface de 1385 m² en phase chantier. Au vu de la surface nécessaire, il semble plus opportun de recourir à la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

| État initial | | | | État phase chantier (2 ans) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Surface active (ha) | Tc (min) | i (mm/h) | $Q_{10}$ (L/s) | Surface active (ha) | Tc (min) | I (mm/h) | Q2 (L/s) |
| 6.4 | 15,6 | 63,8 | 1128 | 5.9 | 13,5 | 65,2 | 400 |

Cr : Coefficient ruissellement ; Tc : Temps de concentration en minutes ; i : intensité de la pluie en mm/min ; $Q_{10}$ : débit de pointe décennal

**Phase exploitation**

L'objectif est d'atteindre un rejet compatible avec les conditions d'acceptaion édictées par le gestionnaire de réseau.

Le traitement mis en place doit donc permettre d'atteindre 100 mg/l de MES pour un rejet dans un réseau d'eaux pluviales. Ce sera, soit un décanteur classique, soit un décanteur lamellaire, soit un filtre à sable, soit une combinaison des solutions précédentes.

Si ce traitement est un décanteur, il sera dimensionné sur la base d'un débit entrant figurant dans le tableau ci-dessous.

| État initial | | | | État phase exploitation (10 ans) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Surface active (ha) | Tc (min) | i (mm/h) | $Q_{10}$ (L/s) | Surface active (ha) | Tc (min) | I (mm/h) | $Q_{10}$ (L/s) |
| 6.4 | 15,6 | 63,8 | 1128 | 3,69 | 11,4 | 65,22 | 670 |

Cr : Coefficient ruissellement ; Tc : Temps de concentration en minutes ; i : intensité de la pluie en mm/min ; $Q_{10}$ : débit de pointe décennal

e. Conclusion

**Phase chantier**

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation générales des caractéristiques hydrauliques de l'emprise du SMR. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâche est de 1 130 $m^3$ pour un rejet au réseau communal (période de retour 2 ans et débit de fuite de 5 l/s/ha).

- D'un traitement permettant d'atteindre un rejet contenant 100mg/l de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

**Phase exploitation**

Le projet intègre des éléments permettant une amélioration forte de la situation : béton poreux et toitures végétalisées.

Seules les surfaces de voirie et de toitures non végétalisées restent à gérer de façon classique.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

### 1.4.6 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les ouvrages annexes

Rappel : La gestion générale des eaux pluviales au niveau des ouvrages annexes a été exposée dans la partie relative à la stratégie générale. Les ouvrages concernés se trouvent listés dans le tableau du chapitre 5.5.22.2.

Les ouvrages pris en compte dans le chapitre 5.5.22.1 ci-dessous ont une gestion particulière, d'abord liée au fait que ces ouvrages ont un statut temporaire de puits d'attaque de tunnelier. L'analyse est faite sur le même principe que pour les gares.

*Les débits de fuite retenus dans cette partie sont les plus pénalisants, correspondant aux débits de fuite de rejet aux réseaux communaux, à savoir 2 l/s/ha en Hauts-de-Seine et 5 l/s/ha en Val-de-Marne.*

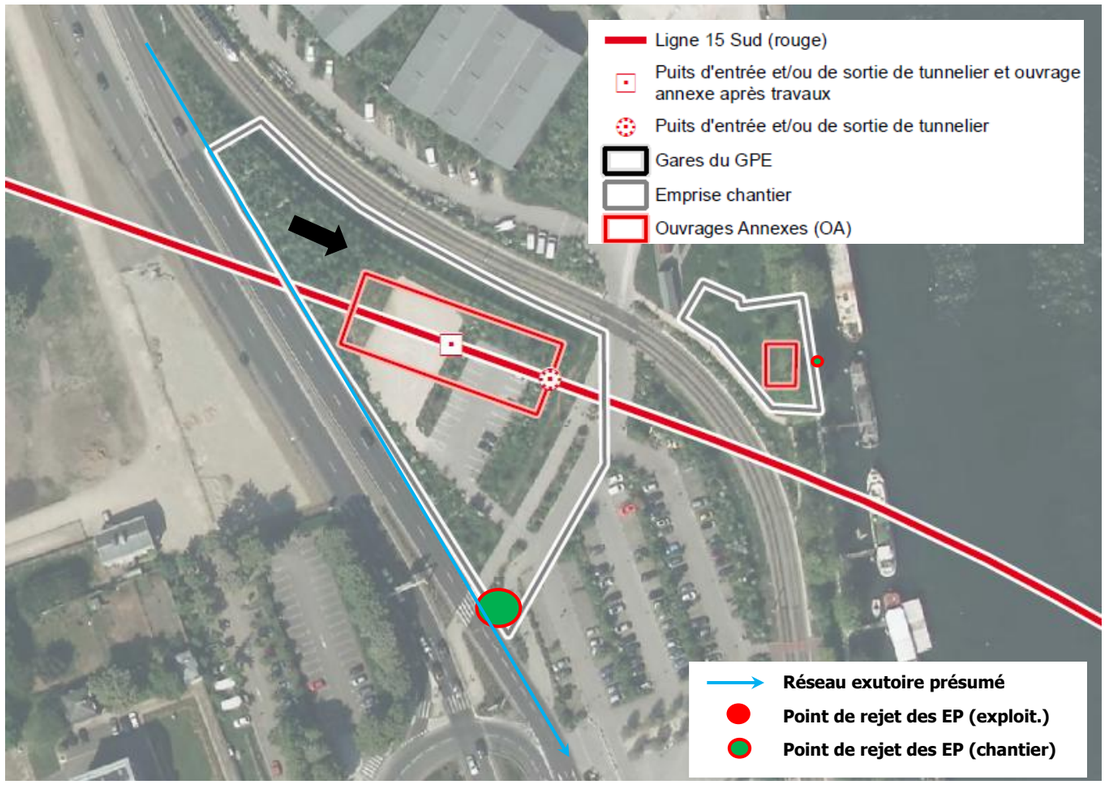
#### *1.4.6.1 Ouvrages annexes à gestion spécifique des eaux pluviales*

a. *OA 2301P - Ile de Monsieur*

L'ouvrage annexe consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier (attaque des tronçons de lignes T4 et T3).

L'ouvrage est localisé sur la commune de Sèvres, Hauts-de-Seine, entre la rue de Saint-Cloud et la Seine, au droit d'un parking et d'une friche boisée.

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelée en introduction de ce chapitre.




**OA Ile-de-Monsieur – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

| Type d'occupation du sol | Coefficient de ruissellement | État initial | | État phase chantier | | État phase d'exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) | Surface (ha) | Surface active (ha) |
| **Voiries, surfaces enrobées** | **0,95** | 0.18 | 0.171 | 0.06 | 0.057 | 0.176 | 0.1672 |
| **Toitures** | **0,95** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Sols tassés** | **0,8** | 0 | 0 | 0.5065 | 0.4052 | 0 | 0 |
| **Espaces verts** | **0,2** | 0.4 | 0.08 | 0.0135 | 0.0027 | 0.404 | 0.0808 |
| **Total** | **-** | **0.58** | **0.251** | **0.58** | **0.465** | **0.58** | **0.248** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, en raison l'équivalence entre les surfaces imperméables (couverture du puits d'attaque sur une emprise de 1 080 m²).

| Données d'entrée | | État phase chantier | État phase d'exploitation |
|---|---|---|---|
| **Débit de fuite maximum autorisé** | **Période de retour de la pluie retenue** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** | **Débit de fuite<br>Volume de l'ouvrage de rétention à installer** |
| **2 L/s/ha** | **10 ans** | **1.2 L/s<br>277 m³** | **Le projet réduit les débits ruisselés<br>Bassin de rétention non nécessaire** |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

À noter que ces débits ont des valeurs très faibles permettant d'extrapoler les mêmes volumes de rétention si rejet vers la Seine, dans la limite d'un rejet permettant de respecter l'objectif de bon état de la masse d'eau.

**En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.**

**Il est rappelé ici que ces installations sont situées dans la périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes.**

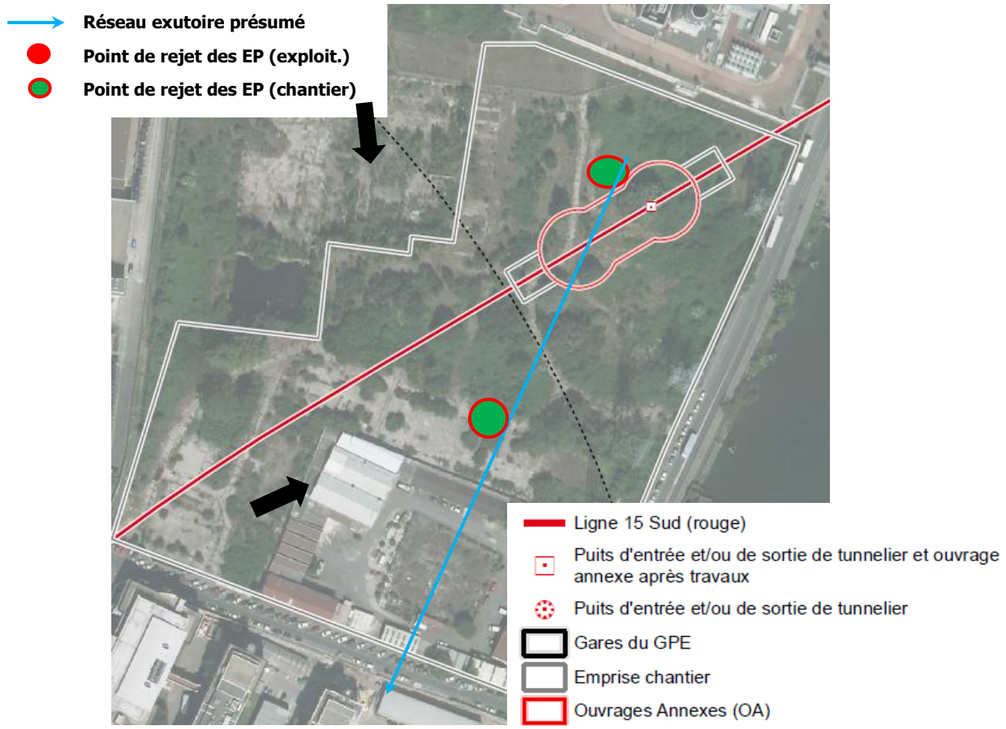
**Pour cette raison, le rejet direct en Seine n'a pas été retenu.**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau et ne déclassera pas la qualité du milieu naturel récepteur.*

b. <u>OA 1302P - Friche Arrighi</u>

L'ouvrage annexe est localisé entre la Gare des Ardoines et la gare le Vert de Maisons du GPE. La friche est localisée en bord de Seine, rive gauche. L'ouvrage consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier pour le passage de la Seine.

L'ouvrage est localisé sur la commune de Vitry-sur-Seine, Hauts-de-Seine, entre la rue Tortue et le quai J. Guesde, au droit d'une zone de bâtiments industriels entourée par une friche boisée à l'état de sols tassés.




**OA Friche Arrighi Vitry – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

La phase chantier la plus préjudiciable de la réalisation de l'ouvrage annexe sur la friche Arrighi correspond à la réalisation de l'ouvrage sous dalle. Elle a ainsi été retenue pour mener les calculs en phase chantier.

La phase exploitation n'a pas été considérée compte tenu du fait que le site de la friche Arrighi sera remis en état après les travaux.

| **OA1302P** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | |
|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.34 | 0.33 | 1.10 | 1.04 |
| Toitures | 0.43 | 0.40 | 0.06 | 0.06 |
| Sols tassés | - | - | 2.98 | 1.79 |
| Tranchées ouvertes | - | - | 0.16 | - |
| Espaces verts | 3.53 | 0.71 | - | - |
| **Total** | **4.30** | **1.40** | **4.30** | **2.89** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration.**Il est donc proposé de prévoir une bâche de reprise des eaux pluviales en phase chantier.

| **OA1302P** | **Phase chantier** |
|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 1 L/s/ha |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s |
| **Volume du bassin en phase chantier** | 539 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

* débit de fuite indiqué au PLU de Vitry-sur-Seine.

À noter que ces débits ont des valeurs très faibles permettant d'extrapoler les mêmes volumes de rétention si rejet vers la Seine, dans la limite d'un rejet permettant de respecter l'objectif de bon état de la masse d'eau.

**En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).**

Le rejet en Seine n'a pas été retenu du fait de la présence de la voirie à grande circulation entre l'emprise et la Seine, et entre les ouvrages définitifs et la Seine.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau et ne déclassera pas la qualité du milieu naturel récepteur.*

c. OA 1103P - Stade F. Desmont

L'ouvrage annexe est localisé sur la commune de Créteil, Val-de-Marne, le long de l'avenue Laferrière, à proximité du cimetière communal et du collège Plaisance. Le projet prend place au niveau d'un terrain de sport en dur.




**OA Stade. F. Desmond – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, les surfaces de voiries actuelles seront remplacées par des sols tassés au cours du chantier.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera largement inférieure à celle de l'état initial. L'ouvrage annexe consistera en effet en la couverture en dur de la fosse réalisée dans le cadre de la construction de l'ouvrage, d'une surface au sol d'environ 495 m² . Le reste du site sera laissé en espaces verts ou remis en état, n'augmentant pas l'imperméabilisation initiale du site.

| **OA1103P** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | |
|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.28 | 0.27 | 0.24 | 0.23 |
| Toitures | - | - | 0.01 | 0.01 |
| Sols tassés | - | - | - | - |
| Tranchées ouvertes | - | - | 0.03 | - |
| Espaces verts | - | - | - | - |
| **Total** | **0.28** | **0.27** | **0.28** | **0.24** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

L'objectif étant d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique

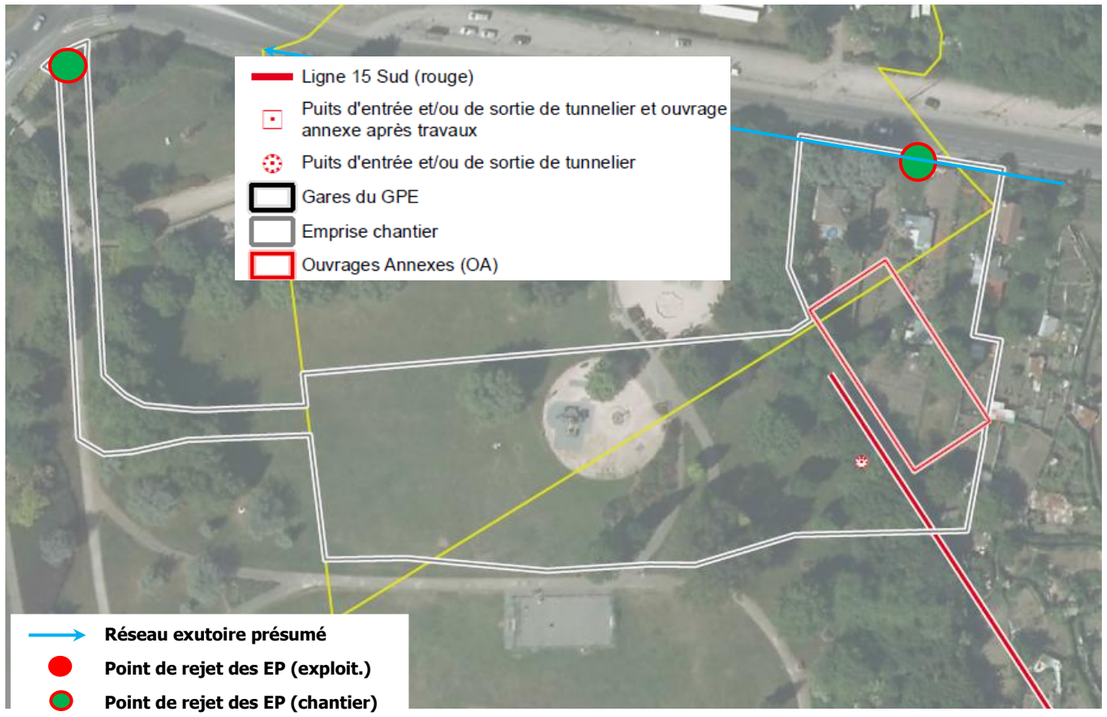
**En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau.*

d. OA 0813P – Puits d'entrée de tunnelier

L'ouvrage annexe consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier (attaque de la ligne de débranchement SMR de Champigny). Le point de débranchement SMR sera localisé au KM 2140 à Villiers-sur-Marne.

L'ouvrage est localisé sur la commune de Champigny, Val-de-Marne, directement au sud du SMR de Champigny, au sein du Parc des Plateau.




**OA Puits d'entrée du tunnelier – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.**

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

*À noter que l'emprise de chantier interceptera les ruissellements provenant de la partie haute du Parc du Plateau à hauteur d'environ 2,6 ha (espaces verts).*

La phase chantier la plus préjudiciable de la réalisation de l'ouvrage annexe sur le puits d'entrée de tunnelier correspond aux travaux de terrassement pour la réalisation de l'ouvrage annexe. Elle a ainsi été retenue pour mener les calculs en phase chantier.

La phase exploitation n'a pas été considérée compte tenu du fait que le site du puits d'entrée de tunnelier sera remis en état après les travaux.

| **OA0813P** | **Etat initial** | | **Phase chantier** | |
|---|---|---|---|---|
| **Type de sol** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** | **Surface (ha)** | **Surface active (ha)** |
| Voiries, surfaces enrobées | 0.13 | 0.12 | 0.38 | 0.37 |
| Toitures | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| Sols tassés | - | - | 0.73 | 0.44 |
| Tranchées ouvertes | - | - | - | - |
| Espaces verts | 3.61 | 0.72 | 2.62 | 0.52 |
| **Total** | **3.75** | **0.90** | **3.75** | **1.34** |

**Données hydrologiques servant de base aux calculs**

**Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration.**

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le chantier va générer des sols tassés en lieu et place des espaces verts majoritaires sur l'emprise du chantier.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera inférieure à celle de l'état initial, en raison l'équivalence entre les surfaces imperméables (couverture du puits d'attaque sur une emprise de 1 000 m²). Les terrains environnant le puits d'attaque sont supposés remis à l'état d'espaces verts (Parc du Plateau). Le fonctionnement général des écoulements du secteur à l'état actuel ne seront pas significativement perturbés en phase d'exploitation.

| **OA0813P** | **Phase chantier** |
|---|---|
| **Débit de fuite spécifique** | 5 L/s/ha |
| **Débit de l'ouvrage** | 5 L/s |

| | |
|---|---|
| **Volume du bassin en phase chantier** | 117 $m^3$ |

**Volume de l'ouvrage de régulation à installer**

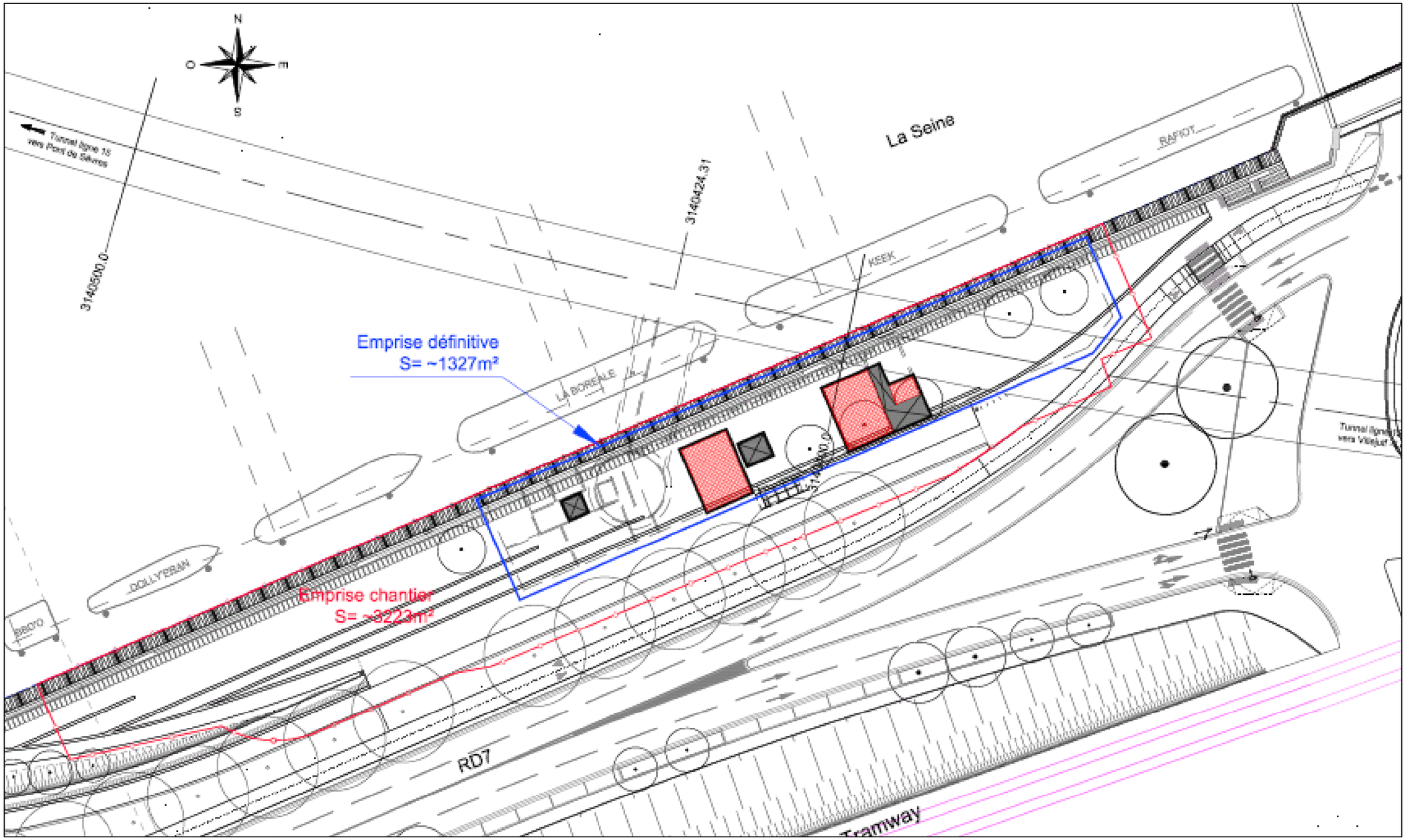
**En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).**

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau.*

### *1.4.6.2 Gestion des eaux pluviales en phase travaux et phase d'exploitation – éléments généraux*

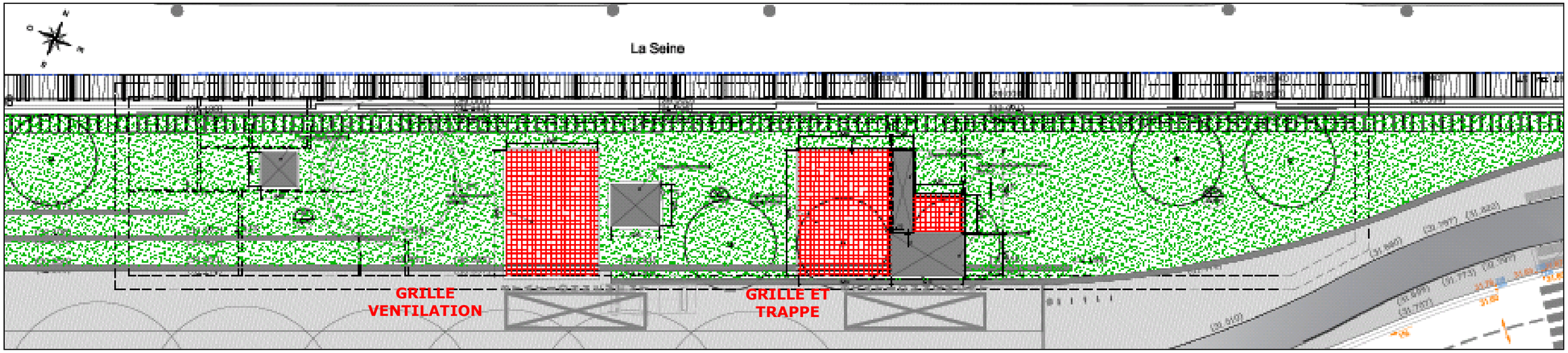
Les figures ci-dessous permettent de comprendre les données du tableau de présentation des ouvrages annexes ci-dessous.

La première figure présente les différentes emprises : l'emprise chantier, surface occupée par les travaux, en rouge et l'emprise définitive, surface en plan occupée par l'ouvrage, en bleu.




**Vue en plan des différentes emprises – Source Avant-projet – Société du Grand Paris**

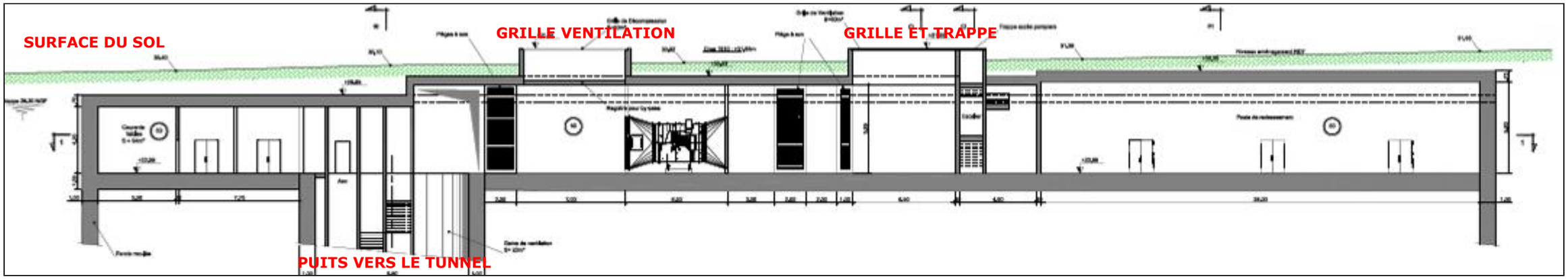
La seconde figure ci-dessous présente le projet de future surface du sol en phase d'exploitation : la grande majorité de l'emprise définitive est composée d'un espace vert, les seules parties visibles de l'ouvrage étant les trappes et grilles en rouge.



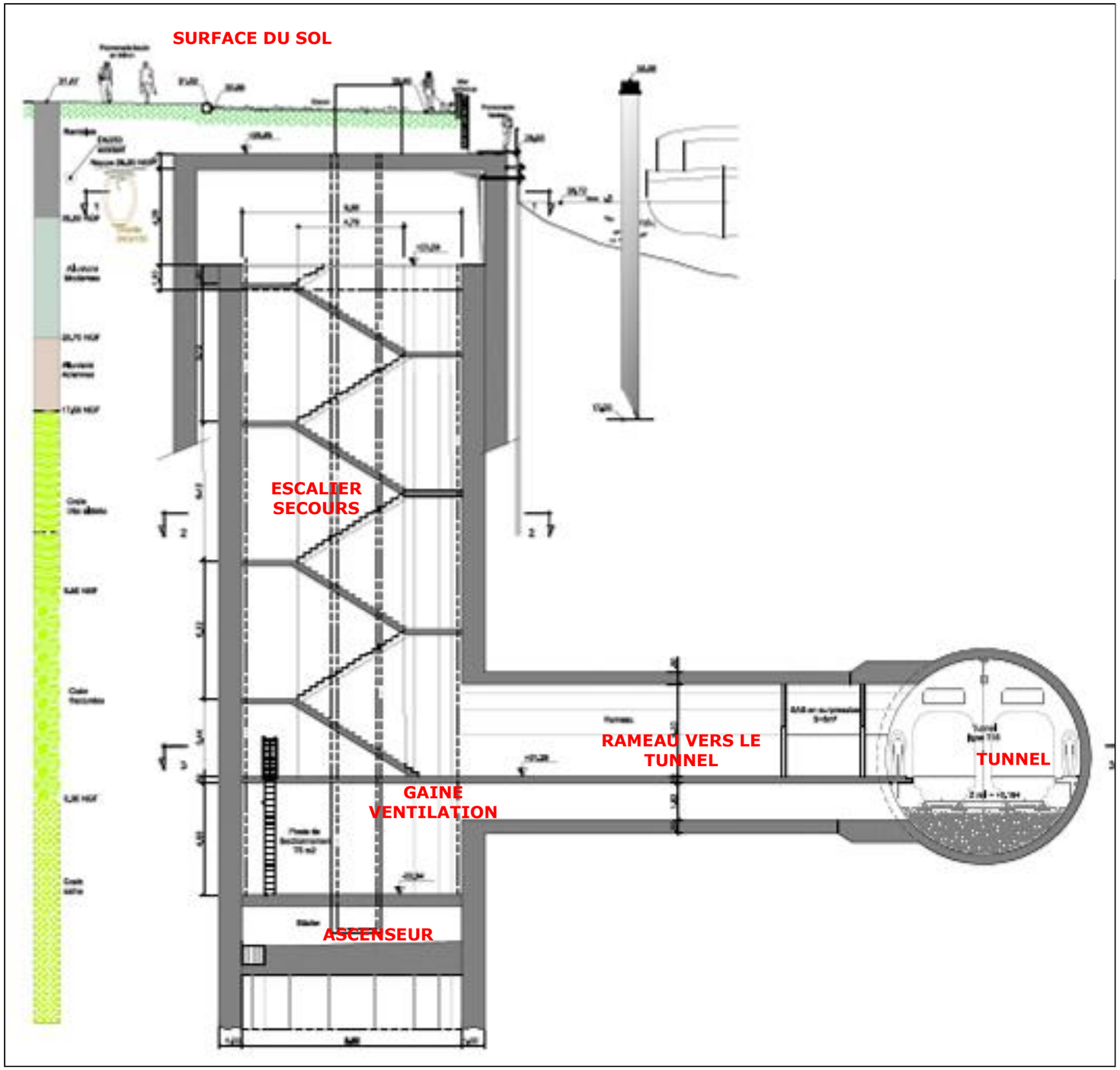

**Vue en plan du projet de future surface du sol – Source Avant-projet – Société du Grand Paris**

Les figures ci-dessous présentent des vues en coupe de l'ouvrage en phase d'exploitation. La première, la coupe longitudinale (en longueur) présente la position des grilles et du reste de l'ouvrage par rapport à la surface du sol. L'essentiel de la partie supérieure de l'ouvrage est souterraine et se trouve entre 1 et 2 m sous la surface du sol qui est occupée par un espace vert.

La seconde, la coupe transversale (en largeur) présente le puits dans toute sa hauteur et la liaison au tunnel. Elle permet également d'appréhender la position de l'ouvrage par rapport à la surface du sol.




**Vue en coupe longitudinale de l'ouvrage – Source Avant-projet – Société du Grand Paris**




**Vue en coupe transversale de l'ouvrage – Source Avant-projet – Société du Grand Paris**

### *1.4.6.3 Gestion des eaux pluviales en phase travaux et phase d'exploitation – données des ouvrages annexes*

À l'exception des ouvrages mentionnés dans les chapitres ci-dessus relatifs aux ouvrages à gestion spécifique, la stratégie générale de gestion quantitative et qualitative des eaux pluviales définie ci-dessus est appliquée.

Le tableau suivant synthétise les hypothèses et grandeurs propres à la gestion des eaux pluviales.

Explicitation de l'intitulé des colonnes :

- Surface totale en m² : cette surface est celle de l'emprise chantier, surface de référence prise en compte,

- Surface définitive de l'OA (phase exploitation) : cette surface est la surface de l'OA en phase exploitation. Elle intègre la surface des grilles et ouvertures.

- État des surfaces : pour chaque stade, indique la nature de la surface du sol pour justifier le coefficient de ruissellement,

- Coefficient de ruissellement : valeur moyenne retenue pour l'ensemble de la surface sur la base des éléments de la colonne voisine.

- Qfuite : débit de fuite réglementaire retenu pour calculer le volume des ouvrage exprimé en litre par seconde.

- Volume 10 (m3) : Volume à retenir pour le stade considéré. Pour la quasi-totalité des ouvrages, le volume est nul en phase exploitation (voir stratégie générale).

- Volume L/m² : volume de rétention spécifique par unité de surface.

Pour tous ces ouvrages, une dépollution est mise en place en phase chantier sur le même principe que pour les ouvrages étudiés ci-dessus. Compte tenu de la faiblesse de la surface des emprises, cette dépollution sera basée sur un décanteur lamellaire et ou un filtre à sable.

En ce qui concerne les points de rejets, la phase d'exploitation ne nécessite pas, sauf exception de point de rejet.

Les points de rejet en phase chantier sont situés, comme pour les ouvrages étudiés ci-dessus, en limite d'emprise chantier.

Compte tenu de l'urbanisation de la zone traversée par la Ligne 15 Sud, il existe toujours un réseau en limite ou à proximité de la limite de l'emprise chantier de chaque ouvrage.

**Ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud – Données de gestion des eaux pluviales**

| | Surface totale (chantier) en m² | Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques | État initial | | État chantier | | | | | État exploitation | | | | | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | État des surfaces | Coeff de ruisselement | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 (m3) | Volume L/m² | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 | Volume /m² | |
| 2203P ZAC SAEM | 3300 | 1140 | Voiries, bâtiment | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 104 | 39.4 | **Espace vert de recouvrement** | 0.27 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 2201P PLACE DE LA RÉSISTANCE | 3223 | 1327 | Voiries, espaces verts | 0.9 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 100 | 38.8 | Espaces verts, grilles techniques, trappe technique 5 m² | 0.28 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 2101P PARC HENRI BARBUSSE | 4370250 | 680 | Voiries, espaces verts | 0.26 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 13 | 3 | Remise en état des surfaces existantes, remplacement de 775 m² d'espaces verts par de la toiture OA | 0.55 | 5 | 13 | 19 | Stockage sur toiture conseillé si possible ou fosse de récupération / réutilisation des eaux |
| 2002P SQUARE MALLERET JOINVILLE | 1300 | 550 | Voiries, espaces paysagers/ verts | 0.45 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 24 | 23.1 | 33 m² de trappes techniques, Espace vert de recouvrement | 0.36 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 2001P FORT DE VANVES/J. MERMOZ | 2370 | 604.5 | Voiries, espaces verts | 0.5 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 62 | 32.5 | Espaces verts, grilles techniques, trappe technique 21 m² | 0.25 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1902P CIMETIÈRE PARISIEN | 1700 | 590 | Voiries, espaces paysagers/ verts | 0.9 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 37 | 27.1 | Remise en état, trappes techniques 24 m² | 0.9 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1901P PIERRE-PLATE | 1600 | 350 | Espaces verts, voiries | 0.3 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 35 | 26.3 | Espaces verts, Trappes technique 25 m² | 0.24 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1801P PARC ROBESPIERRE | 7600 | 820 | Espaces boisés, friche | 0.57 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 310 | 47.5 | Espace vert de recouvrement, trappes techniques | 0.25 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1702P SQUARE GENERAL DE GAULLE | 1700 | 370 | Voiries | 0.9 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 37 | 27.1 | Remise en état et recouvrement de la zone définitive | 0.8 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1701P JARDIN PANORAMIQUE | 1765 | 550 | Espaces verts, voiries | 0.3 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 39 | 27.2 | Remise en état espaces verts et trappes techniques 25 m² | 0.26 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |

| | Surface totale (chantier) en m² | Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques | État initial | | État chantier | | | | | État exploitation | | | | | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | État des surfaces | Coeff de ruisselement | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 (m3) | Volume L/m² | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 | Volume /m² | |
| 1601P RUE JULES JOFFRIN | 1700 | 910 | Voiries, bâti et qq espaces verts | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 1 | 0.6 | Implantation en surface de bâtiments techniques | 0.95 | 5 | 8 | 8.8 | Pas de modification de l'imperméabilisation au pire des cas. Traitement possible des toitures des futures bâtiments techniques. |
| 1501P RUE DU GENIE | 1535 | 491 | Voiries, bâti et qq espaces verts | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 31 | 20 | Recouvrement de dalle et espaces verts | 0.27 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1402P RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY | 2270 | 491 | Voiries espaces verts | 0.8 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 53 | 12.8 | Recouvrement de dalle et espaces verts | 0.24 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1401P CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR | 7530 | 1730 | Voirie, partie de bâtiment et espaces verts | 0.6 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 202 | 27.5 | Recouvrement et remise en état | 0.6 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1404P RUE GABRIEL PERI | 1670 | 105 | Voiries , espaces verts | 0.6 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 36 | 21.5 | Remise en état, recouvrement voiries, espaces verts | 0.6 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1301P RUE DE ROME | 1690 | 505 | Voiries, habitation | 0.75 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 36 | 21.5 | Restitution des voiries, recouvrement espaces verts de l'OA | 0.65 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1201P UNIVERSITE CRETEIL | 2115 | 550 | Voiries, espaces verts | 0.67 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 51 | 24.1 | Remise en état, recouvrement | max 0.67 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1102P AVE CEINTURE | 1866 | 288 | Habitation, jardin | 0.5 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 42 | 22.5 | Recouvrement dalle et espaces verts | 0.23 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 1101P RUE DU PORT CRETEIL | 1703 | 491 | Voiries | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 37 | 21.7 | Remise en état | 0.95 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1003P IMPASSE ABBAYE | 1455 | 700 | Espaces verts, voiries | 0.37 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 29 | 20 | Remise en état, recouvrement espaces verts de l'OA | max 0.37 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |

| | Surface totale (chantier) en m² | Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques | État initial | | État chantier | | | | | État exploitation | | | | | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | État des surfaces | Coeff de ruisselement | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 (m3) | Volume L/m² | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 | Volume /m² | |
| 1002P AVE CHARLES FLOQUET | 1536 | 345 | Voiries, espace vert | 0.78 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 31 | 20.2 | Remise en état et recouvrement de l'OA | 0.78 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 1001P AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY | 16120 | 5100 | Quartier d'habitations dense | 0.8 | Sols tassés | 0.8 | 8.1 | 465 | 28.8 | Restitution des voiries, trappes techniques en lieu et place de zone imperméabilisée | 0.8 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 0902P RP DU COLONEL GRANCEY CHAMPIGNY | 1290 | 788 | Voiries, terre-plein enherbé | 0.66 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 24 | 18.6 | Restitution des voiries, recouvrement dalle OA espace vert | 0.75 | 5 | 2 | | Seule la dalle recouverte est génératrice d'un écoulement légèrement plus important qu'à l'état initial, donc seule la dalle recouverte (hors voirie restituée) est tamponnée |
| 0901P CLOS DU PRE DE L ETANG | 1830 | 280 | Voiries, parking, espace vert | 0.6 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 41 | 22.4 | Restitution en l'état des surfaces, OA sous espaces déjà imperméabilisé | max 0.6 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 0811P AVE MAURICE THOREZ | 2204 | 990 | Voiries, bâti | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 51 | 26.8 | Remise en état t du site déjà imperméabilisé | max 0.95 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 0810P RUE DU GENERAL LECLERC | 1900 | 105 | Voiries, toitures et un espaces verts | 0.63 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 45 | 23.7 | Dalle de l'OA au droit d'une voirie à l'état actuel | max 0.63 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |
| 0808P AVE HENRI DUNANT VILLIERS | 1570 | 145 | Voiries, parking, espace vert | 0.67 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 33 | 21 | Restitution et remise en état des sols, recouvrement de dalle espace vert | 0.64 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 0807P SENTIER DES MARINS | 5415 | 2193 | Friche et espaces verts | 0.7 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 141 | 26 | Recouvrement de la dalle espace vert | 0.58 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 0806P RUE MOZART | 1001 | 366 | Quartier d'habitation dense | 0.8 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 16 | 16 | Dalle de recouvrement au droit d'un bâtiment actuel, recouvrement espace vert | 0.65 | 0 | 0 | | Diminution du ruissellement |
| 0805P AVE MEDERIC NOISY LE GRAND | 2280 | 410 | Parking | 0.95 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 52 | 22.8 | OA en lieu et place d'une zone entièrement imperméabilisée | max. 0.95 | 0 | 0 | | Pas de modification des écoulements |

| | Surface totale (chantier) en m² | Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques | État initial | | État chantier | | | | | État exploitation | | | | | Commentaire | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | État des surfaces | Coeff de ruisselement | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 (m3) | Volume L/m² | État des surfaces | Coeff de ruisselement | Qfuite l/s | Volume 10 | Volume /m² | | |
| 0804P PLACE DES YVRIS | 3280 | 815 | Espace vert et cheminements piétons | 0.3 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 78 | 23.8 | Dalle de recouvrement et remise en état du site | 0.32 | 5 | 19 m3 si recouvrement imperméable de l'OA<br>5 m3 si recouvrement enherbé | | | |
| 0803P RUE DU BALLON | 1515 | 105 | Espaces verts | 0.2 | Sols tassés | 0.8 | 5 | 40 | 26.4 | Dalle de recouvrement et remise en état du site | 0.3 | 5 | 1 m3 si recouvrement imperméable de l'OA | | 0 | Pas de rétention significative car modification non significative de la surface active |
| 0802P BD DU RU DE NESLES NOISY LE GRAND | Pris en compte dans l'étude spécifique de la gare GPE Noisy-Champs | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0801P BD DE CHAMPS NESLES CHAMPS SUR MARNE | Pris en compte dans l'étude spécifique de la gare GPE Noisy-Champs | | | | | | | | | | | | | | | |

**Ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud – Données de gestion des eaux pluviales**

### 1.4.7 Synthèse sur la gestion des eaux pluviales

La problématique de la gestion des eaux pluviales est particulière dans le sens où elle concerne une successions d'entités unitaires dont la gestion est indépendante des autres.

La gestion des eaux pluviales repose sur la même base pour tous les ouvrages :

- **Lorsque la situation en phase d'exploitation est similaire ou meilleure** que la situation initiale, il n'y a pas d'impact permanent sur les eaux pluviales donc pas de mesures de réduction des impacts.

- Pas de régulation des débits pour **les très faibles surfaces en phase exploitation** (ouvrages annexes). Il n'y a pas non plus d'impact permanent.

- **Lorsque la situation en phase d'exploitation est dégradée** (débits de ruissellement supérieurs aux débits initiaux), il y a un impact brut permanent.

    - La mesure de réduction consiste à réguler les débits selon les prescriptions du gestionnaire de réseau.

    - Le débit exigé par les gestionnaires est très faible par rapport au débit de ruissellement initial, de sorte que l'impact résiduel est nul.

- **En phase chantier,** il y a systématiquement un impact brut négatif temporaire portant sur le débit et ou la qualité de l'eau ruisselée.

    - Les mesures de réduction consistent à réguler les débits et à traiter les eaux pluviales rejetées au réseau.

    - Le débit exigé par les gestionnaires est très faible par rapport au débit de ruissellement initial.

    - La qualité des eaux rejetées est également faible par rapport à la qualité initiale (environ 5 fois plus faible).

    - L'impact résiduel est nul.

À l'échelle de la ligne 15sud, tous les ouvrages se voient appliquer le même principe de base. Les variations sont apportées par des exigences différentes des gestionnaires de réseaux en fonction de problématiques locales de lutte contre les nuisances liées aux ruissellements (inondations, coulées de boue).

Une synthèse sous forme de tableau se trouve à la page suivante pour les ouvrages annexes et dans le tableau suivant pour les gares et sites de maintenance.

Il convient de rappeler que d'une manière générale, les surfaces « projet » prises en considération pour le calcul des surfaces actives (conditionnant in fine le volume global des ouvrages de régulation des eaux pluviales) ont été maximisées.

En effet, dans le cadre d'aménagements urbains associés au développement des gares de la SGP, le devenir des parcelles considérées à l'échelle globale de l'aménagement pourrait être amené à évoluer (ex : restitution d'une partie du parvis au domaine public, donc de la Maîtrise d'Ouvrage associée).

En ce sens, les études complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront potentiellement d'optimiser les caractéristiques des ouvrages de rétention des eaux pluviales et pourront donc aboutir à des ouvrages moins capacitaires qu'en l'état actuel, notamment pour certaines gares (Vitry Centre, Ardoines, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre).

**Synthèse de la gestion des eaux pluviales pour les gares, les sites de maintenance, les ouvrages annexes spécifiques**

| Codification SGP | Nom officiel SGP | Stotale (ha) | Réseau exutoire pressenti | Débit de fuite en l/s/ha | Volume de rétention phase chantier en m3 | Volume de rétention exploitation en m3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PDS | Pont de Sèvres | 2.53 | Départ. - ovoïde 2,2x2,7 (Quai G. Gorse) | 2 | 13 | 33 |
| ISS | Issy RER | 1.02 | Communal - ovoïde 2,3x1,3 (Av. Verdun) | 2 | 0 | 6 |
| FIC (Nord) | Fort d'Issy/Vanves/Clamart | 0.296 | Communal/VEOLIA (Rue du Clos Motholon) | 2 | 15 | 21 |
| FIC (Sud) | | 1.557 | Départ. - Ovoïde 1,8x1,0 | 2 | 171 | 137 |
| CHM | Châtillon-Montrouge | 0.94 | Départ. - Ovoïde 1,9x1,0 (Av. Résistance et Max Dormoy) | 2 | 0 | 31 |
| BAG | Bagneux | 1.29 | Départ. - DN0,4 (Av. L. Pasteur et/ou H. Barbusse) | 2 | 0 | 31 |
| ACA | Arcueil-Cachan | 1.36 | Communal/CAVB - DN0,5 (partie Est L. Eyrolles) et DN0,3 (partie Ouest Coopérative) | 2 | 0 | 13 |
| IGR | Villejuif IGR | 2.564 | EP Privé ZAC SADEV (Rue E. Vaillant) | 5 | 82 | 192 |
| VLA | Villejuif Louis Aragon | 0.4 | Départ. - DN0,5 (Aragon) ou ovoïde 2,2x1,3 (J. Jaurès) | 8 | 1 | 6 |
| VIC | Vitry Centre | 2.13 | Communal - Réseau EP (E. Trembaly, avenue Robespierre) Dimensions à Préciser | 10 | 35 | 192 |
| ARD | Les Ardoines | 1.40 | Communal - DN0,4 (Rue L. Geffroy) ou Départ. EP DN1,8 (Rue L. Geffroy) | 10 | 0 | 230 |
| VDM | Le Vert de Maisons | 0.65 | Départ. DN3 (Av. de la Liberté) | 10 | 7 | 93 |

| Codification SGP | Nom officiel SGP | Stotale (ha) | Réseau exutoire pressenti | Débit de fuite en l/s/ha | Volume de rétention phase chantier en m3 | Volume de rétention exploitation en m3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CLE | Créteil l'Echat | 1.58 | Communal - DN0,4-0,5 (Av. G. Eiffel) | 5 | 0 | 73 |
| SMC | Saint-Maur-Créteil | 0.86 | Communal - DN0,4-0,6 (Rue Bobillot) | 5 | 0 | 26 |
| | | | Départ. - Ovoïde 1,8x1,0 (Av. Desgenettes) | 10 | 0 | 26 |
| CHC | Champigny Centre | 1.24 | Départ. - Ovoïde 1,9x1,0 et/ou 2,3x1,3 (RD4) | 10 | 0 | 137 |
| BVC | Bry-Villiers-Champigny | 4.13 | Communal - Réseau EP (Rue des Hauts Bonne Eau) Dimensions à Préciser | 5 | 130 | 388 |
| NCH | Noisy-Champs | 10.19 | Communal - DN0,3-0,4 (Rue des Hauts Châteaux côté Noisy) et/ou DN0,3 (rue Archimède côté Champs sur Marne) | 5 | 320 | 344 |
| SMR | SMR de Champigny | 11.77 | Communal (Av. A. croizat et B. Frachon) | 5 | 1880 | 1495 |
| SMI | SMI de Vitry-sur-Seine | 4.10 | Départ. - EP DN1,8 (Rue Léon Geffroy) | 10 | 3760 | 4120 |
| OA 2301P | Ile Monsieur | 0.58 | Départemental | 2 | 277 | 0 |
| OA 1302P | Friche Arrighi | 4.30 | Départemental | 1 | 539 | 0 |
| OA 1103P | Stade F. Desmond | 0.28 | Départemental | 5 | 0 | 0 |
| OA 0813P | Puits Tunnelier SMR | 3.75 | Départemental | 5 | 117 | 0 |

## 1.5 Géologie et risques associés

La Ligne 15 Sud étant implantée dans le milieu souterrain pour la quasi-intégralité de son linéaire, elle est soumise à des contraintes spécifiques principalement liées à la nature des formations géologiques traversées. Les études préliminaires et les sondages entrepris dans ce cadre ont mis en évidence les principales contraintes géologiques, qui sont les suivantes :

- la présence d'**anciennes carrières** souterraines et à ciel ouvert. Cet enjeu représente l'une des priorités auxquelles les études de conception se sont attachées à répondre ;
- la présence d'horizons contenant du **gypse**, et dans lesquels des phénomènes de dissolution peuvent avoir lieu ;
- la présence d'**argiles en surface** pouvant être sujets à des phénomènes de retrait-gonflement. Cet enjeu se révèle toutefois assez mineur et très localisé à l'échelle du projet ;
- la présence de **couches lithologiques argileuses** profondes pouvant également être sujettes à des phénomènes de retrait-gonflement.

Des dispositions constructives spécifiques ont été adoptées de sorte à limiter les d'impacts aussi bien en phase travaux qu'en phase d'exploitation. Ces deux phases ne sont pas distinguées systématiquement dans les chapitres qui suivent.

Dans une première partie, est présentée la méthodologie mise en place afin de caractériser et maitriser les risques géologiques dès la conception du projet. Sont également détaillées les dispositions constructives du projet de métro souterrain qui ont été retenues.

La seconde partie concerne, la méthodologie d'évaluation des impacts associés à chacune des contraintes précitées. La démarche qui a été suivie pour chacune d'elle consiste à :

- rappeler le contexte spécifique de la problématique ;
- caractériser le risque au droit du projet ;
- présentation de la démarche de prise en compte des risques dans la conception du projet et des mesures de traitement ;
- présentation des mesures de suivi et prise en compte des règles applicables.

### 1.5.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques géologiques

La méthodologie mise en place dans le cadre de la définition de l'état initial est succinctement rappelée ci-après, et complétée afin de montrer le lien entre les études de conception et les mesures mises en place. Cette partie sera également amendée des principes qui seront mis en place en phase travaux quant à la maîtrise des risques et la maîtrise des impacts environnementaux.

#### *1.5.1.1 Investigations géotechniques réalisées et à venir au démarrage de la phase travaux*

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires permettent :

- d'établir le modèle géologique du projet : Les investigations permettent tout au long du tracé de fournir la coupe géologique au droit de chaque sondage ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire par corrélation entre ces points de sondages tout au long du tracé ;
- d'établir un modèle hydrogéologique : Les investigations doivent permettre de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant d'estimer les venues d'eau) ;
- de caractériser les couches rencontrées tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

Chaque nouvelle phase d'études est l'objet de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et donc permettre de fiabiliser les hypothèses prises à la phase précédente.

Le but final est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes» afin d'adapter les méthodes constructives à chacune d'entre elles. Des zones singulières peuvent également être identifiées, qui feront l'objet de reconnaissances spécifiques au regard de la singularité rencontrée, permettant ainsi de mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés.

Pour la phase de conception, le Maitre d'œuvre mène les missions G2 phase avant-projet et G2 phase projet, qui permettront d'établir les documents précités. La Société du Grand Paris s'est également adjoint les conseils d'un assistant à Maitrise d'Ouvrage en géotechnique pour la réalisation de ces deux phases d'études. Le but de cette organisation est d'avoir un double regard partagé sur les modèles géologiques, hydrogéologiques et géotechniques. Ce double regard est l'un des axes de la maitrise des risques mise en place par la Société du Grand Paris.

#### *1.5.1.2 Les dispositions mises en place en phase travaux*

La norme NF P 94-500 régit également la phase de réalisation, et impose la réalisation de deux missions G3 et G4 :

- la mission G3 est une mission d'études et de suivi géotechnique des travaux portée par l'entreprise qui réalise les travaux ;
- la mission G4 est une mission de supervision géotechnique d'exécution portée par le maître d'ouvrage, et déléguée à son maître d'œuvre.

Ces deux missions se décomposent en deux phases :

- la première est une phase d'études lors de laquelle l'entrepreneur actualise la note d'hypothèses géotechniques suite aux éventuelles reconnaissances complémentaires, dimensionne les ouvrages géotechniques, et fournit les notices d'exécution détaillées des ouvrages. Le maître d'œuvre en assure la supervision en fournissant un avis sur ces études d'exécution ;
- la deuxième est une phase de suivi qui permet à l'entrepreneur de vérifier que les hypothèses établies pendant les études correspondent bien à ce qui est effectivement rencontré sur site. Le maître d'œuvre organise des validations ponctuelles sur le chantier dans le même but.

**La confrontation de ces deux missions G3 et G4 est un gage de sécurité, et entre dans le cadre de la maîtrise des risques.**

La Société du Grand Paris, toujours dans la recherche de la Maitrise des risques, a prévu de poursuivre sa collaboration avec son assistant à maitrise d'ouvrage en géotechnique, qui aura, pour la phase travaux, un rôle de second regard sur les grandes thématiques et points sensibles en analysant les documents produits par les entreprises qui sont en outre également visés par le Maitre d'œuvre. Ce second regard est réalisé par des experts reconnus de la profession.

L'ensemble des regards croisés sur chacune des phases de conception et de réalisation de l'infrastructure constitue l'un des axes forts de la Maitrise des risques mise en place par la SGP. La Société du Grand Paris a également mis en place un conseil d'expertise et de conseil indépendant du projet, constitués d'experts reconnus dans les domaines de la géologie et de l'hydrogéologie, de la géotechnique, des travaux souterrains, des travaux de confortements et traitements des terrains. Le but de ce comité est d'expertiser les études fournies par le Maitre d'œuvre avec un œil tout à fait indépendant.

**Le rôle d'expertise et de conseil indépendant du « Comité des Travaux Souterrains »**

Que ce soit dans le domaine du bâti ou de la géologie au sens large, la Société du Grand Paris a mis en place un système de double regard constitué de deux partenaires essentiels : les Assistants à Maitrise d'ouvrage (bâti et géotechnique) et le Maitre d'œuvre.

Le but de cette méthode est de partager les dossiers de données d'entrée définissant les paramètres techniques à retenir dans le cadre des études de Maitrise d'œuvre. Ce double regard est la première étape dans la maitrise des risques

La Société du Grand Paris dans un souci de transparence et de volonté de maitriser les risques a également choisi de s'adjoindre les conseils d'un « Comité des Travaux Souterrains ».

Ce comité est constitué d'experts en travaux souterrains (tant en conception que réalisation), mais également d'experts géologues et géotechniciens, totalement indépendants du projet, et ayant eu une grande expérience dans le domaine tout au long de leur carrière.

Ce comité a pour rôle de donner un avis sur les études de conception du maitre d'œuvre, tant d'un point de vue qualité des études que contenu (méthodes constructives retenues). Leur avis sera sollicité à la demande du Maitre d'ouvrage ou du Maitre d'œuvre en cas de besoin. Le Maitre d'œuvre présentera l'ensemble des données à disposition, l'interprétation qui en est faite, et les conclusions aboutissant aux méthodes constructives retenues.

Ce « troisième regard » indépendant, est un gage de la volonté de la Société du Grand Paris de maitriser les risques.

### *1.5.1.3 Rappel du contexte géologique au droit du projet*

Une coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud est présentée sur les deux figures suivantes.

La coupe présente la géologie au droit de la Ligne 15 Sud et permet de visualiser les variations stratigraphiques le long de celle-ci.

Pour rappel, d'un point de vue géologique, le tracé de la Ligne 15 Sud a été découpé en 5 grands secteurs, qui sont de l'ouest vers l'est :

- le secteur de la **boutonnière de Boulogne**, caractérisé par les Alluvions de la Seine reposant sur la Craie ;
- le secteur du **plateau d'Issy à Cachan**, situé entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre, caractérisé par la succession lithologique allant des Calcaires de Saint-Ouen jusqu'aux formations de l'Yprésien ;
- le **plateau de Villejuif**, constitué par les formations du haut de la série géologique du Bassin Parisien allant des Sables de Fontainebleau aux Masses et Marnes du Gypse ;
- le secteur des **Vallées de la Seine et de la Marne** où les Alluvions reposent tantôt sur les Calcaires de Saint-Ouen, les Marnes et Caillasses ou les Calcaires Grossiers.

  Au niveau des bras de la Marne, sur les communes de Créteil et Saint-Maur-des-Fossés, les argiles de l'Yprésien sont rencontrées directement sous les Alluvions. Cette zone constitue un point particulier de l'aire d'étude ;
- le **plateau de la Brie**, Cette zone se caractérise par la présence du Calcaires de Champigny, faciès latéral remplaçant les Masses et Marnes du Gypse.

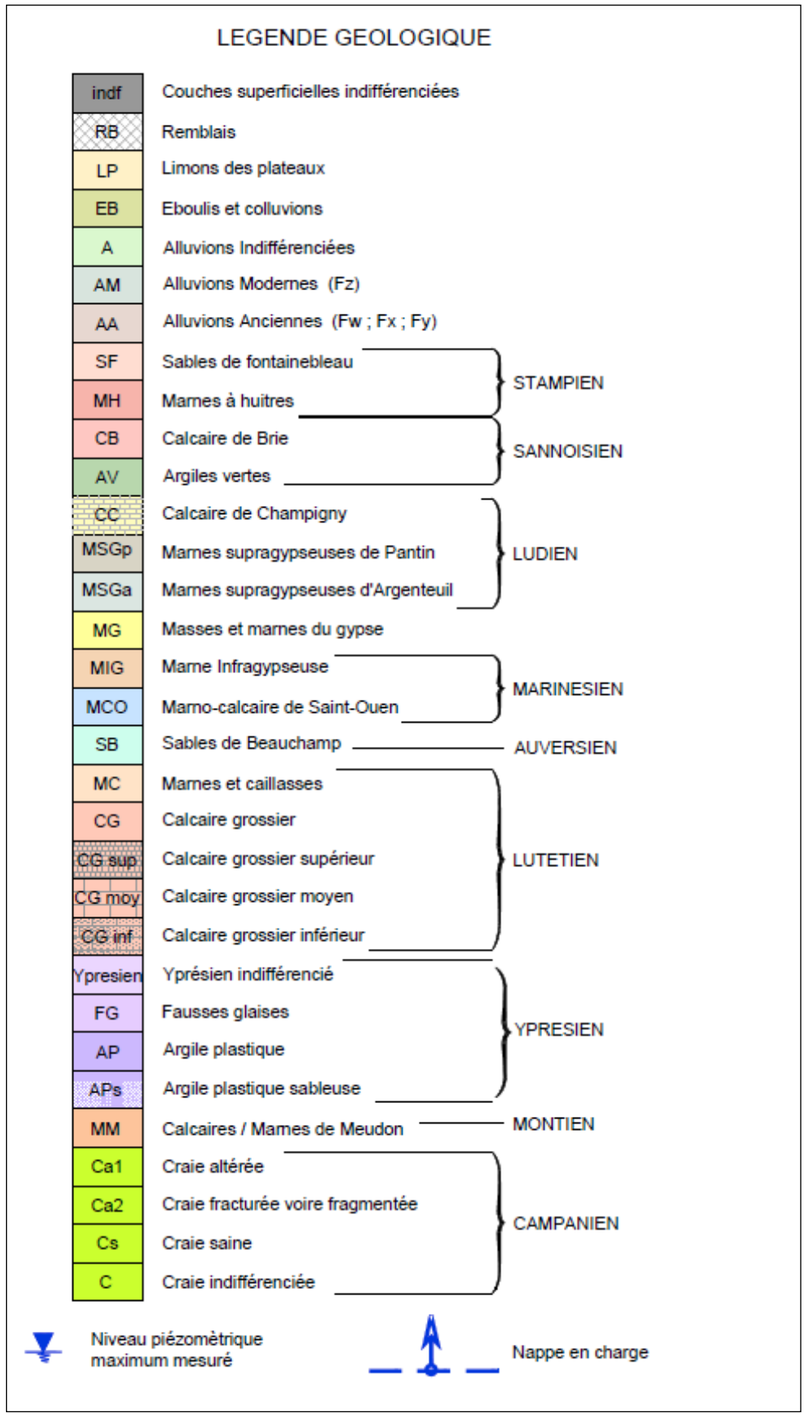
### *1.5.1.4 Justification de la position du tunnel*

Le tracé du tunnel en plan et son profil en long a été dicté par les contraintes superficielles et souterraines d'origine naturelle ou anthropique. Les principales contraintes sont les suivantes :

- la géologie : la présence de carrières souterraines, de zones gypseuses ;
- la présence de structures enterrées : réseaux (assainissement eau potable, gaz, hydrocarbures), sous-sols et fondations ;
- la localisation des gares, ouvrages annexes en surface dont le droit d'accès et l'implantation ont été discutés et validés avec les communes ;

Le tracé du tunnel a été calé de manière à éviter le plus possible les interactions avec l'existant.

### 1.5.1.5 Légende des coupes géologiques présentées




### 1.5.1.6 Insertion du tunnel de la Ligne 15 Sud dans les couches géologiques

Pour rappel, les différents secteurs identifiés de l'aire d'étude la Ligne 15 Sud sont décrits ci-dessous. La figure suivante permet de visualiser, en plan, l'intersection du tunnel de la Ligne 15 avec les couches géologiques.

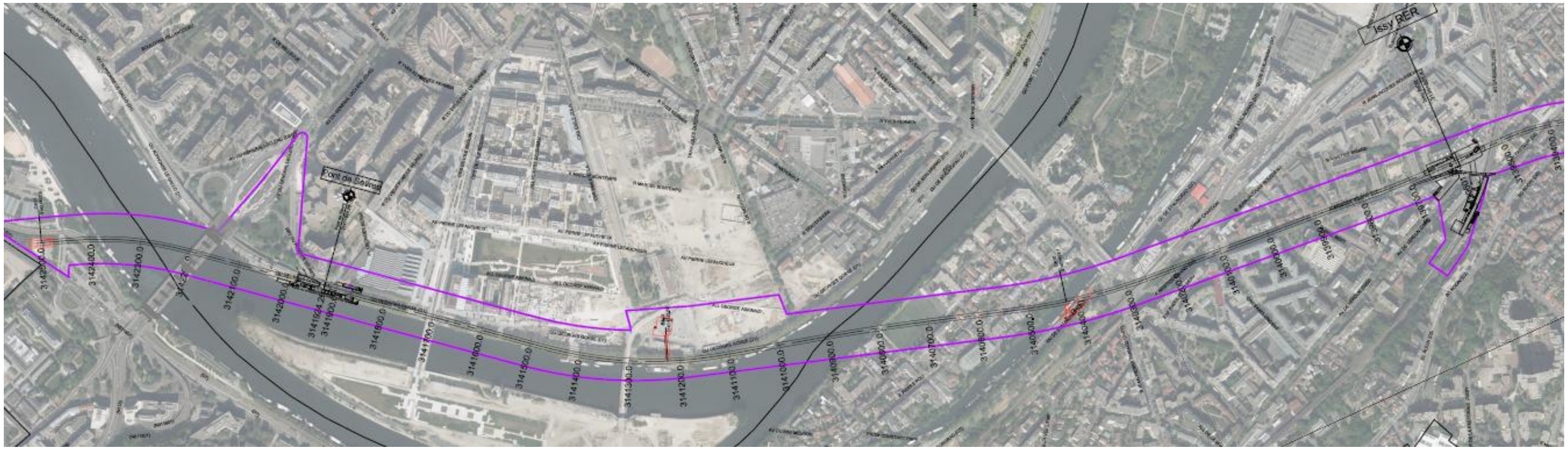
*a. <u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u>*

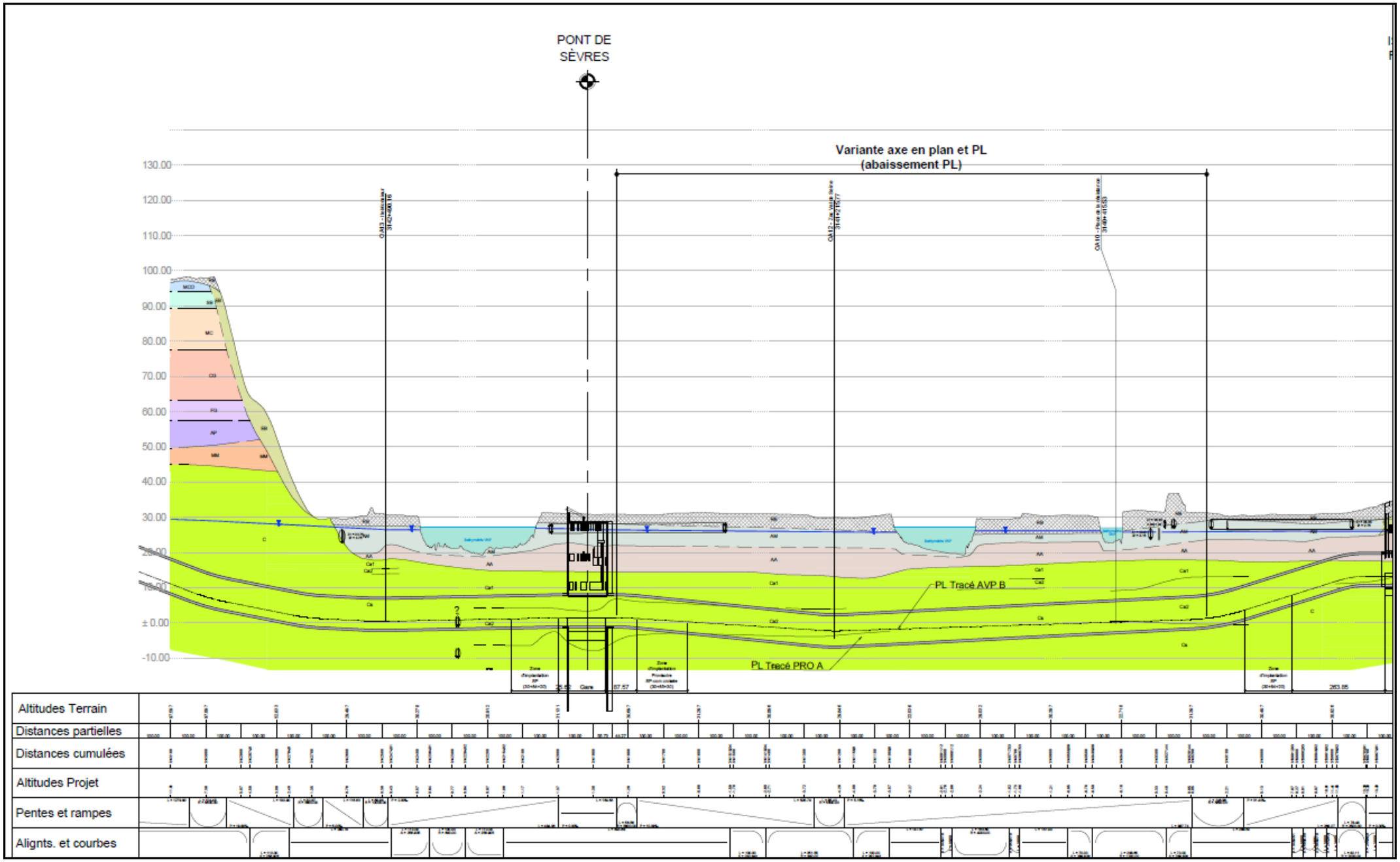
La boutonnière de Boulogne est localisée à l'extrémité ouest de la Ligne 15 Sud. Ce secteur couvre la zone située entre les gares d'Issy RER et Pont de Sèvres, ainsi que la traversée de la Seine jusqu'à l'île Monsieur (extrémité ouest de la Ligne 15 Sud).

Cette zone est caractérisée par l'affleurement, dans le méandre de la Seine, de la Craie sous les Alluvions Anciennes et récentes du fleuve. La coupe géologique rencontrée au droit du secteur est de haut en bas :

- Remblais sur une épaisseur pouvant atteindre 5 mètres ;
- Alluvions récentes ou modernes (Quaternaire), sur une épaisseur de 3 à 8 m environ ;
- Alluvions anciennes (Quaternaire), sur une épaisseur pouvant atteindre une dizaine de mètres ;
- Craie blanche à silex (Crétacé), dont l'épaisseur totale est d'environ 500 mètres. La Craie se distingue en trois faciès différents : la partie supérieure de la Craie est généralement pâteuse (5 à 10 m d'épaisseur), la partie médiane est fracturée (4 à 15 m d'épaisseur), puis la Craie devient ensuite saine l'épaisseur de chacun de ces faciès variant selon la position par rapport à la Seine.

Au niveau de ce secteur, le tunnel se trouve à environ 10 mètres sous le toit de la Craie du Crétacé. Il passe à environ 14 mètres sous le lit de la Seine.


Pont de Sèvres
Issy RER

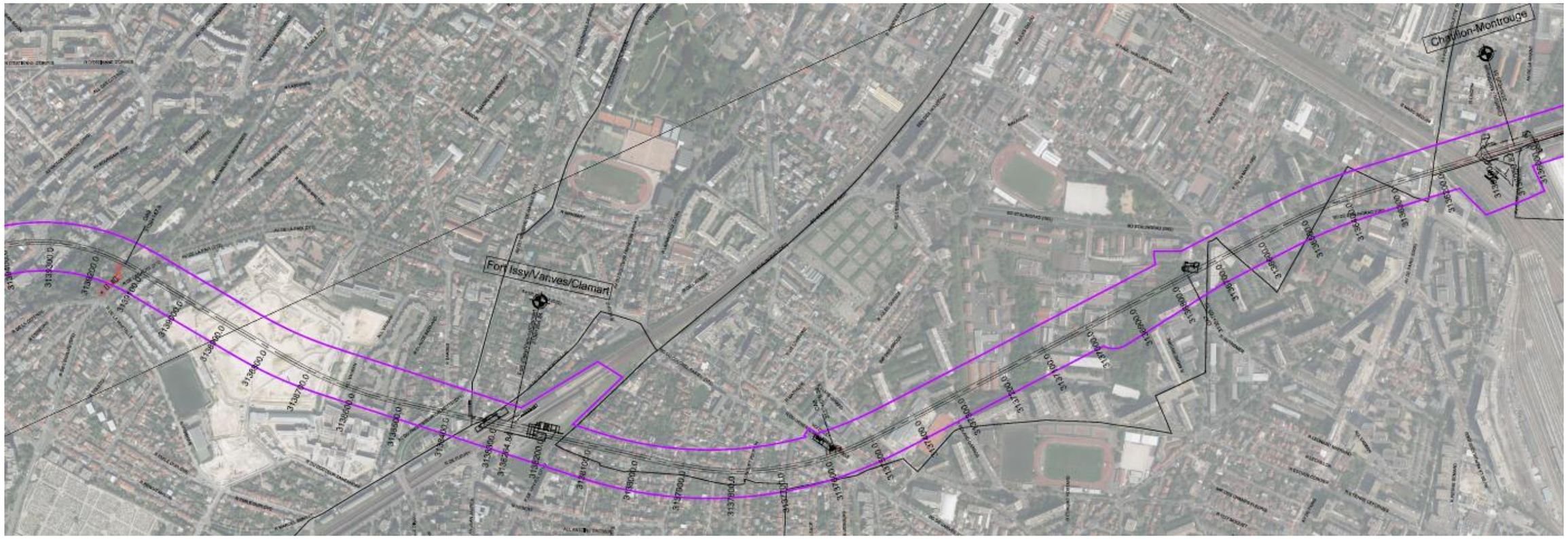

PONT DE SÈVRES
Variante axe en plan et PL (abaissement PL)
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
± 0.00
-10.00
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
Altitudes Terrain
Distances partielles
Distances cumulées
Altitudes Projet
Pentes et rampes
Alignts. et courbes

*b. Secteur du plateau d'Issy à Cachan*

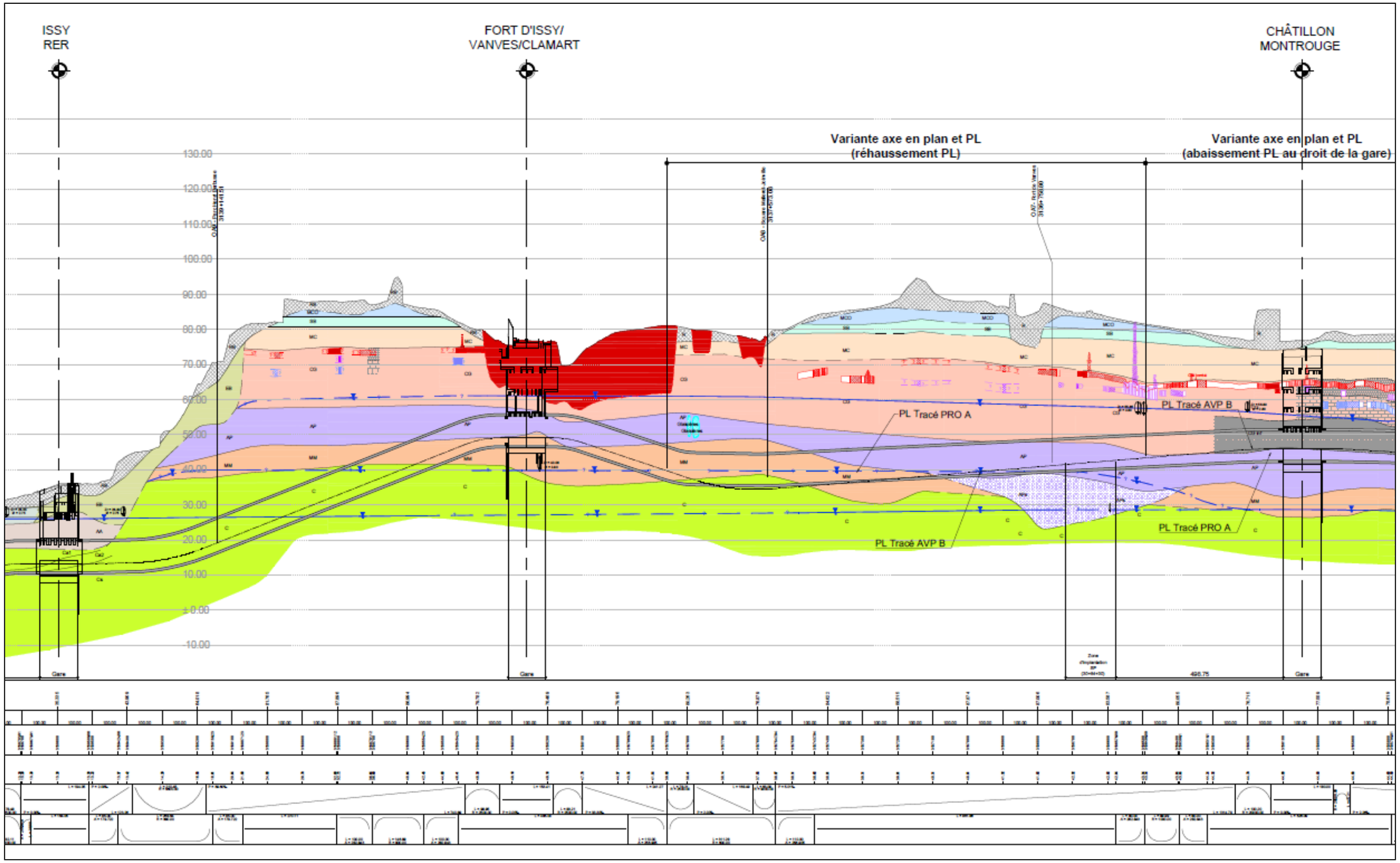
Ce secteur couvre la zone entre le Fort d'Issy et la vallée de la Bièvre, intégrant les gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Chatillon–Montrouge, Bagneux et Arcueil–Cachan. Ce secteur est caractérisé par la succession lithologique suivante :

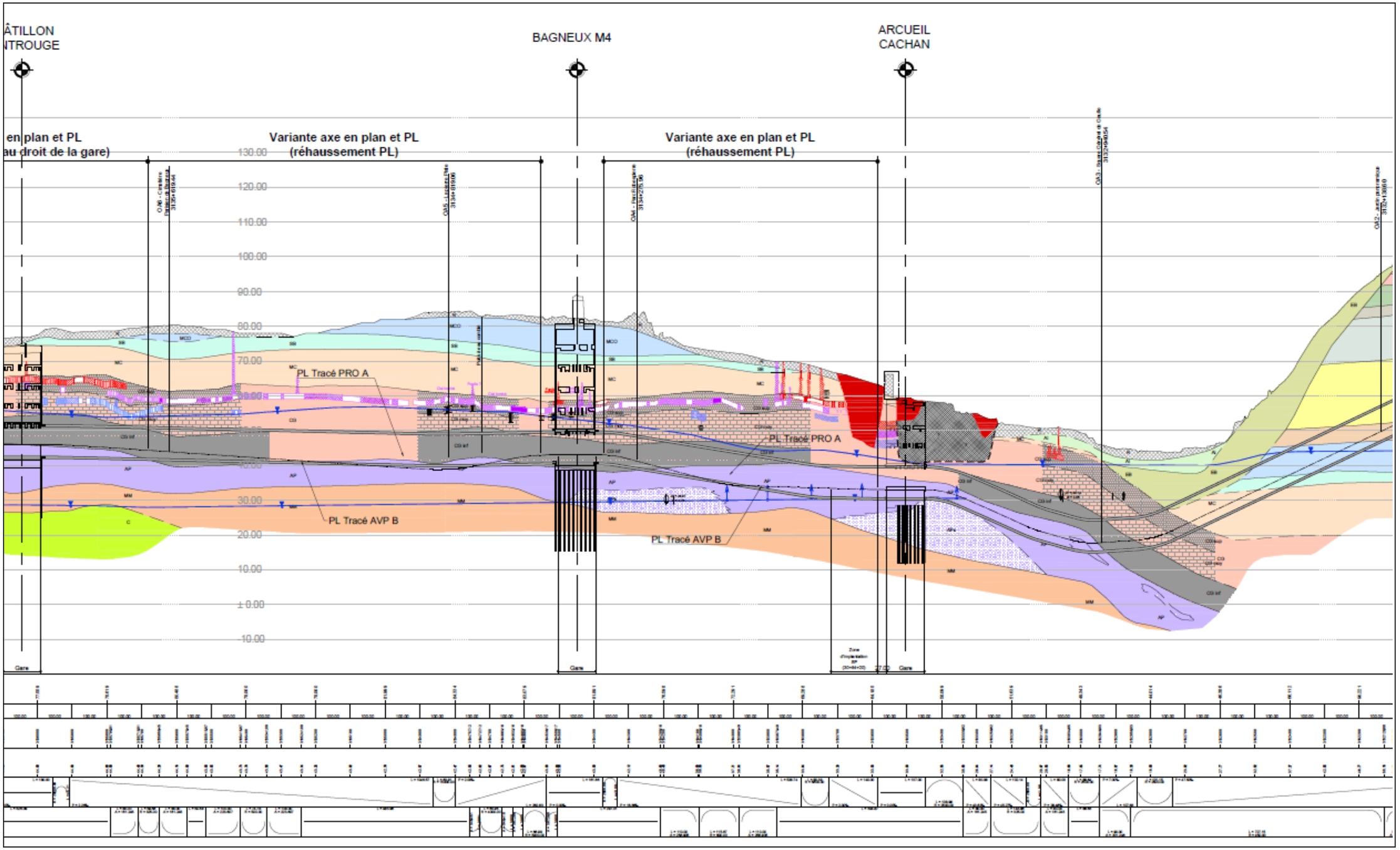
- Remblais d'une épaisseur variable, pouvant atteindre localement près de 20 mètres dans les zones d'exploitation à ciel ouvert de Calcaire Grossier (gares de Fort d'Issy Vanves Clamart, Arcueil Cachan) ;
- Calcaires de Saint-Ouen : Cette formation est absente dans la zone allant de la gare de Chatillon-Montrouge au cimetière de Bagneux, laissant affleurer les sables de Beauchamp. On le trouve sous forme de lambeaux résiduels sur ce tronçon excepté dans la zone de la gare de Bagneux où son épaisseur atteint 8 m ;
- Sables de Beauchamp d'une épaisseur de 2 à 5 mètres, la partie argileuse médiane est absente dans ce secteur ;
- Marnes et Caillasses de 4 à 13 mètres d'épaisseur ;
- Calcaires Grossiers dont l'épaisseur et relativement constante, aux alentours de 20 mètres. Cette formation a largement été exploitée dans ce secteur. Des zones de carrières souterraines et de carrières à ciel ouvert, pour certaines remblayées ont été traversées de nombreuses fois lors des différentes reconnaissances effectuées. Ce point est détaillé dans le paragraphe suivant traitant des carrières.
- Fausses Glaises et Argiles Plastiques de l'Yprésien dont l'épaisseur atteint parfois 20 mètres sur certains sondages. Cette formation plonge légèrement sous la vallée de la Bièvre. Certaines zones sableuses au sein des Argiles Plastiques ont été identifiées lors de la mission géotechnique G1, notamment au droit des gares de Bagneux et d'Arcueil-Cachan.

Au niveau de ce secteur, le tracé du tunnel s'insère essentiellement dans les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien et des Argiles Plastiques de l'Yprésien. Le tunnel traverse localement et partiellement les Marnes de Meudon et la Craie sous-jacente au droit des communes de Vanves Clamart et Malakoff.




Chatillon-Montrouge
Bagneux M4
Arcueil Cachan


ISSY
RER
FORT D'ISSY/
VANVES/CLAMART
CHÂTILLON
MONTROUGE
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
Variante axe en plan et PL
(abaissement PL au droit de la gare)
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
10.00
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
Gare
Gare
Gare

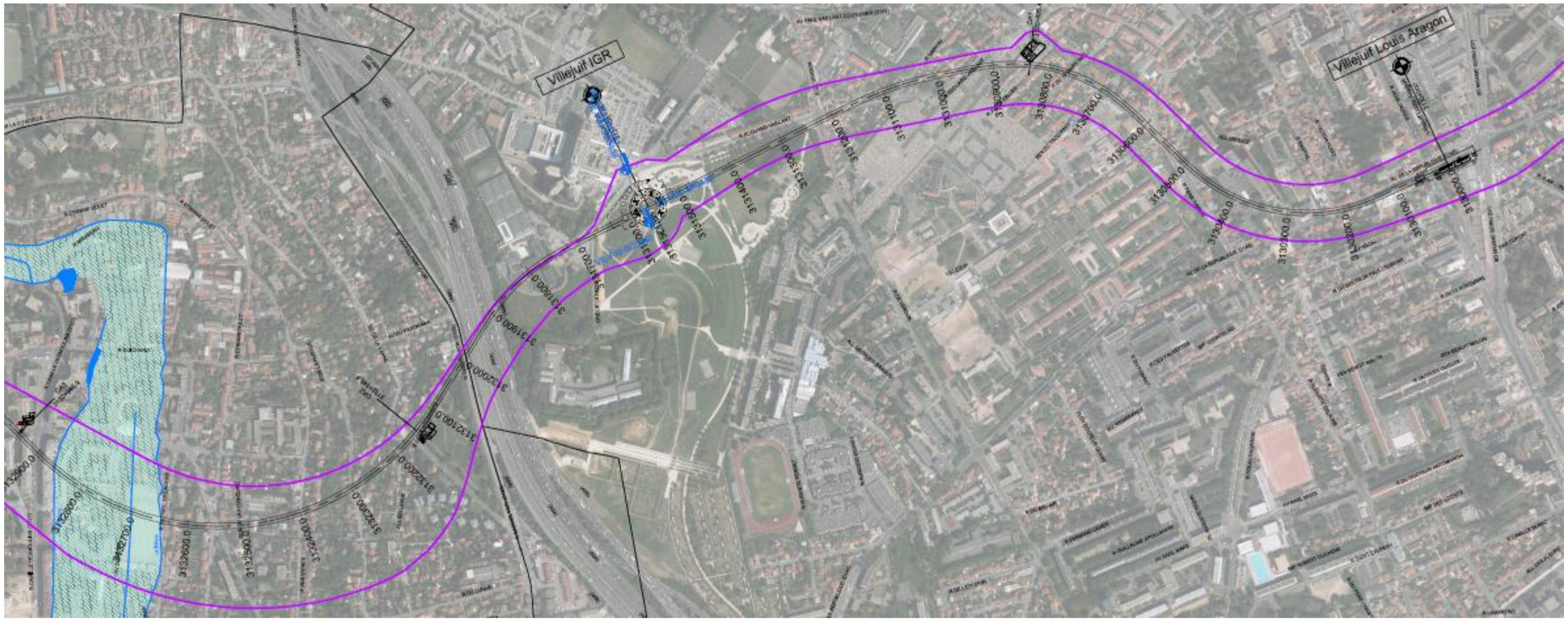

ÂTILLON
NTROUGE
BAGNEUX M4
ARCUEIL
CACHAN
en plan et PL
au droit de la gare)
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
10.00
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
Gare
Gare
Gare

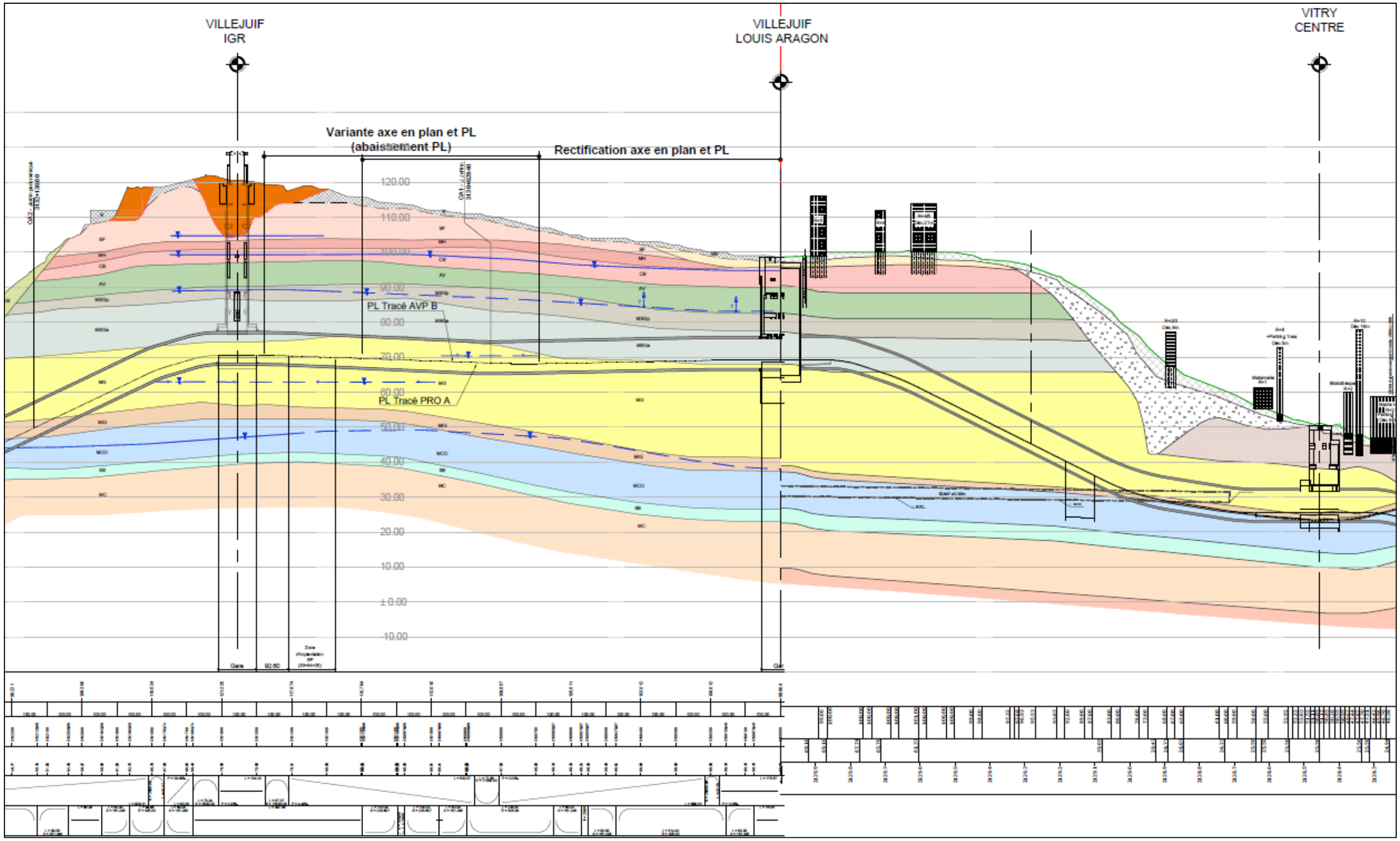
*c. Secteur du plateau de Villejuif*

Ce secteur occupe la partie centrale du tracé, entre la vallée de la Bièvre et la gare de Vitry Centre. Il intègre les gares de Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon. Au niveau du plateau, la stratigraphie rencontrée est, depuis la surface, la suivante :

- Des remblais d'une épaisseur de 3 à 5 m pouvant atteindre une quinzaine de mètres au niveau de la gare de Villejuif IGR dans la zone d'exploitation des Sables de Fontainebleau à ciel ouvert,
- Des éboulis de coteaux en bordure du plateau d'une épaisseur de 5 à 15 m,
- Limons des plateaux, en plaquage résiduels, sur quelques mètres d'épaisseur entre les gares de Villejuif Louis Aragon et Vitry-Centre;
- Sables de Fontainebleau dont l'épaisseur peut atteindre 15 mètres par endroit ;
- Marnes à huîtres, sur une épaisseur d'environ 3 mètres ;
- Calcaires de Brie, dont l'épaisseur, relativement constante, atteint 5 mètres ;
- Argiles Vertes, de 5 à 8 mètres d'épaisseur ;
- Marnes supra gypseuses, constituées par les Marnes de Pantin puis les Marnes d'Argenteuil sur environ 11 à 16 m d'épaisseur. Ces formations contiennent de petits niveaux de gypse dans la base des Marnes d'Argenteuil ;
- Masses et Marnes du Gypse, d'une épaisseur de 15 à 30 m comportant des niveaux de gypse sans trace de dissolution ;
- Marnes à Pholadomies de 3 m d'épaisseur moyenne comportant également quelques niveaux gypseux ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 10 à 15 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp de 3-4 mètres d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses de plusieurs mètres d'épaisseur, qui comportent des niveaux de gypse d'épaisseur variable ;

Après avoir traversé la vallée de la Bièvre, le tunnel grimpe progressivement au droit du plateau jusqu'à la gare de Villejuif IGR, traversant les formations des Marnes et Caillasses du Lutétien, les Sables de Beauchamp, les Calcaires de Saint-Ouen et les Marnes infra-gypseuses. Ensuite, le tunnel s'insère dans les formations des Masses et Marnes du Gypse et les Marnes d'Argenteuil. Arrivé en bordure orientale du plateau de Villejuif, le tunnel plonge progressivement, pour atteindre la gare de Vitry-Centre, traversant les Masses et Marnes du Gypse et les Calcaires de Saint-Ouen.




VILLEJUIF IGR
VILLEJUIF LOUIS ARAGON
VITRY CENTRE
Variante axe en plan et PL (abaissement PL)
Rectification axe en plan et PL
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00
Gare
92.50

*d. Secteur Vallées de La Seine et de la Marne*

Pour la Vallée de la Seine, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil voir des reliquats de Marnes Infragypseuses, la succession lithologique rencontrée est la suivante:

- Alluvions modernes aux abords immédiats de la Seine sur une épaisseur de l'ordre de 3-4 m ;
- Alluvions anciennes sur une épaisseur de 10-12 m ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 2 à 15 m selon le secteur. L'épaisseur est de l'ordre de 10-15 m de Vitry-Centre à Vert de Maisons pour s'amoindrir vers l'est jusqu'à une épaisseur résiduelle de 2 m au niveau de la gare de Créteil Echât. Des niveaux gypseux et des traces de dissolution ont été repérés dans les sondages de la zone de la gare des Ardoines;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 5 mètres contenant des passages gypsifères et des traces de dissolutions au niveau du secteur des Ardoines;
- Marnes et Caillasses du Lutétien sur une épaisseur de 12 à 15 mètres contenant des passages gypsifères et des traces de dissolutions au niveau du secteur des Ardoines ;
- Le Calcaire Grossier du Lutétien.

Le tunnel oscille dans les formations des Marnes et Caillasses, des Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen les gares de Vitry-Centre et la Seine, pour ensuite s'inscrire dans les formations du Lutétien (Marnes et Caillasses et Calcaire Grossier)

L'isthme de la Marne – commune de Saint-Maur des Fossés : entre les deux passages sous-fluviaux sous la Marne entourant la commune de Saint-Maur des Fossés s'est développé un contexte géologique particulier, les formations ont été majoritairement érodées. Pour cette partie du projet s'étalant sur 2 km, la succession géologique est la suivante :

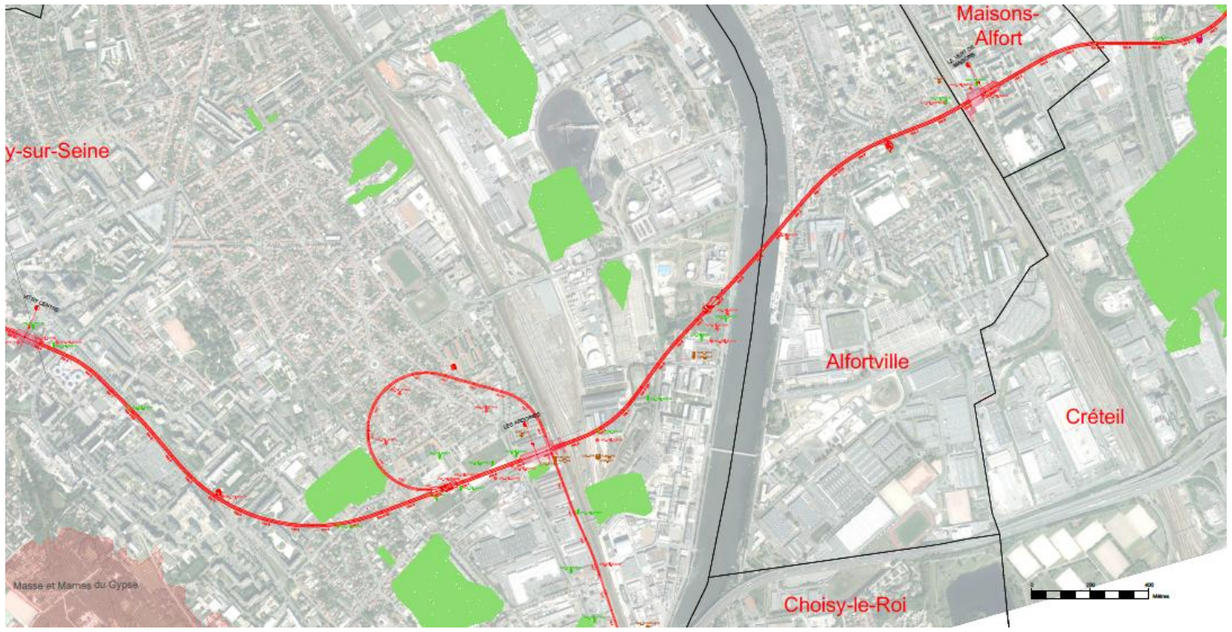
- **Alluvions modernes** aux abords immédiats de la Marne sur une épaisseur de 2 à 8 m ;
- **Alluvions anciennes** sur environ 10 m d'épaisseur,
- **Reliquat de Calcaire Grossier** dans la partie haute de Saint-Maur des Fossés sur une épaisseur atteignant 20 m au maximum ;
- **Les formations de l'Ypresien,** composées de Fausses Glaises et d'Argiles Plastiques sur 20 à 25 m ;
- **Les Marnes de Meudon** sur 3 à 8 m d'épaisseur,
- **Puis la Craie du Crétacé.**

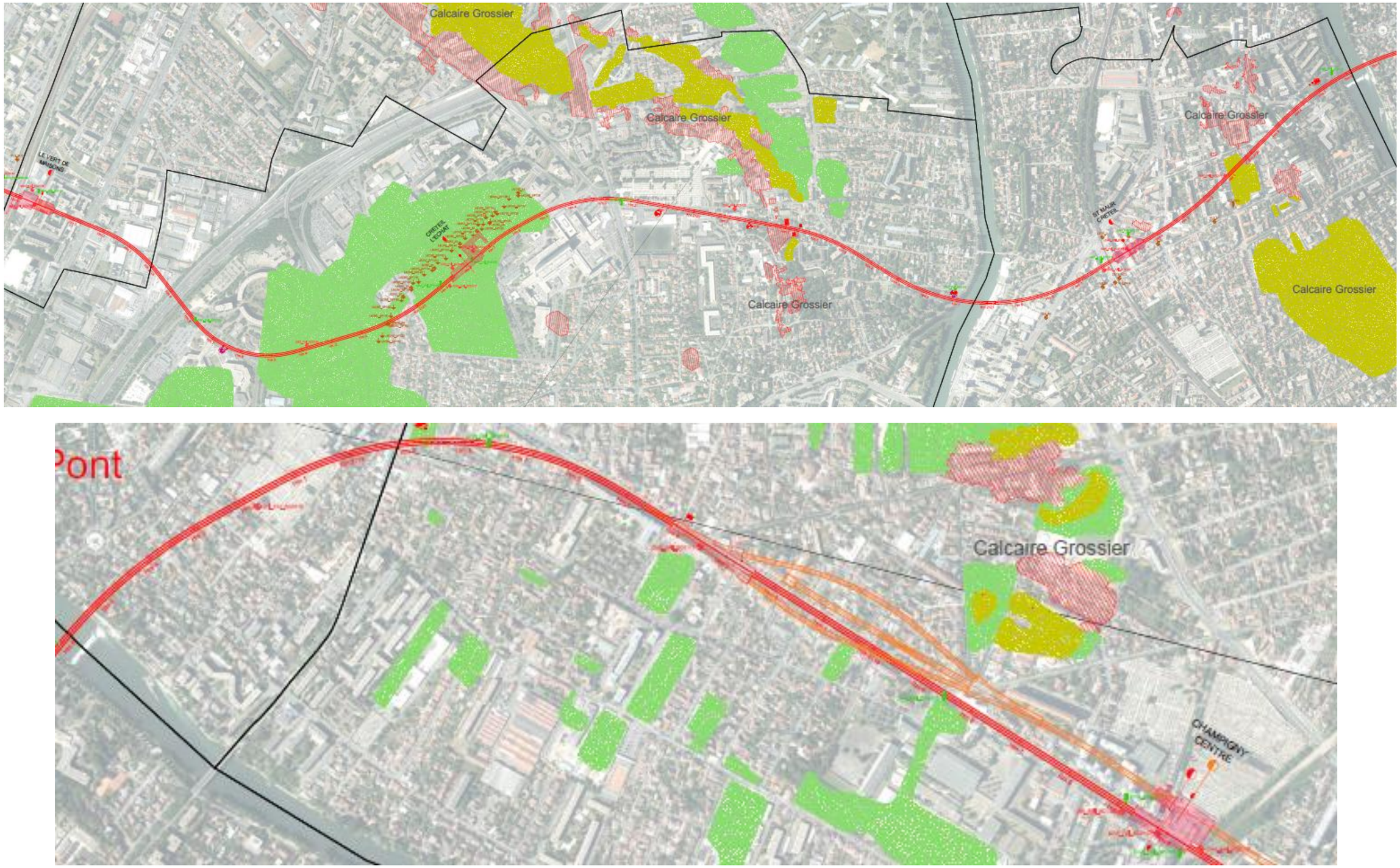
Le tunnel oscille entre l'Yprésien et la Craie. Le point bas se situant au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil dans la Craie à 52 m de profondeur.

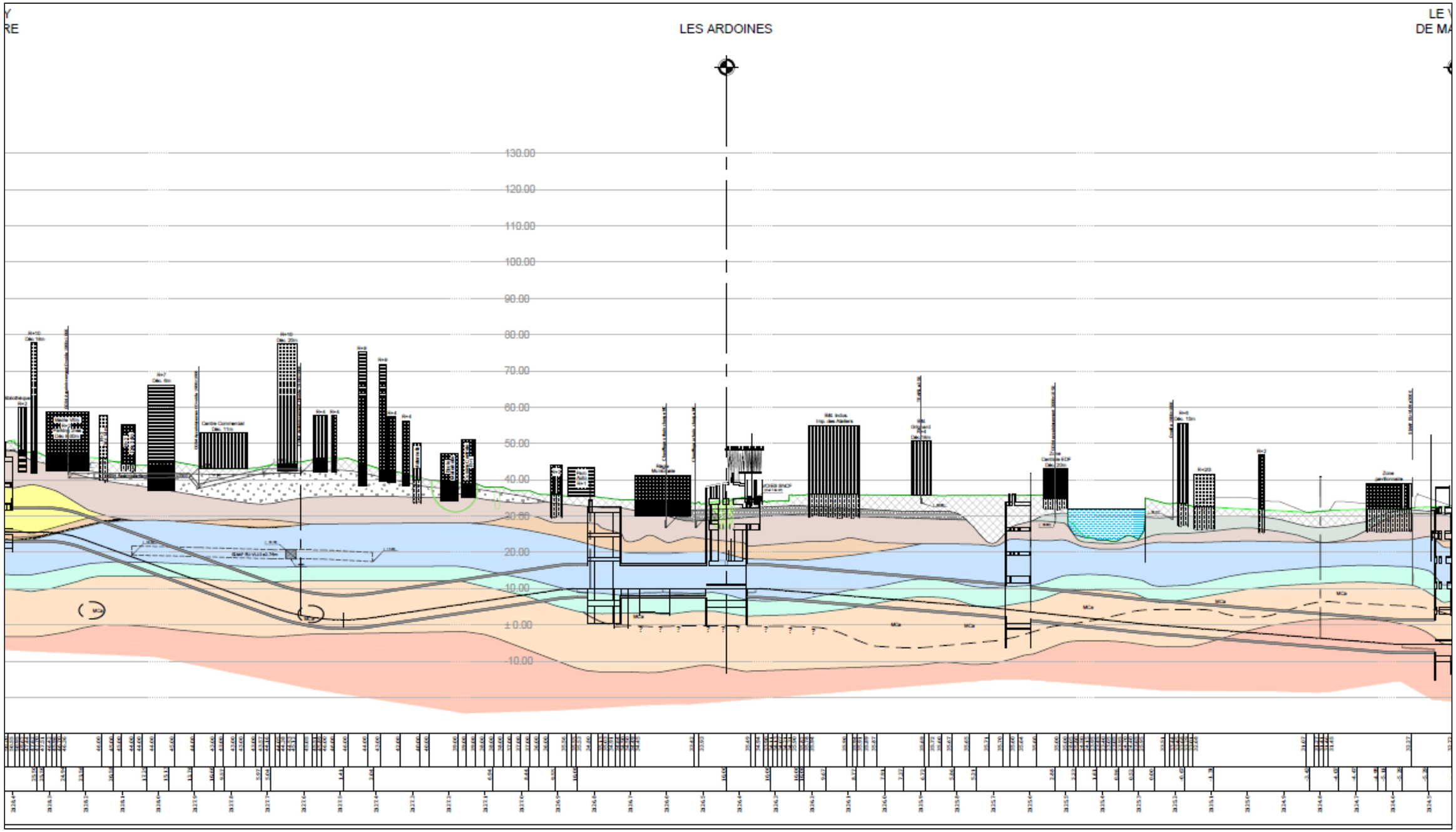
Pour la Vallée de la Marne s'étalant entre la Marne à Joinville-le-Pont et la gare de Champigny-Centre la succession lithologique rencontrée est :

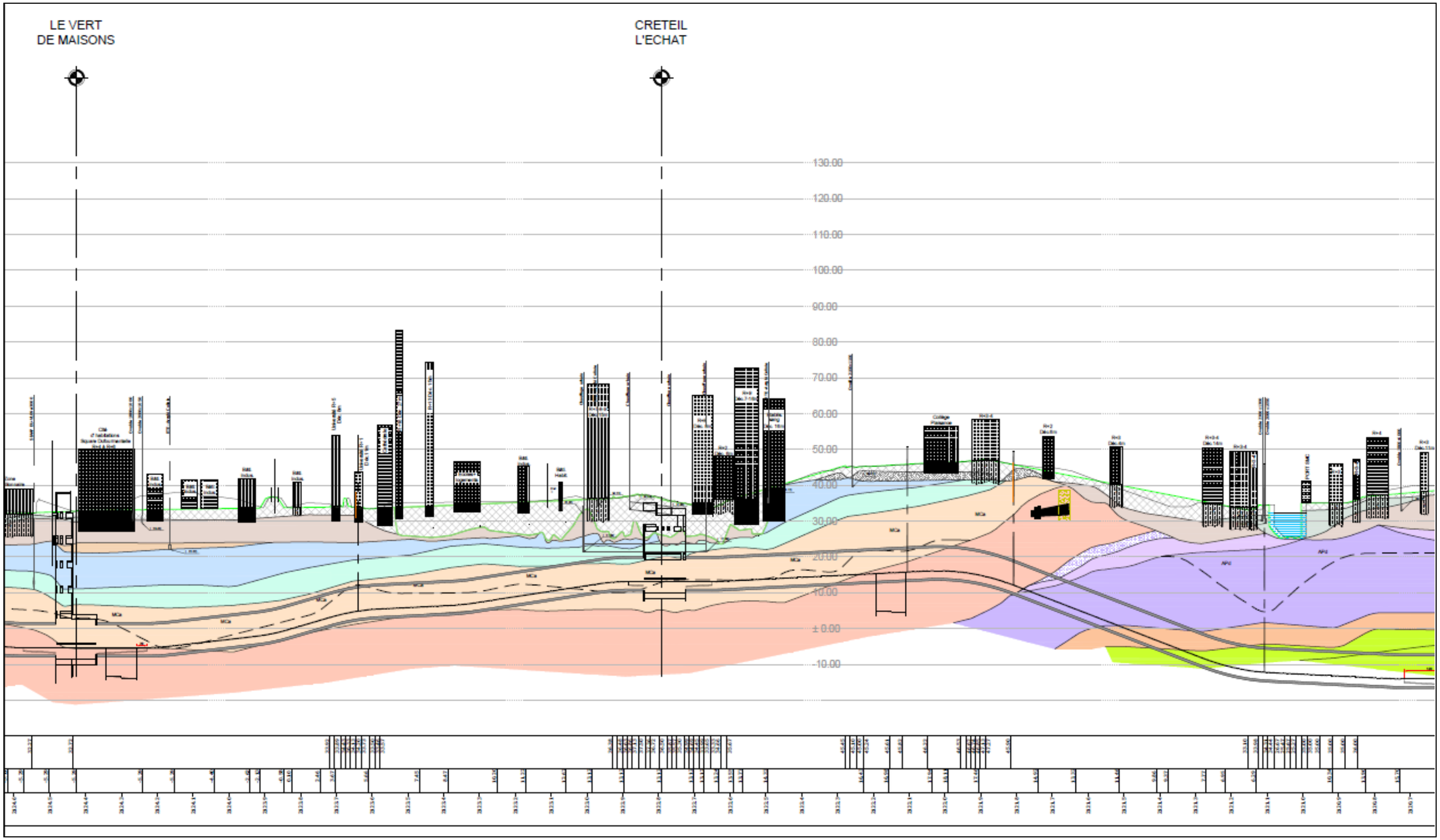
- Alluvions anciennes sur une épaisseur d'environ 5 mètres ;
- Calcaires Grossiers du Lutétien sur une épaisseur de 10-12 mètres environ, la partie supérieure est altérée ;
- formations de l'Yprésien constituées : Des Sables Supérieurs sur 2 à 4 m d'épaisseur répartis irrégulièrement sur ce secteur, des Fausses Glaises sur 5 m d'épaisseur moyen, excepté au niveau de la gare de Champigny-Centre où elles atteignent 15 m d'épaisseur, puis des Argiles Plastiques.

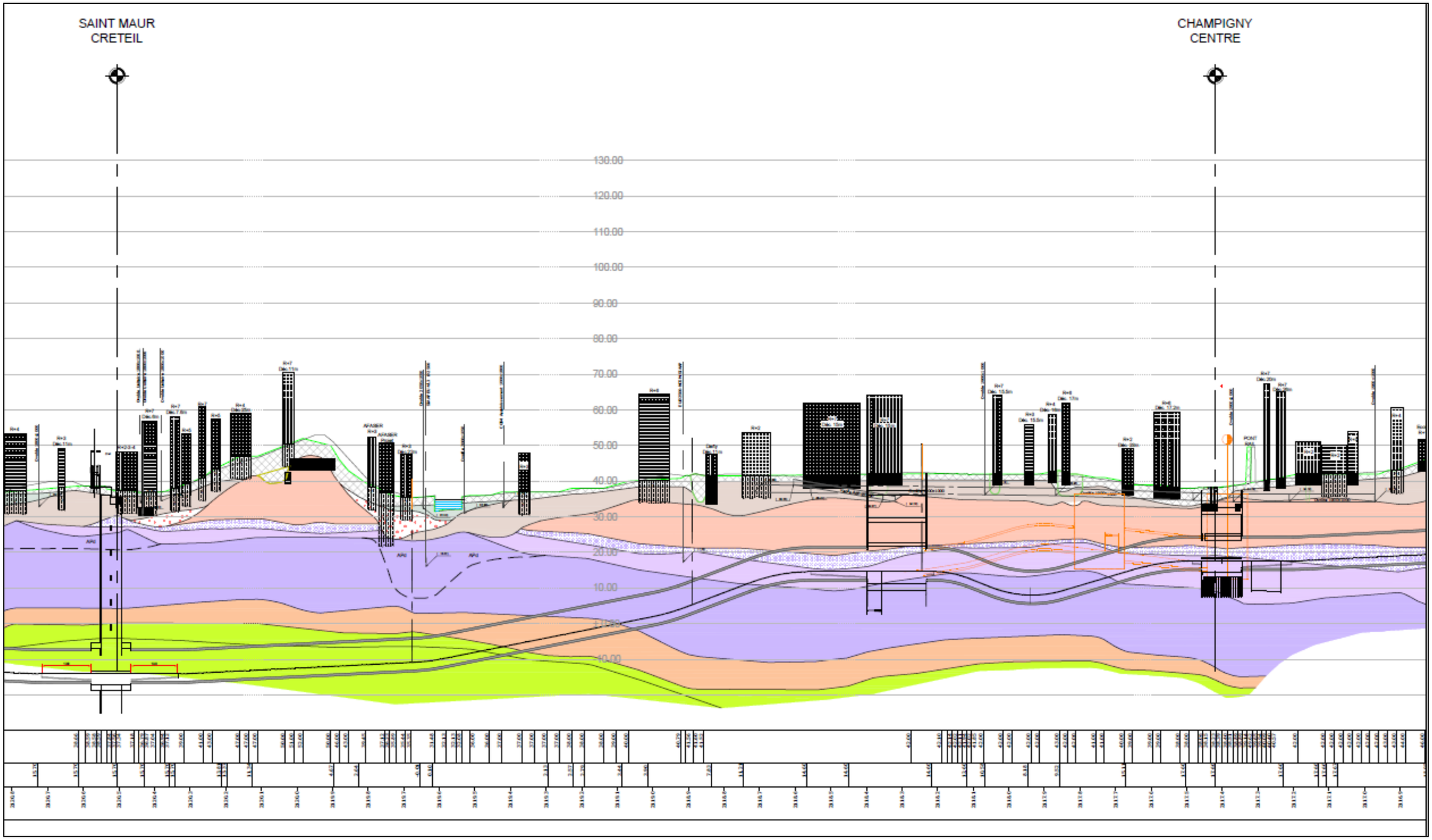
La traversée s'insère dans les formations de l'Yprésien sur ce secteur.

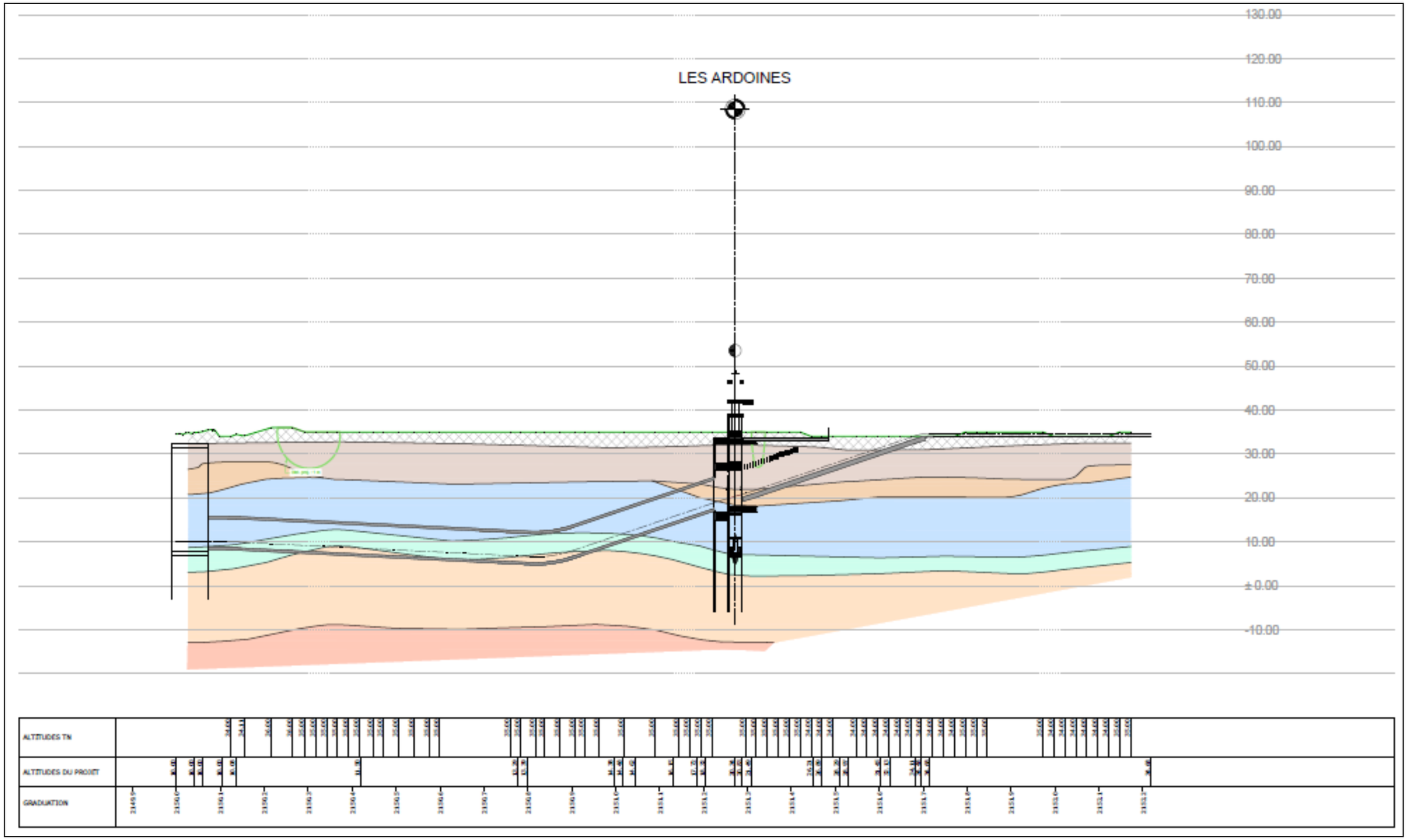



Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
LE VERT DE MAISONS
CRETEIL L'ECHAT
ST MAUR CRETEIL
CHAMPIGNY CENTRE


LES ARDOINES
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00


LE VERT
DE MAISONS
CRETEIL
L'ECHAT
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00


SAINT MAUR
CRETEIL
CHAMPIGNY
CENTRE
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
-10.00



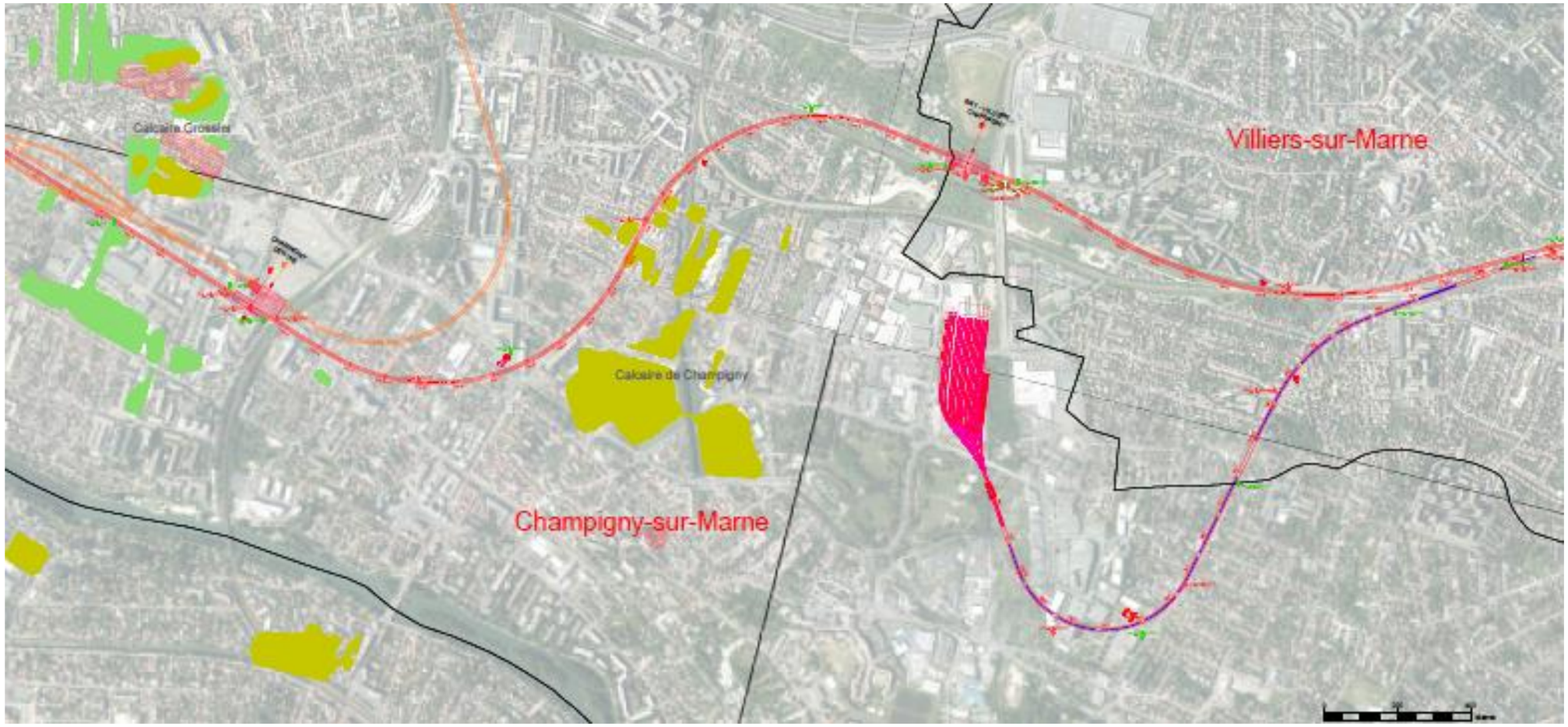

**Coupe géologique au niveau du débranchement vers le site de maintenance des infrastructures (SMI) de Vitry**

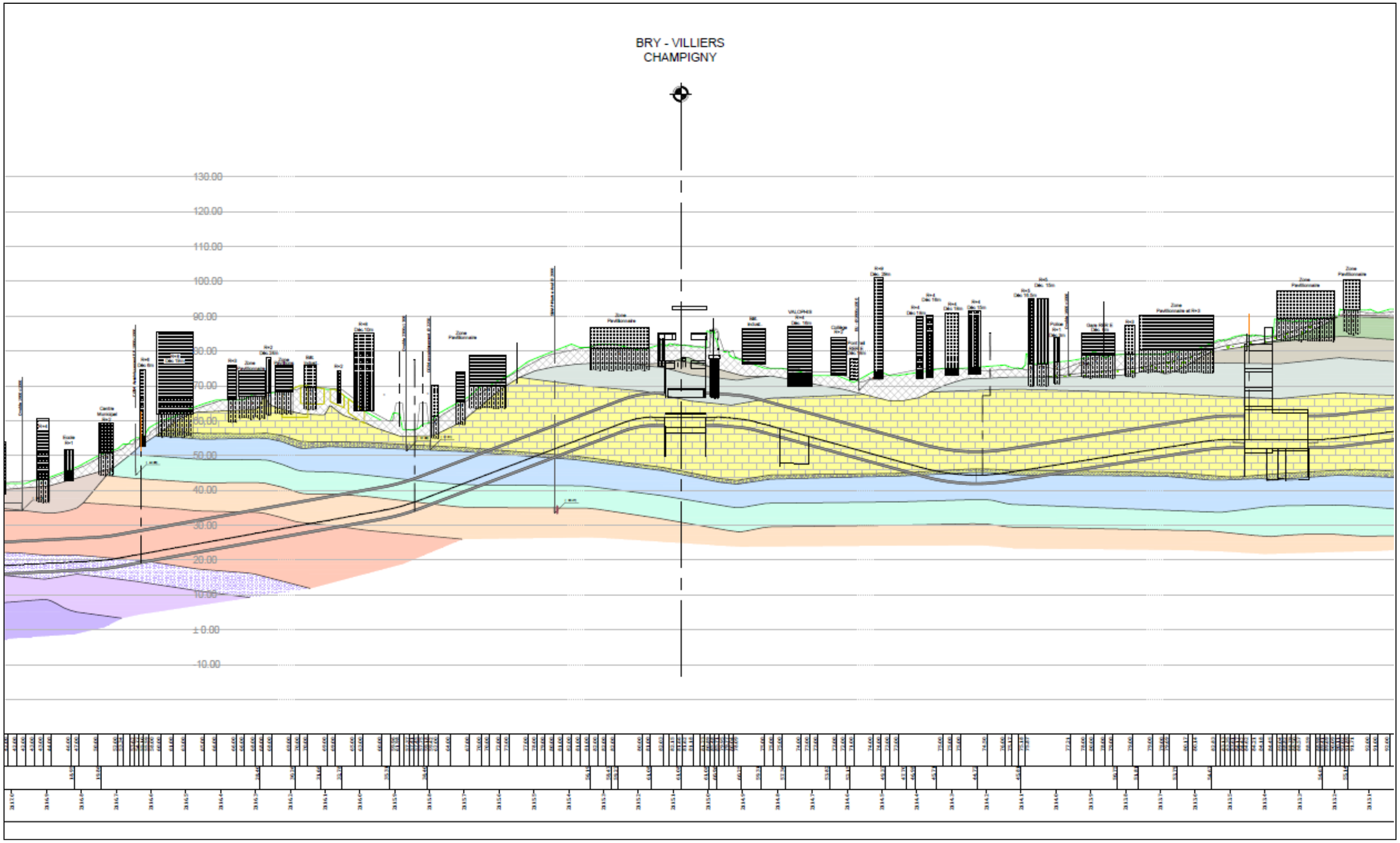
*e. Secteur du plateau de la Brie*

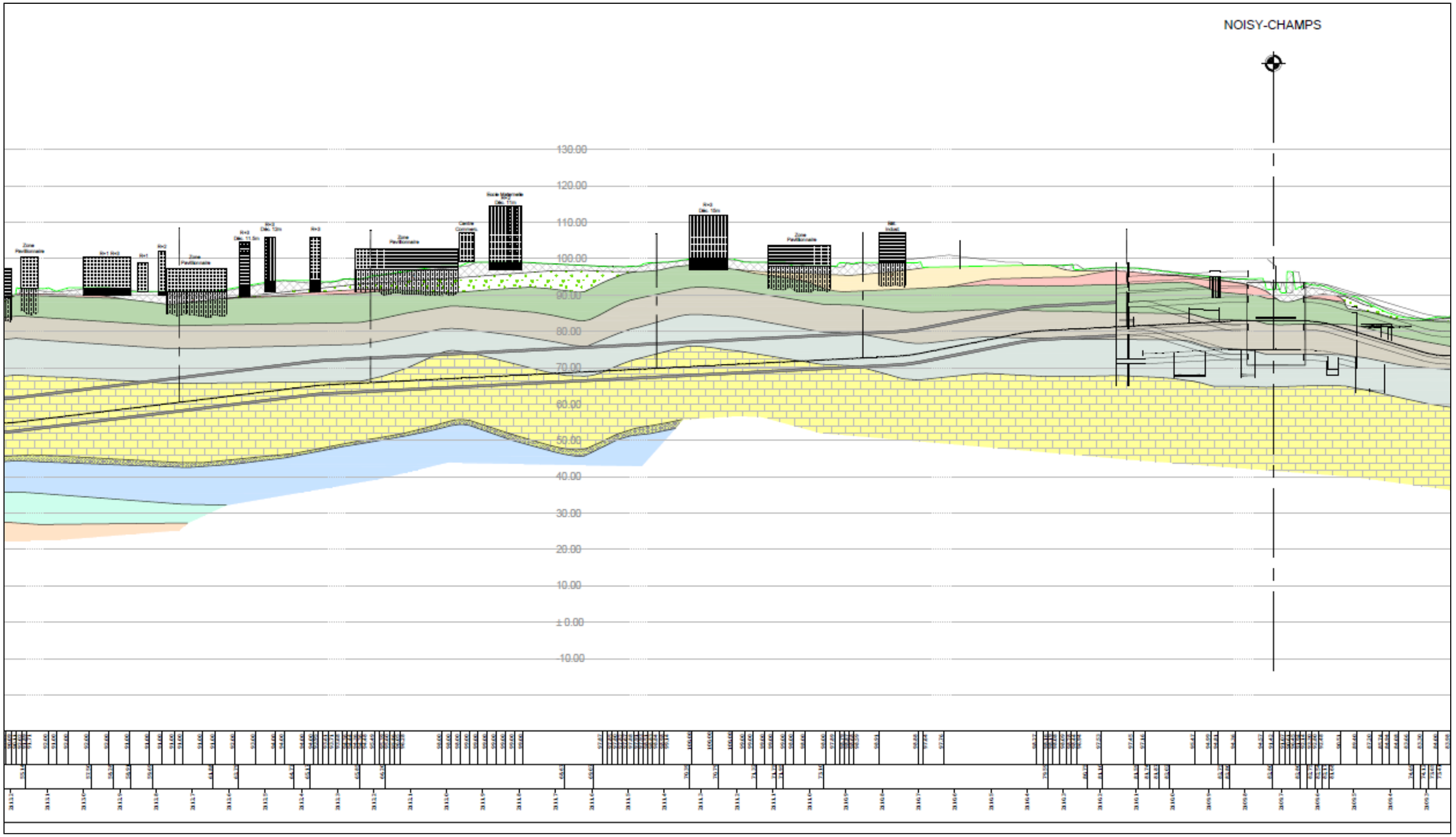
Ce secteur occupe l'extrémité nord-est du tracé de la Ligne 15 Sud, du coteau situé à l'Est de la gare de Champigny-Centre jusqu'à la gare de Noisy-Champs. La stratigraphie rencontrée est la suivante :

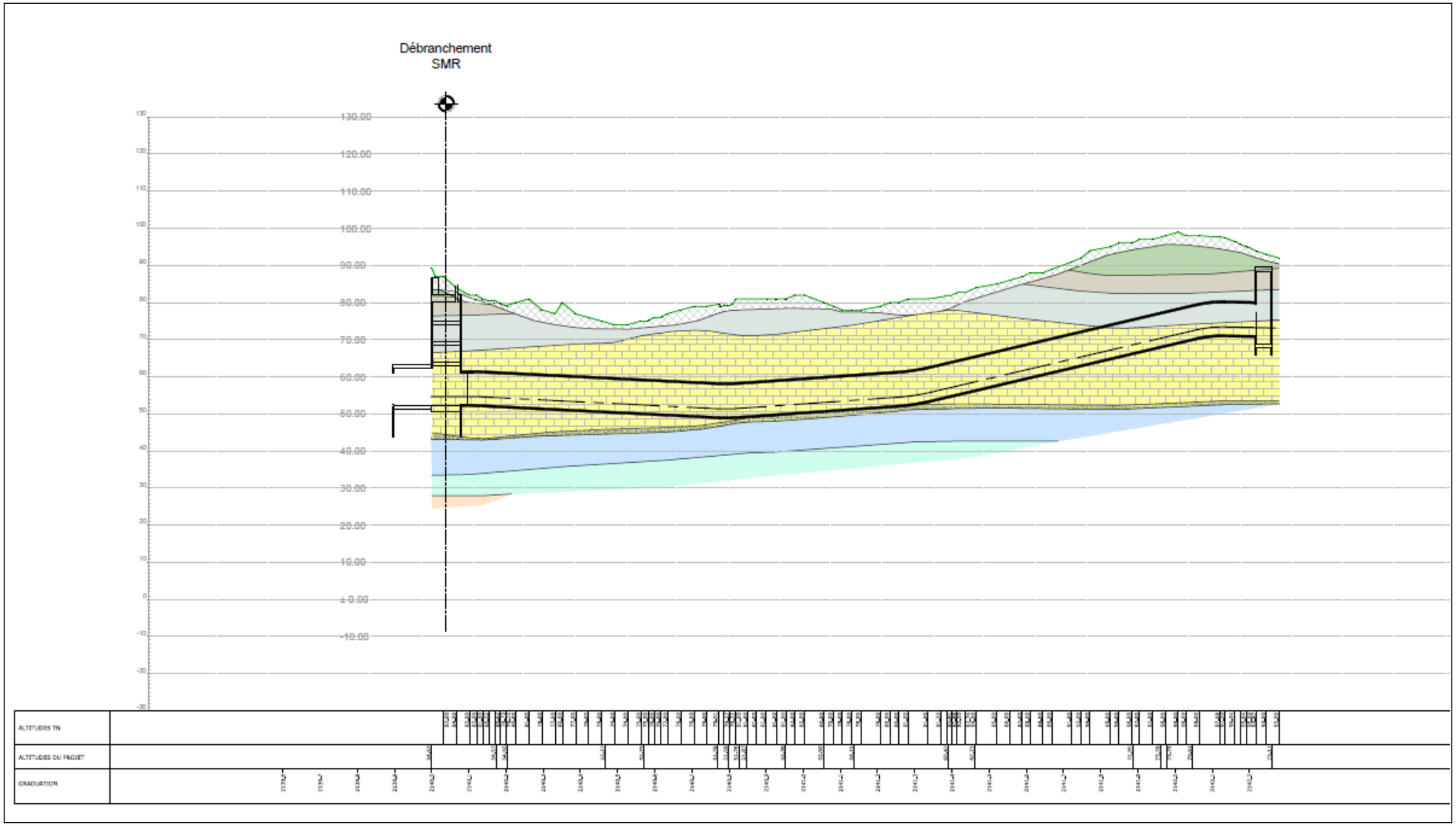
- Limons des plateaux, rencontrés ponctuellement, sur quelques mètres d'épaisseur au niveau de l'autoroute A4 sur la commune de Noisy-Le-Grand ;
- Calcaire de Brie (Sannoisien supérieur) en lambeaux de faible épaisseur (3 m) au niveau de la gare de Noisy-Champs principalement ;
- Argile verte (Sannoisien inférieur), sur 4 à 7 m d'épaisseur de l'ouvrage d'entonnement au site de maintenance et de remisage à la gare de Noisy-Champs;
- Marnes supra-gypseuses (Ludien supérieur) sur environ 15-20 m d'épaisseur, dont 4-5 m de Marnes de Pantin et 10-12 m de Marnes d'Argenteuil ;
- Calcaire de Champigny (Ludien inférieur) sur 20 à 25 m d'épaisseur correspondant à une variation latérale de faciès des Masses et Marnes du Gypse.
- Sables Verts de Monceau sur 2 m d'épaisseur ;
- Calcaires et Marnes de Saint-Ouen (Marinésien inférieur), sur 10 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp (Auversien) sur 6-8 m d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses (Lutétien) ;

Le tunnel de la Ligne 15 Sud s'insère dans les Calcaires de Champigny jusqu'à Noisy-le-Grand. Il remonte ensuite légèrement dans les Marnes supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) jusqu'à la gare de Noisy-Champs.

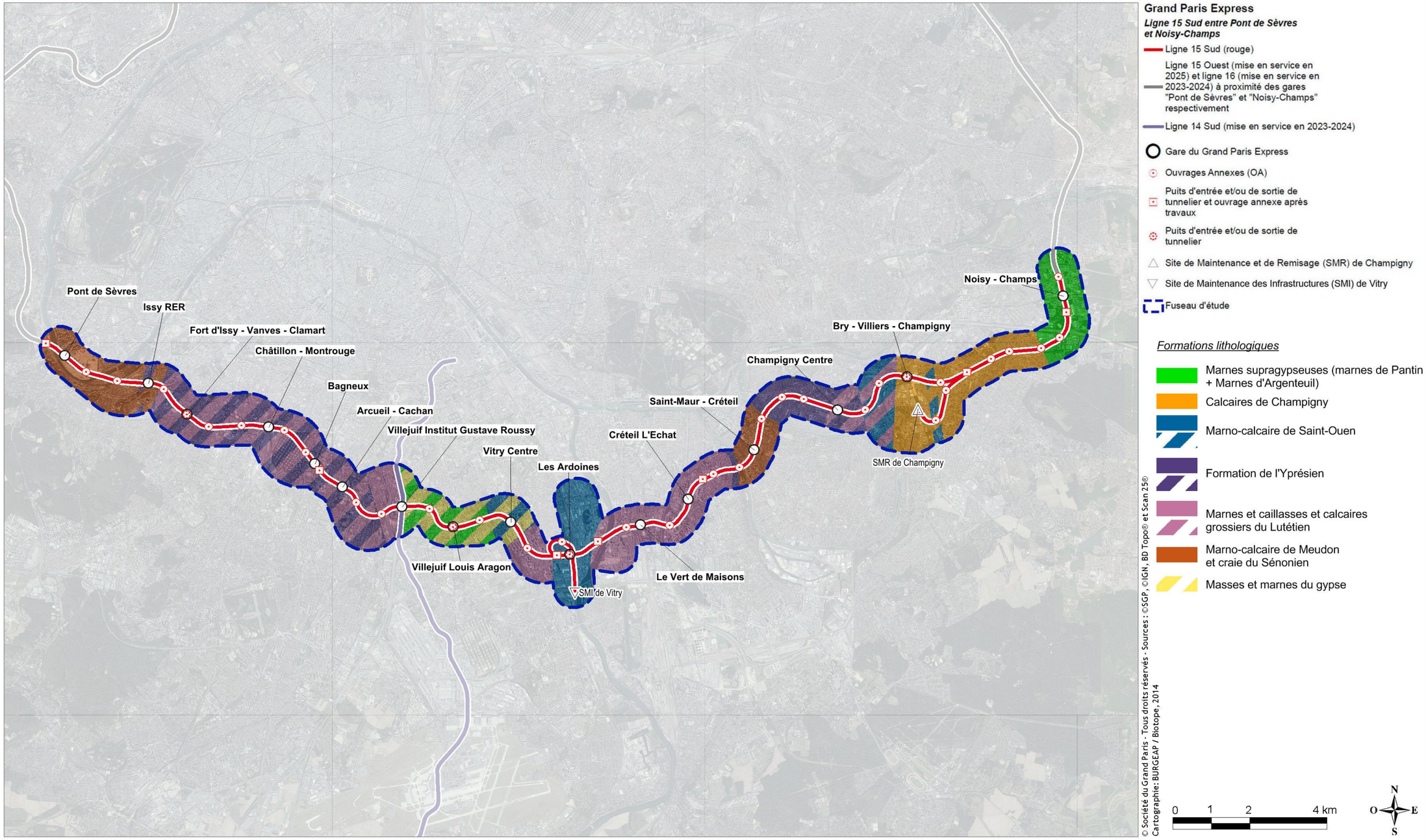



BRY - VILLIERS
CHAMPIGNY
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00


NOISY-CHAMPS
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00




**Coupe géologique au niveau du débranchement vers le site de maintenance et de remisage (SMR) de Champigny**


Pont de Sèvres
Issy RER
Fort d'Issy - Vanves - Clamart
Châtillon - Montrouge
Bagneux
Arcueil - Cachan
Villejuif Institut Gustave Roussy
Vitry Centre
Les Ardoines
Villejuif Louis Aragon
SMI de Vitry
Le Vert de Maisons
Créteil L'Echat
Saint-Maur - Créteil
Champigny Centre
Bry - Villiers - Champigny
Noisy - Champs
SMR de Champigny
Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
Ligne 15 Sud (rouge)
Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
Gare du Grand Paris Express
Ouvrages Annexes (OA)
Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
Fuseau d'étude
Formations lithologiques
Marnes supragypseuses (marnes de Pantin + Marnes d'Argenteuil)
Calcaires de Champigny
Marno-calcaire de Saint-Ouen
Formation de l'Yprésien
Marnes et caillasses et calcaires grossiers du Lutétien
Marno-calcaire de Meudon et craie du Sénonien
Masses et marnes du gypse
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014
0 1 2 4 km
N
O
E
S

### 1.5.1.7 Méthodologie générale du choix des dispositions constructives

a. *Réalisation du tunnel*

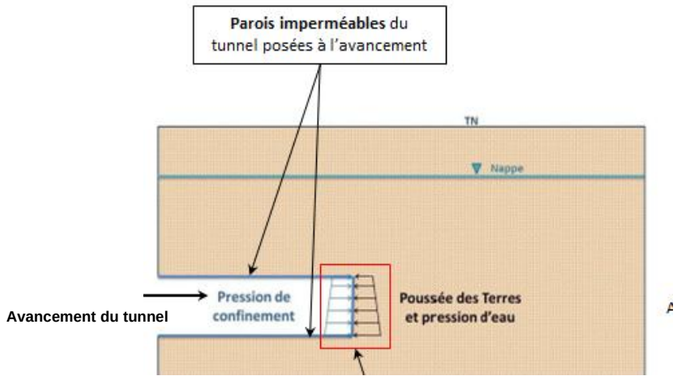
Pour la réalisation du tunnel, la technique de construction privilégiée est celle du tunnelier.

Une des fonctions principales du tunnelier est d'assurer la stabilité du front de creusement. Cette stabilité dépend des caractéristiques géotechniques du terrain et de la charge hydrostatique des couches géologiques traversées.

La stabilité est assurée au travers de la mise sous pression de la chambre de la chambre d'abattage du tunnelier (au niveau de la tête du tunnelier). Cette pression vient équilibrer la poussée des terres et la pression de l'eau afin d'assurer la stabilité du front.

Dans un milieu très urbanisé tel la Ligne 15 Sud, le tunnel sera creusé dans l'environnement d'ouvrages existants dense, la maîtrise du confinement appliquée est de fait essentielle afin de limiter les tassements et les désordres en surface.

Le schéma conceptuel suivant permet d'illustrer ce propos.




Zone de confinement : la pression de confinement permet de maintenir un équilibre entre l'intérieur et l'extérieur. Il n'y a pas de pompage de la nappe. Ainsi le creusement du tunnel n'entraine pas de circulations des eaux dans le sous-sol évitant la déstabilisation des couches géologiques.

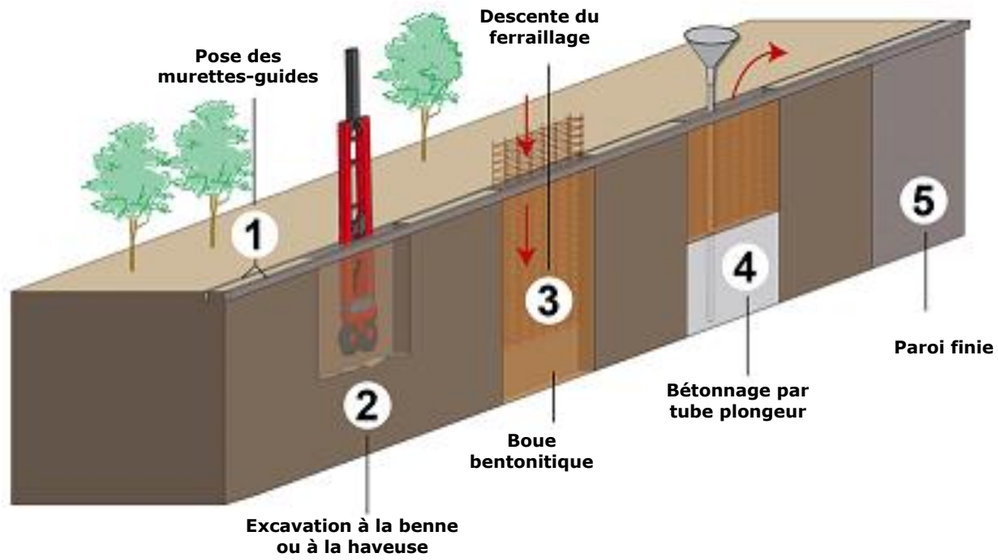
b. *Principes généraux de réalisation des gares et ouvrages annexes*

De manière générale les gares, les puits (ouvrages annexes) ainsi que certaines sous-sections en tranchée couverte (zone de débranchement ou d'entonnement) seront réalisées en parois moulées en béton armé directement moulées dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

Le principe de réalisation est le suivant :

- Excavation du panneau de paroi moulée, la stabilité de cette excavation est assurée par un fluide de forage de type boue bentonique qui maintient les parois,
- Descente du ferraillage dans l'excavation stabilisée à la boue,
- Bétonnage du panneau depuis le bas de l'excavation et récupération de la boue betonitique pour recyclage et réutilisation sur les panneaux suivants.

Une fois l'enceinte périphérique réalisée l'excavation de la fouille intérieure peut commencer, la stabilité de l'excavation est assurée par le butonnage des parois moulées qui permettant ainsi de limiter les déformations de ces dernières.




**Principe général de mise en œuvre de parois moulées**
**(Figure issue du site http://www.societedugrandparis.fr/)**

En fonction du contexte souterrain (géologique et hydrogéologique) dans lequel s'insère l'ouvrage considéré, la profondeur d'ancrage des parois moulées est variable.

Le dimensionnement de la fiche des soutènements doit être réalisé de manière à assurer en premier lieu leur stabilité mécanique (reprise des poussées des terres).

Le dimensionnement doit également prendre en compte le milieu hydrogéologique. En effet, les parois moulées étant semi-étanches les venues d'eau horizontales sont fortement limitées sur toute leur hauteur ; pour les venues d'eau en fond de fouille deux solutions sont possibles :

- Le terrain est imperméable en profondeur, un prolongement des parois moulées pour atteindre cet horizon et créer ainsi une barrière hydraulique peut permettre de s'affranchir de ces venues,
- Les terrains sont perméables, la gestion des eaux venant par le fond de fouille se fera soit à l'aide pompages avec abaissement du niveau piézométrique soit par traitement du fond de fouille pour créer un horizon imperméable et créer une barrière hydraulique artificielle.

La démarche qui a été retenue pour le projet a consisté à privilégier les solutions techniques permettant de réduire le débit d'épuisement autant que possible. Cette démarche sera décrite dans la partie relative à l'hydrogéologie.

## 1.5.2 Impacts du projet associés à la présence d'anciennes carrières

### *1.5.2.1 Rappel de la problématique liée aux anciennes carrières*

Le tracé de la Ligne 15 Sud rencontre deux principales familles de carrières :

- **les carrières à ciel ouvert**, remblayées après leur exploitation par du tout-venant ;
- **les carrières souterraines,** qui pour certaines ont été comblées ou confortées. Les techniques de stabilisation des carrières sont diverses :
  - par piliers à bras (poteaux montés pour soutenir le ciel de carrière),
  - par hagues et bourrages : réalisation de murs de pierres sèches (hagues) retenant les déchets non utilisés de l'exploitation de la carrière (bourrages).

Le Calcaire Grossier (Lutétien) a largement été exploité au droit du secteur d'étude en souterrain dont les galeries peuvent parfois être étendues sur plusieurs étages. Ces carrières ont potentiellement eu des évolutions variées :

- comblement traditionnel total ou partiel avec des matériaux divers : certaines galeries ont servi de décharge et présentent des matériaux pollués ;
- comblement par injection ;
- abandon et action de l'érosion de l'eau.

Ces zones d'anciennes carrières sont soumises à des prescriptions réglementaires particulières qui s'appliquent à tout projet de construction soumis à permis de construire.

### *1.5.2.2 Rappel des enjeux liés à la présence d'anciennes carrières*

Dès la fin de leur exploitation, ces carrières sont potentiellement le siège de mouvements verticaux pouvant entrainer des déstabilisations pouvant se répercuter en surface.

- **les carrières à ciel ouvert** sont souvent remblayées par des matériaux de mauvaise qualité et présentent donc l'inconvénient de constituer des terrains de surface médiocres, sous-consolidés pour la réalisation d'un projet de type métro souterrain. Le passage du tunnelier sous des terrains sous-consolidés peut engendrer des tassements en surface difficilement compatibles avec le bâti sus-jacent.
- **les anciennes carrières souterraines** constituent des ouvrages fragiles. Le passage du tunnelier ou la réalisation de travaux à proximité de ces dernières, et donc la modification du milieu en termes de contraintes dans le sol notamment, peut engendrer la remise en cause de l'équilibre précaire des carrières. Les instabilités susceptibles d'apparaître se situent principalement en ciel de carrière (toit de la carrière) pouvant aller jusqu'à des effondrements progressifs de la voûte, voire à des fontis remontant en surface.
  Ainsi, la réalisation d'un projet de type métro souterrain à proximité d'anciennes carrières souterraines est susceptible de créer des désordres sur ces dernières : engendrant ainsi des décompressions dans le sol et donc des tassements pouvant remonter en surface et impacter le bâti, les réseaux et les infrastructures situés à l'aplomb des zones concernées.

### *1.5.2.3 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence d'anciennes carrières*

Le tableau ci-dessous rappelle les niveaux de sensibilité associés à la présence d'anciennes carrières, sur les différents secteurs de la Ligne 15 Sud :

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière, très éloigné du tracé. |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Présence de nombreuses anciennes carrières souterraines de Calcaire Grossier.<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert de Calcaire Gossier entrainant des niveaux de remblais épais sur les gares de Fort d'Issy Vanves Clamart et Arcueil Cachan. |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert de Sables de Fontainebleau entrainant des niveaux de remblais épais à proximité de la gare de Villejuif IGR. |
| **Secteur vallées de la Seine et de la Marne** | Présence d'anciennes carrières souterraines de gypse ou de Calcaire Grossier très localisées et de faible étendue.<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert « ballastières » entrainant des niveaux de remblais épais sur la commune de Créteil principalement,. |
| **Secteur du plateau de la Brie** | Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire Grossier ou de Calcaire de Champigny sur la commune de Champigny.<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert (sablières) sur la commune de Champigny.<br>Ces carrières sont très localisées |

*Légende :*

| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |
|---|---|---|---|

**Identification de la sensibilité associée à la présence d'anciennes carrières**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

### 1.5.2.4 Prescriptions et règles liées aux anciennes carrières

Des prescriptions réglementaires s'appliquent pour les ouvrages constituant la Ligne 15 Sud, situés dans l'emprise, soit d'une ancienne carrière, soit d'un PPRn.

La liste des communes concernées par des Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) ou documents valant PPR (article R111-3 du Code de l'Urbanisme) sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

| Département | Communes du fuseau | Prescription | Enquête | Approbation |
|---|---|---|---|---|
| ***R111.3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)*** | | | | |
| 92 | Sèvres | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Meudon | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Issy-les-Moulineaux | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Vanves | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Clamart | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Malakoff | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| 92 | Montrouge | - | 26/10/1984 | 19/12/1985 |
| 92 | Châtillon | - | 26/10/1984 | 27/01/1986 |
| 92 | Bagneux | - | 26/10/1984 | 07/08/1985 |
| ***PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)*** | | | | |
| 92 | Meudon | 15/04/2003 | - | - |
| 94 | Cachan | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | L'Haÿ-les-Roses | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Villejuif | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Vitry-sur-Seine | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Maisons-Alfort | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Créteil | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Saint-Maur-des-Fossés | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Joinville-le-Pont | 01/08/2001 | - | - |
| 94 | Champigny-sur-Marne | 01/08/2001 | - | - |

**Législation vis-à-vis des carrières des communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud**
**(Données issues de la base de données du site http://prim.net)**

a. *PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrement liés aux cavités souterraines (hors mines)*

Au droit du secteur d'étude, 10 communes sont concernées par des Plans de Prévention des Risques naturels (PPRn) pour la problématique des carrières. Il s'agit des communes de :

Meudon (92) / Cachan (92) / l'Haÿ-les-Roses (92) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94) / Maisons-Alfort (94) / Créteil (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Joinville-le-Pont (94) / Champigny-sur-Marne (94).

Ces documents sont en cours d'élaboration et ne sont toujours pas approuvés à ce jour. Ces documents n'ont pas pu être consultés, car ils ne sont pas accessibles pour le moment.

**Ainsi, aucun règlement et aucun zonage réglementaire n'est aujourd'hui approuvé sur ces communes.**

Il convient également de noter que les dispositions constructives de la Ligne 15 Sud sont définies à partir d'études géotechniques comprenant des investigations de reconnaissance du sous-sol. Ces études prennent en compte la norme NF P 94-500 et les notices techniques de l'Inspection Générale des Carrières (IGC). Le travail d'analyse du risque « carrière » est réalisé en concertation avec l'IGC qui est le service de référence dans ce domaine.

Ces études portent notamment sur :

- la détection des vides résiduels au travers des sondages réalisés;
- l'examen de la stabilité du site (nature, épaisseur et caractéristiques des terrains). Le cas échéant, les dispositions constructives visant à stabiliser le sous-sol et à assurer la stabilité définitive sont prescrites;
- l'incidence éventuelle des aménagements projetés sur les avoisinants.

**La prise en compte de la problématique carrière est intégrée dans le projet selon les méthodologies et démarches définies en Ile-de-France par l'organisme de référence dans ce domaine.**

b. *R111-3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrement liés aux cavités souterraines (hors mines)*

Au droit du secteur d'étude, 9 communes sont couvertes par un périmètre de zones à risque liées à la présence d'anciennes carrières, pris en application de l'article R111-3 du Code de l'urbanisme. Ces périmètres, délimités par des arrêtés préfectoraux pris entre 1985 et 1986 ont valeur de Plan de Prévention du Risque carrière. Il s'agit des communes de :

Sèvres (92) / Meudon (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Vanves (92) / Clamart (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Châtillon (92) / Bagneux (92).

**Les documents établis en vertu de l'article R111-3 du Code de l'urbanisme imposent de solliciter l'avis de l'IGC pour toute construction soumis à permis de construire dans les périmètres à risque. La Société du Grand Paris a étendu cette démarche en consultant l'IGC pour un partage des connaissances sur tout le tracé de la L15 Sud.**

c. *Arrêté inter-préfectoral du 26 janvier 1966 relatif aux anciennes carrières*

Lorsque les projets de construction rencontrent d'anciennes carrières, il existe des prescriptions réglementaires en application de l'Arrêté du 26 janvier 1966, relatif aux anciennes carrières de Paris (retranscrit en R.111-3 du Code de l'Urbanisme au PLU) et de l'ancien département de la Seine – Permis de Construire – Mesures de Sécurité.

Cet arrêté concerne les communes de :

Boulogne-Billancourt (92) / Châtillon (92) / Clamart (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Vanves (92) / Alfortville (94) / Arcueil (94) / Cachan (94) / Champigny-sur-Marne (94) / Choisy-le-Roi (94) / Créteil (94) / Joinville-le-Pont (94) / L'Haÿ-les-Roses (94) / Maisons-Alfort (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94).

L'Arrêté stipule que dans ces zones d'anciennes carrières, **« les projets de constructions doivent faire l'objet d'un examen de la part du service de l'Inspection Générale des Carrières lors des dépôts des permis de construire ». La Société du Grand Paris a étendu cette démarche en consultant l'IGC pour un partage des connaissances sur tout le tracé de la L15 Sud.**

*d. Conclusion sur les prescriptions réglementaires associées aux anciennes carrières*

**Ainsi, la Société du Grand Paris sollicitera l'avis de l'IGC pour toute construction soumis à permis de construire dans les périmètres à risque (essentiellement les gares)**, c'est à dire sur les communes suivantes **:**

Châtillon (92) / Clamart (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Vanves (92) / Arcueil (94) / Cachan (94) / Champigny-sur-Marne (94) / Créteil (94) / Joinville-le-Pont (94) / L'Haÿ-les-Roses (94) / Maisons-Alfort (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94).

Par ailleurs, la Société du Grand Paris a organisé des réunions de travail avec l'Inspection Générale des Carrières pour partager les connaissances des secteurs concernés par le risque carrières notamment au niveau du plateau d'Issy à Cachan, la zone de Vitry à Champigny.

### *1.5.2.5 Prise en compte des anciennes carrières dans la réalisation d'un projet de type métro souterrain*

Cette partie présente dans un premier temps les principes techniques des différents moyens de traitement des carrières qui seront mis en œuvre. Ensuite est présentée la démarche retenue au stade des études d'avant-projet au droit de la Ligne 15 Sud, définissant la méthode de traitement appropriée lorsque cela est nécessaire.

En premier lieu, le meilleur moyen de supprimer les risques liés à la présence d'anciennes carrières est de les contourner ou de s'en éloigner au maximum. La Société du Grand Paris a appliqué ce principe sur l'ensemble du tracé lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

Le tracé en plan du projet cherche donc autant que possible à éviter la traversée de zones de carrières en s'en éloignant au maximum (démarche identique pour les carrières souterraines et les carrières à ciel ouvert).

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée, ce qui est le cas pour plusieurs secteurs identifiés dans les chapitres suivants, des mesures constructives ont été envisagées.

- pour les **carrières à ciel ouvert remblayées**, le profil en long du tunnel est adapté afin que l'épaisseur de terrain au-dessus de la voûte du tunnel soit suffisante pour que les tassements soient non significatifs pour le bâti sus-jacent. En cas de remblaiement très médiocres de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains seront mis en place.

- pour les **carrières souterraines**, le profil en long du tunnel est ajusté afin que la distance entre la voûte du tunnel et la base des carrières soit suffisante afin de préserver l'intégrité des carrières. Cette distance a été ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de terrain de bonne qualité au-dessus du tunnel.

Lorsque la présence de carrières souterraines est avérée et que leur état ou leur enjeu vis-à-vis du projet le demande, des mesures de traitement du risque adaptées à chaque secteur, seront mises en place. Plusieurs techniques sont possibles, le traitement retenu dépendra de différents paramètres dont :

- la distance entre la carrière et le tunnel,
- le mode de stabilisation pré-existant de la carrière,
- l'état de la carrière,
- la densité du bâti en surface,
- la nature des terrains sus-jacents et leur état de décompression.,

Un des effets de la présence de carrières souterraines et de leur évolution dans le temps par tassements et inflexion du ciel de carrière est la décompression des terrains sus-jacents (notamment les Marnes et Caillasses) par microbaillements entre les niveaux lités et marneux de celles-ci. Sur le prolongement de la ligne 4 du métro parisien ce phénomène a té à l'origine d'un traitement massif des Marnes et Caillasses pour limiter l'impact en surface.

Deux grandes techniques de traitement existent :

- comblement à pied d'œuvre : réalisation du comblement depuis les galeries des carrières, mise en place de murs masques et remplissage par mortier à l'arrière.

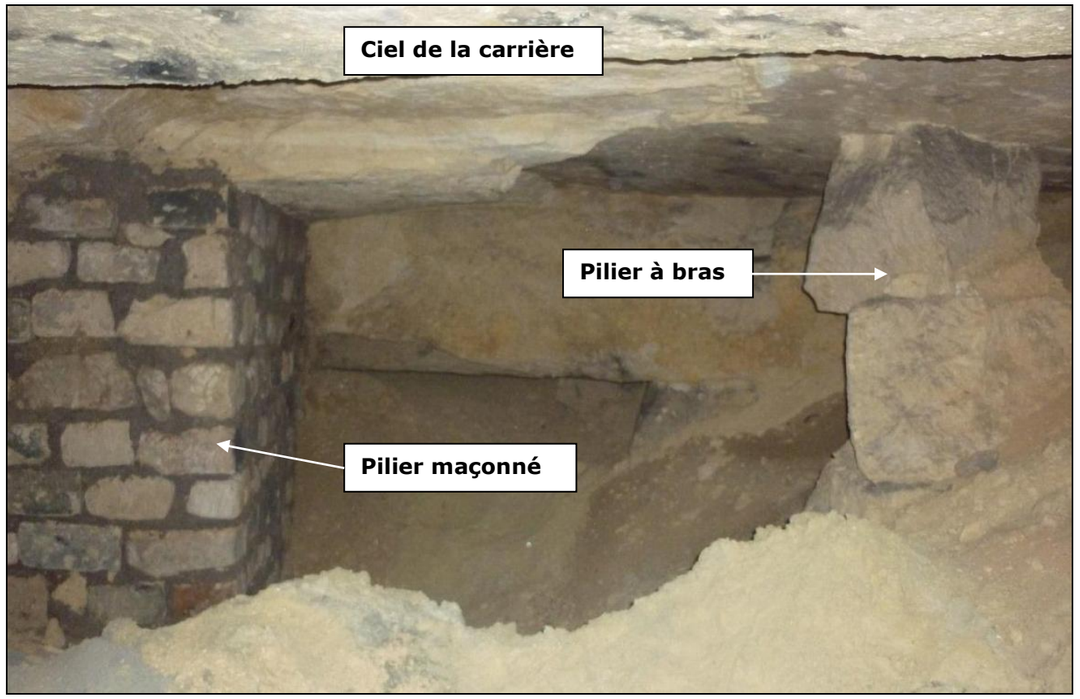
injections depuis la surface grâce à des forages afin de combler les carrières avant la réalisation du tunnel. Deux techniques se distinguent : le remblaiement par déversement gravitaire puis clavage depuis la surface (IGU) ou le remplissage et traitement des terrains par injection sous pression (IRS).Ces techniques de confortement sont présentées dans les paragraphes suivants.

Enfin, lorsque le traitement des carrières est rendu compliqué par l'impossibilité d'y accéder et/ou le manque d'emprise en surface, la mise en place de mesure de confortement des bâtis (reprise en sous-œuvre par exemple) pourra être envisagée.

*a. Comblement à pied d'œuvre*

Cette technique consiste en la **réalisation de piliers maçonnés ou coffrés**, pour augmenter la portance par le soutènement du toit et ainsi éviter l'effondrement du ciel de la carrière (cf. photo ci-après).

Les travaux consistent à purger par plots successifs l'ensemble des remblais de carrières et de les remplacer par des piliers maçonnés. En règle générale, le bourrage entre les piliers est facultatif ; il n'est pas nécessaire si le dimensionnement des piliers est correctement effectué. Un tel bourrage peut cependant être utile pour limiter le développement de fontis. Cette technique est mise en œuvre directement à partir du fond de la carrière.




**Confortement d'une chambre par des piliers maçonnés**
**(Figures issues du rapport de visite des carrières souterraines du secteur Marx Dormoy - SETEC)**

Pour pouvoir être soutenu, il faut que le ciel de la carrière soit suffisamment épais et en bon état.

Les domaines d'utilisation de cette technique sont limités par deux conditions sine qua non:

- l'espace souterrain doit être accessible, ce qui peut nécessiter la réalisation de puits et de galeries d'accès dédiés ;
- les conditions de sécurité et de salubrité des ouvrages souterrains doivent être satisfaisantes pour y réaliser des travaux.

Contrairement aux techniques de comblement des cavités, décrites par la suite, les techniques de renforcement permettent de conserver les vides souterrains en quasi-totalité si cela s'avère nécessaire (zones de visites IGC par exemple)..

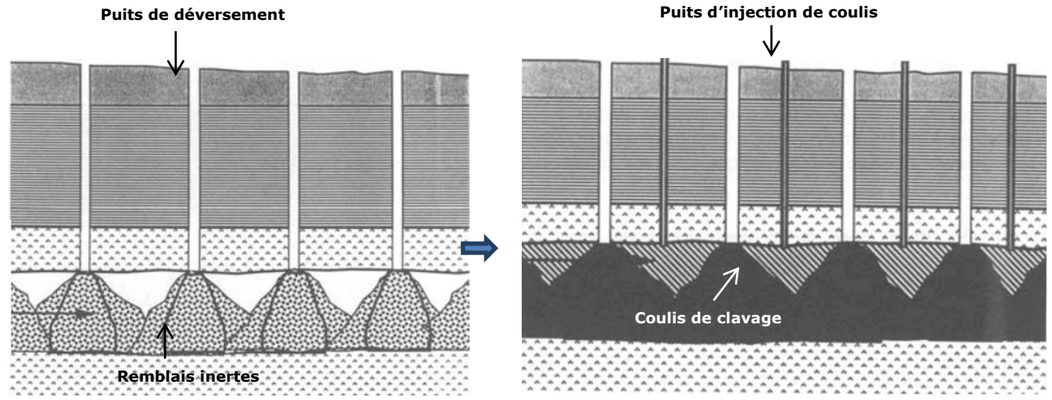
Cette méthode historique sera envisagée seulement dans les conditions suivantes :

- impossibilité de réaliser des traitements par injection depuis la surface (emprise indisponible) ;
- accès aux carrières existants et conditions favorables (sécurité notamment) pour les travaux à pied d'œuvre ;
- demande de l'IGC de garder la galerie visitable.

*b. <u>Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface (IGU)</u>*

Le **remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface** a pour objectif de réduire au maximum le volume des vides souterrains afin de garantir les conditions souhaitées de stabilité du sol à long terme. Il s'agit d'une méthode de mise en sécurité dont le but est de supprimer tout risque d'effondrement des carrières ou de remontée de fontis et de limiter les tassements aux seuils limites acceptables.

Le principe est de déverser gravitairement (ou sous très faible pression) un mortier à partir de forages (puits de déversement) afin de remplir les vides importants des carrières souterraines. Des injections de clavage sont ensuite mises en œuvre, si besoin, afin de combler le vide résiduel entre le ciel des carrières et le mortier de remplissage (cf. schéma ci-dessous).



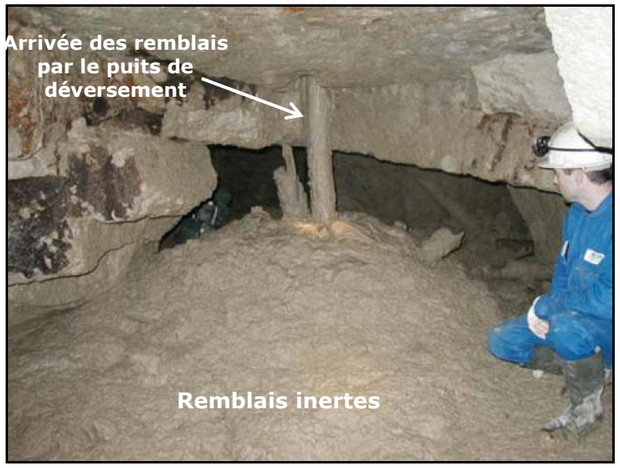

**Déversement gravitaire par voie sèche depuis la surface avec injections de clavage**
**(Figures issues du Guide technique de l'INERIS : Mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique – Surveillance – Traitement)**

Les opérations de remblayage à partir de forages depuis la surface permettent de traiter des zones totalement inaccessibles, très dégradées ou effondrées. Cette technique permet d'opérer sur des cavités de toutes dimensions.

Une étape au déversement gravitaire du mortier de comblement est la mise en place de murs barrage ou masques afin de délimiter la zone à traiter et ainsi éviter toute perte de matériaux.

Ils peuvent être réalisés :

- Soit directement depuis les carrières si accessibles ;
- Soit depuis la surface à l'aide de coulis silicatés ou bétons maigres secs injectés par l'intermédiaire de forages de gros diamètres.



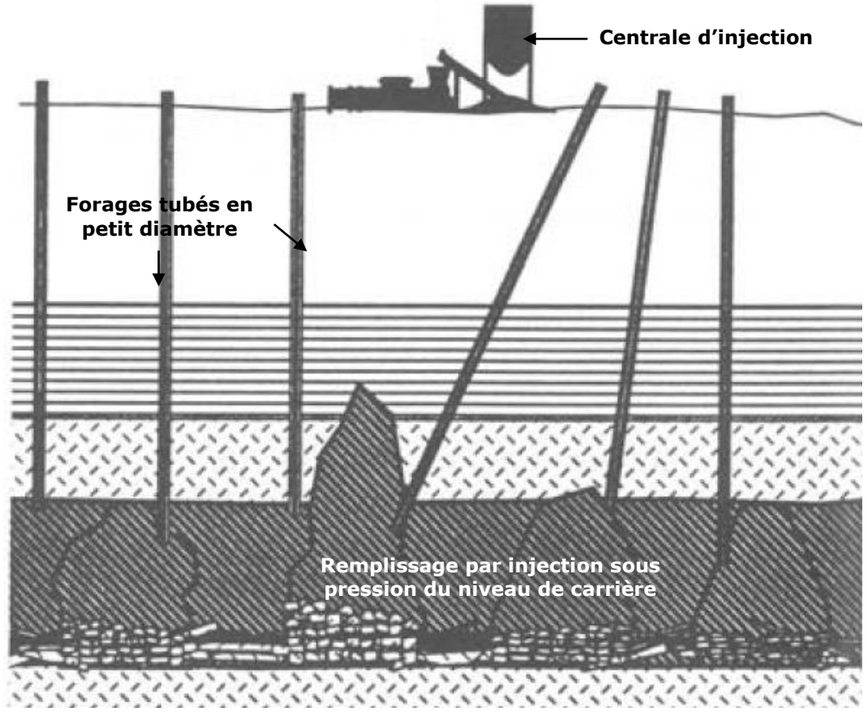

**Remblayage par déversement gravitaire depuis la surface**
**(Figures issues du Guide technique de l'INERIS sur la mise en sécurité des cavités souterraines)**

*c. <u>Remplissage et traitement des terrains par injection sous pression (IRS)</u>*

La méthode d'injection de mortier ou de coulis représente le mode de traitement le plus accompli et assure une consolidation efficace et définitive du sous-sol en lui restituant des propriétés de résistance suffisante.

Les objectifs du traitement des terrains par injection sont les suivantes :

- Remplissage total des vides par un produit durcissant dans le temps (coulis),
- Collage ou serrage des terrains « encaissants » pour les carrières à ciel ouvert ;
- Collage ou serrage des terrains sus-jacents (Marnes et Caillasses) en cas de décompressions de ces dernières ;
- Amélioration ou restitution des caractéristiques mécaniques des terrains.




**Remblayage par injection sous pression depuis la surface**
**(Figures issues du Guide technique de l'INERIS : Mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique – Surveillance – Traitement)**

Les techniques de traitement des terrains par injection sont à envisager seulement dans des conditions particulièrement défavorables et lorsqu'une mise en sécurité maximale est nécessaire :

- cavités totalement inaccessibles en très mauvais état (partiellement effondrées) ;
- terrains sus-jacents décomprimés,
- carrières effondrées,
- remblais de mauvaise qualité à traiter ;
- résistance mécanique du sol insuffisante ;
- terrains devant faire l'objet d'un traitement définitif et pérenne afin d'éliminer tout risque d'effondrement résiduel et limiter au maximum les possibles tassements en surface.

*d. <u>Traitement par injections depuis une galerie dédiée (IRS)</u>*

Si l'emprise en surface n'est pas disponible pour réaliser des injections et si les carrières ne sont pas accessibles et en mauvais état, ce qui empêche le recours au confortement à pied d'œuvre, il est possible de traiter les carrières par injection depuis des galeries dédiées. Cette méthode lourde nécessite notamment :

- la réalisation de puits d'accès et la libération d'emprises nécessaires pour les installations de chantiers (le plus près possible des zones à traiter) ;
- la réalisation de galeries dans les Marnes et Caillasses sus-jacentes aux Calcaires Grossiers exploités à traiter

e. *Démarche d'analyse multicritère permettant le choix de la méthode de traitement des carrières*

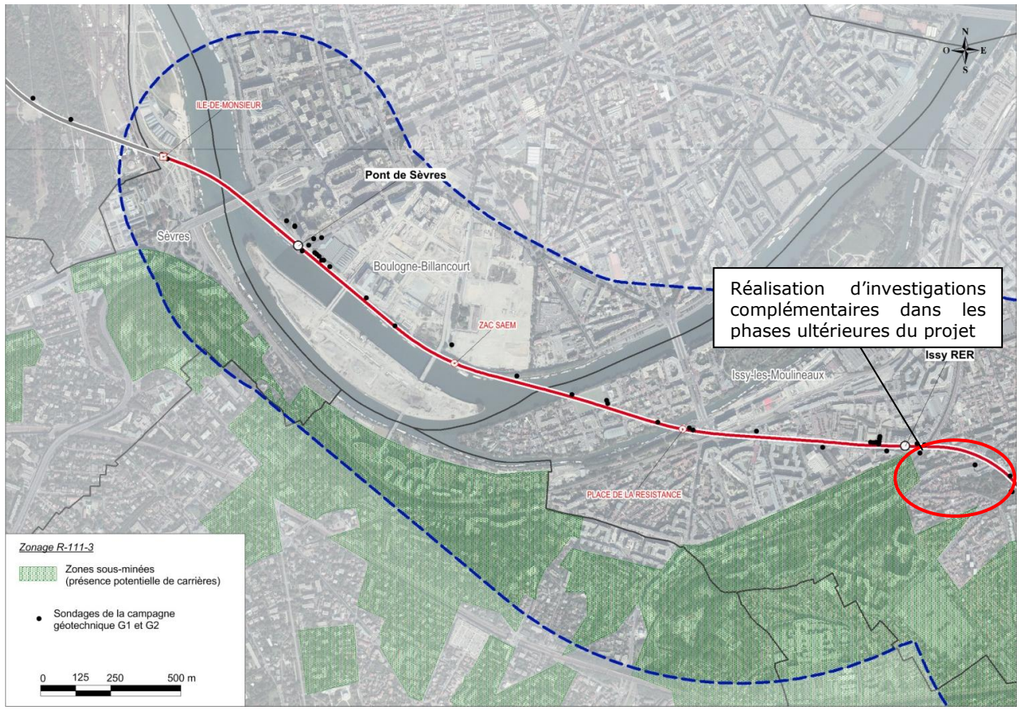
Le choix de la méthode de traitement des carrières à mettre en œuvre relève d'une analyse multicritère qu'il faut mener au cas par cas. Les critères de choix permettant de privilégier l'une ou l'autre des méthodes sont principalement les suivants :

- l'accessibilité des carrières ;
- l'état des carrières ;
- la position du projet vis-à-vis des carrières ;
- les problématiques techniques.

### 1.5.2.6 Mesures retenues pour les anciennes carrières au droit de la Ligne 15 Sud

a. *Secteur de la boutonnière de Boulogne*

Sur le secteur de la boutonnière de Boulogne, le zonage réglementaire fait état de potentielles zones de carrières sur ce secteur au sud du tunnel et en particulier à proximité de la future gare d'Issy RER. Toutefois aucun sondage géotechnique n'a mis en évidence la présence de carrières sur ce secteur (cf. figure ci-dessous)




**Localisation et typologie d'exploitation des carrières sur le secteur de la boutonnière de Boulogne**
**(Figure issue du rapport 1/3 : État initial - BURGEAP)**

**Aucun traitement n'est considéré comme nécessaire à ce stade sur ce secteur.**

b. *Secteur du plateau d'Issy à Cachan*

Sur le **secteur du plateau d'Issy à Cachan,** le projet est directement concerné par la présence d'anciennes exploitations de Calcaires Grossiers. L'importance de leur étendue et leur forte sensibilité en font l'un des aléas majeurs de ce projet.

**Ce secteur a donc fait l'objet d'une analyse poussée de la caractérisation des risques et des incertitudes.**

Dans un premier temps, les niveaux de carrières attendus ont été relevés sur les cartes historiques de l'Inspection Générale des Carrières (IGC). Des informations complémentaires ont été fournies par l'IGC lors de réunions de travail.

Une démarche a été mise en place avec l'IGC afin de visiter les zones de carrières encore visitables concernées par le projet sur ce secteur. En effet, dans l'optique de caractériser des cavités souterraines, l'inspection visuelle, lorsqu'elle est possible, reste l'option la plus fiable.

Ces zones d'exploitation ont par la suite pu être, en partie, confirmées par les sondages de reconnaissances, qui ont également permis de mettre en évidence des zones de carrières non cartographiées, en profondeur ou à ciel ouvert.

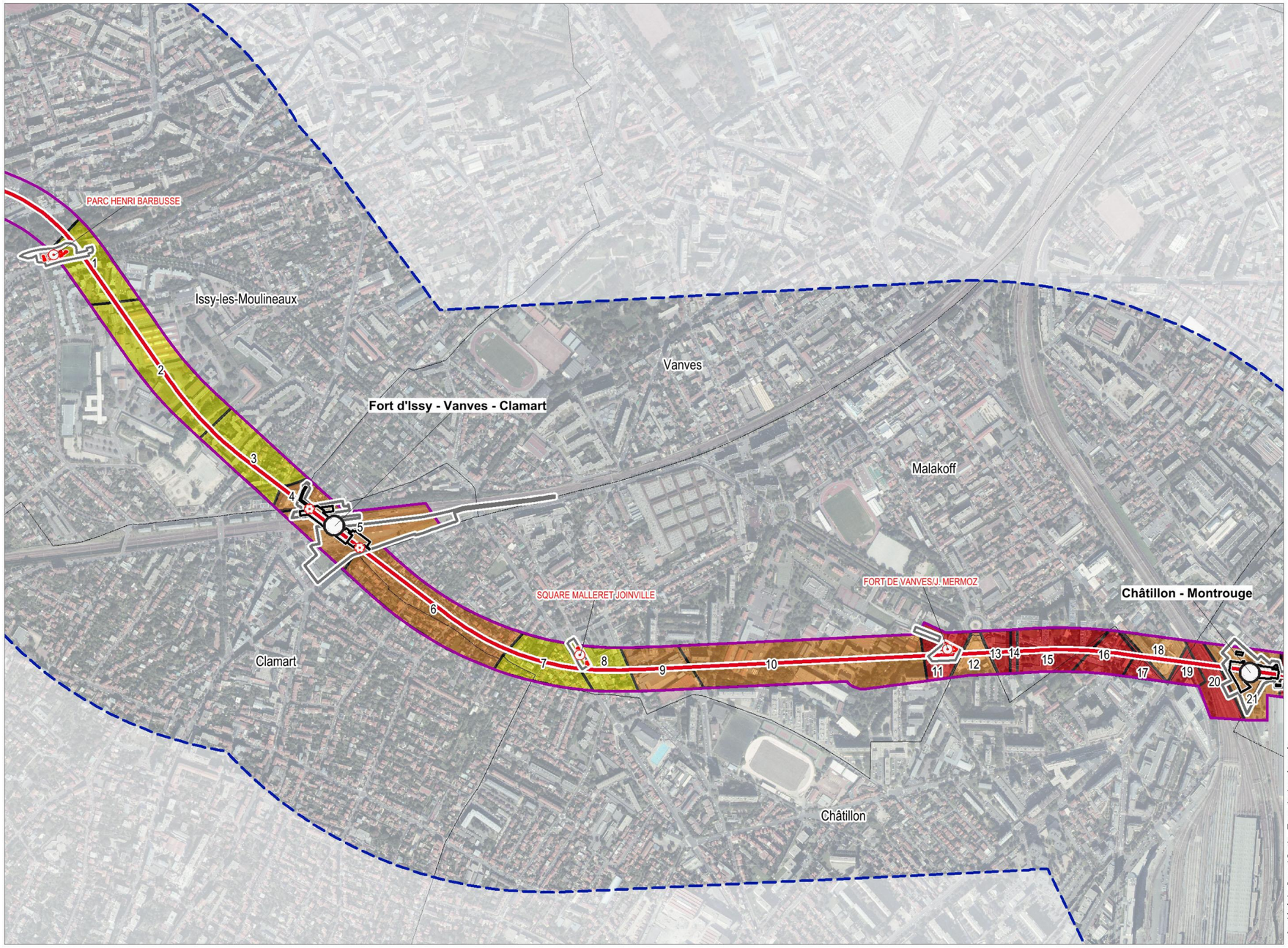
En parallèle, une enquête a été réalisée afin de déterminer la sensibilité et la vulnérabilité du bâti dans la zone d'influence géotechnique du projet, de la présence d'éventuels réseaux ou de voies ferrées. Des informations fondamentales (profondeur des fondations, traitements déjà réalisés,...) ont ainsi pu être récupérées.

À partir du bilan de toutes ces connaissances, une appréciation du risque a été réalisée zone par zone. Cette appréciation tient compte également des incertitudes à ce stade du projet. Le traitement des carrières prévu tient alors compte de ces éléments.

Les deux figures ci-dessous présentent la localisation des différentes zones du secteur. Les différentes couleurs permettent d'identifier le niveau de risque au droit de chacune d'elles.

Le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

**Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan (1/2)**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gares du GPE
- Gares du GPE
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes (OA)
- Emprises chantiers
- Fuseau d'étude - DUP
- Zone prévue pour le passage du tunnel

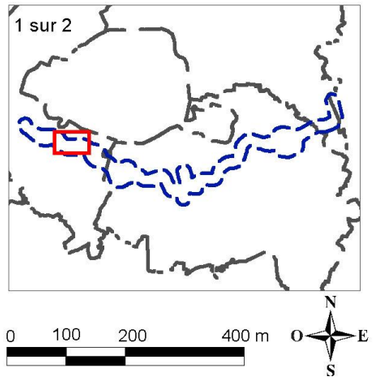
Niveau de risque des carrières

- Fort
- Moyen
- Faible

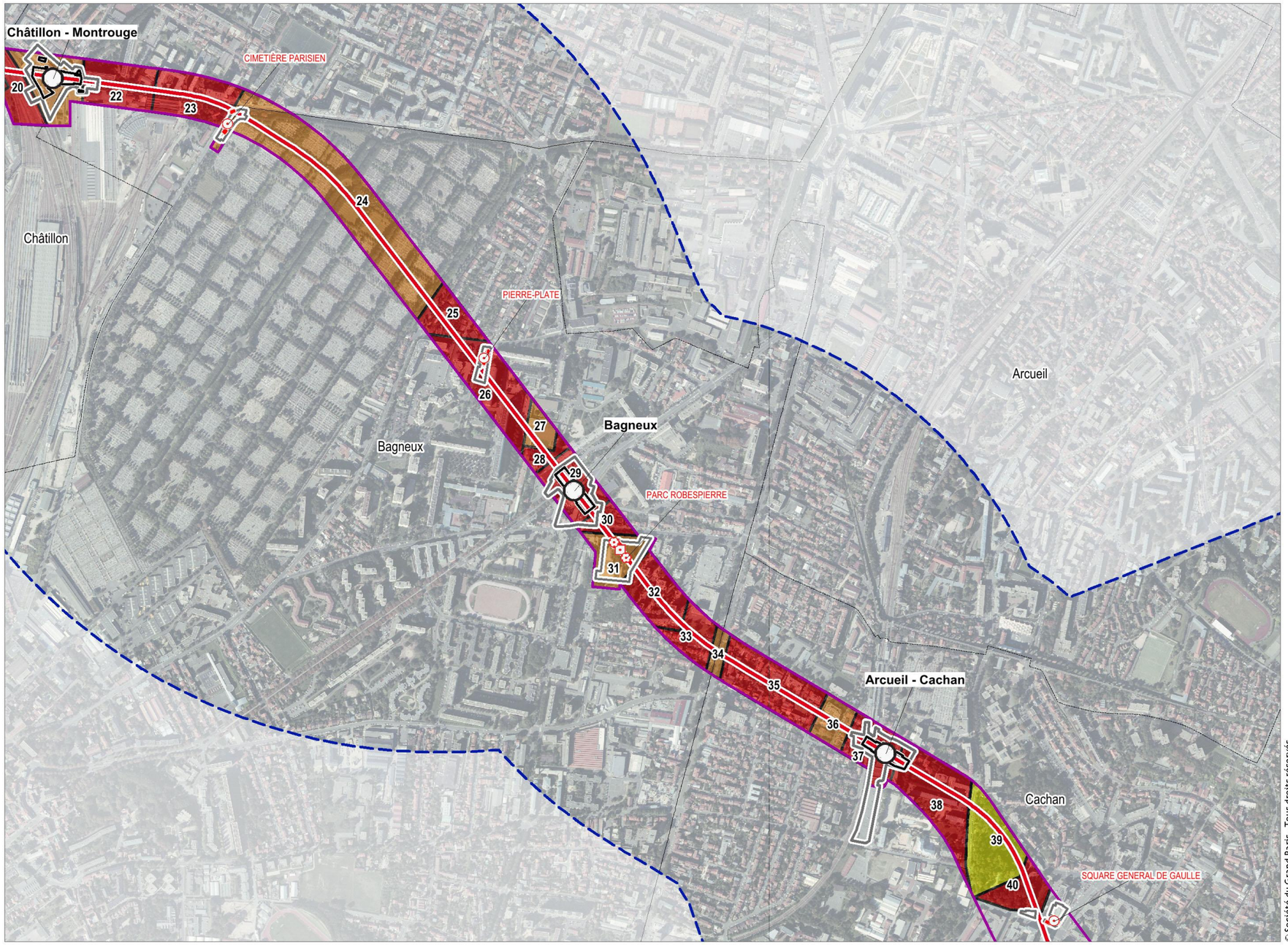
1 : Sous-secteur

- Limites de communes

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014



**Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan (2/2)**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gares du GPE
- Gares du GPE
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes (OA)
- Emprises chantiers
- Fuseau d'étude - DUP
- Zone prévue pour le passage du tunnel

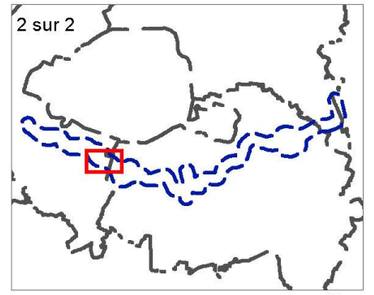
Niveau de risque des carrières

- Fort
- Moyen
- Faible

1 : Sous-secteur

- Limites de communes

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014




0 100 200 400 m

N O E S

**Caractéristiques des carrières sur le secteur du plateau d'Issy à Cachan**
**(Données issues de la note technique traitement des carrières Phase Avant-Projet– SETEC)**

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Coteaux d'Issy | Issy-les-Moulineaux (92) | 175 m linéaire de tunnel (pk 3139150 m à pk 3138975 m) | Craie campanienne (48 m/TN) | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers dont l'extension est incertaine. (33 m) | Faible | Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines. |
| 2 | Fort d'Issy | Issy-les-Moulineaux (92) | 355 m linéaire de tunnel (pk 3138975 m à pk 3138620 m) | Craie campanienne et Marnes de Meudon (55 à 40 m/TN) | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers a priori déjà confortées mais dont l'extension est incertaine. (30 m) | Faible | Récupération du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) suite aux travaux de confortement des carrières souterraines déjà réalisés lors de la construction des immeubles de l'éco-quartier du Fort d'Issy. Réalisation de forages de contrôle si besoin. |
| 3 | Zone d'habitation entre le Fort d'Issy et la rue Barbès | Issy-les-Moulineaux (92) | 220 m linéaire de tunnel (pk 3138620 m à pk 3138400 m) | Marnes de Meudon et Argiles Plastiques de l'Yprésien (33 à 25 m/TN) | Pas de carrière cartographiée, ni identifiée avec les sondages, mais possible présence de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (-) | Faible | Réalisation d'investigations supplémentaires pour valider l'absence de carrières souterraines. |
| 4 | Ilot bâti entre la rue Barbès et la rue du Clos Montholon | Issy-les-Moulineaux (92) | 70 m linéaire de tunnel (pk 3138400 m à pk 3138330) | Marnes de Meudon et Argiles Plastiques de l'Yprésien (25 m/TN) | 2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (18 m) | Moyen | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. |
| **5** | **Gare de Fort d'Issy – Vanves - Clamart** | Vanves (92) Clamart (92) | **Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart** | La gare traverse les remblais, les Calcaires Grossiers, les Argiles Plastiques, les Marnes de Meudon et une partie de la Craie. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie saine. | Carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers entrainant une hauteur de remblais de 15 à 20 m. | Moyen | - |
| 6 | Zone d'habitations individuelles entre la rue de Vanves et la rue Drouet Peupion | Clamart (92) Malakoff (92) | 380 m linéaire de tunnel (pk 3138200 m à pk 3137820 m) | Calcaires Grossiers, Argiles Plastiques et Marnes de Meudon (13 à 35 m/TN) | Carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers entrainant une hauteur de remblais de près de 20 m. (2 à 10 m) | Moyen | -. |
| 7 | Zone pavillonnaire entre la rue Drouet Peupion et le boulevard du colonel Fabien | Malakoff (92) | 170 m linéaire de tunnel (pk 3137820 m à pk 3137650 m) | Craie campanienne et Marnes de Meudon (30 à 37 m/TN) | Zone en limite d'exploitation de carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers. 1 niveau de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers, au nord du tracé du tunnel. (> à 20 m) | Faible | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières. |

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Zone entre le boulevard du colonel Fabien et la rue L. Girard (École Henri Barbusse) | Malakoff (92) | 150 m linéaire de tunnel (pk 3137650 m à pk 3137500 m) + **Ouvrage Annexe 8 - Square Malleret Joinville** | Craie campanienne et Marnes de Meudon (37 m/TN) | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (~ 23 m) | Faible | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières et en particulier autour de l'Ecole Henri Barbusse. |
| 9 | Lycée Louis Girard | Malakoff (92) | 140 m linéaire de tunnel (pk 3137500 m à pk 3137360 m) | Craie campanienne et Marnes de Meudon (42 m/TN) | Carrières souterraines en partie remblayées dans les Calcaires Grossiers. (24 m) | Faible à Moyen | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières. |
| 10 | Fort de Vanves | Malakoff (92) | 560 m linéaire de tunnel (pk 3137360 m à pk 3136800 m) | Argiles Plastiques et Craie campanienne (36 à 43 m/TN) | 2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers sur 100 m des 140 m. (15 m) | Faible à Moyen | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières au droit du fort de Vanves. |
| 11 | Zone entre le Fort de Vanves et la rue J. Mermoz | Malakoff (92) | 80 m linéaire de tunnel (pk 3136800 m à pk 3136720 m) + **Ouvrage Annexe 7 - Fort de Vanves / J. Mermoz** | Argiles Plastiques (38 m/TN) | 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (18 m) | Fort | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières. |
| 12 | Résidence Jean Mermoz | Châtillon (92) | 50 m linéaire de tunnel (pk 3136720 m à pk 3136670 m) | Argiles Plastiques (36 m/TN) | Présence possible de deux niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (18 m) | Moyen | Obtenir les DOE de la résidence afin de s'assurer du confortement éventuel des carrières souterraines lors de la construction du bâtiment. |
| 13 | Zone entre la rue M. Robespierre et le boulevard Stalingrad | Malakoff (92) | 55 m linéaire de tunnel (pk 3136670 m à pk 3136615 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (35 m/TN) | Passage à proximité d'un ancien fontis (au nord du tracé du tunnel). Présence de carrières souterraines partiellement remblayées dans les Calcaires Grossiers. (18 m) | Fort | - |
| 14 | Immeuble 21 ter, Boulevard de Stalingrad | Malakoff (92) | 25 m linéaire de tunnel (pk 3136615 m à pk 3136590 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (35 m/TN) | 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, a priori remblayées. (13 m) | Fort | Obtenir le PC et le DOE de l'immeuble afin de s'assurer du confortement des carrières souterraines avant sa réalisation. |
| 15 | Zone le long du boulevard Stalingrad | Malakoff (92) | 190 m linéaire de tunnel (pk 3136590 m à pk 3136400 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (30 m/TN) | Présence d'un ancien fontis important avec bourrage de mauvaise qualité. Présence de 2 niveaux de carrières souterraines, en mauvais état et a priori remblayées dans les Calcaires Grossiers. (10 m) | Fort | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. Visite des carrières accessibles pour s'assurer de leur état. |

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Zone pavillonnaire entre le boulevard Stalingrad et la rue Paul Vaillant Couturier | Châtillon (92) | 70 m linéaire de tunnel (pk 3136400 m à pk 3136330 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (27 m/TN) | Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, a priori non remblayées. (10 m) | Fort | Visite des carrières accessibles et réalisation de reconnaissances complémentaires. |
| 17 | Rue Paul Vaillant Couturier et fin de zone résidentielle | Châtillon (92) | 40 m linéaire de tunnel (pk 3136330 m à pk 3136290 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (27 m/TN) | Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, en partie remblayées. (12 m) | Fort | Visite des galeries vides pour s'assurer de leur état. |
| 18 | Immeuble Le Vaillant | Malakoff (92) | 50 m linéaire de tunnel (pk 3136290 m à pk 3136240 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN) | Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (10 m) | Moyen | Demande du Permis de Construire du bâtiment pour s'assurer du confortement des carrières avant la réalisation des fondations profondes.<br>Réalisation de reconnaissances complémentaires pour s'assurer de l'état de la carrière. |
| 19 | Zone entre l'avenue P. Brossolette et la voie SNCF | Châtillon (92) Montrouge (92) | 60 m linéaire de tunnel (pk 3136240 m à pk 3136180 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (24 m/TN) | Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines non remblayées. (10 m) | Faible à Fort | Visite des galeries vides pour s'assurer de leur état.<br>Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. |
| 20 | Voies SNCF (Paris-Chartres) et RATP | Châtillon (92) | 60 m linéaire de tunnel (pk 3136180 m à pk 3136120 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (32 m/TN) | Présence d'au moins un niveau de carrières souterraine partiellement confortées sous les voies SNCF.<br>Niveaux de carrières sous les voies RATP, comblées par injection depuis la surface. (10 m) | Moyen à Fort | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.<br>Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines.<br>Récupération du DOE injection de la RATP.<br>Réalisation éventuelle de sondages de contrôle afin de vérifier la bonne exécution des traitements sous les voies RATP. |
| **21** | **Gare de Châtillon-Montrouge** | Châtillon (92) Montrouge (92) Bagneux (92) | Gare de Châtillon-Montrouge | La gare traverse les remblais, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et les Argiles Plastiques. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie. | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines en partie remblayées dans les Calcaires Grossiers. | Moyen | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. |
| 22 | Avenue Marx Dormoy - section 1 | Montrouge (92) Bagneux (92) | 180 m linéaire de tunnel (pk 3135990 m à pk 3135810 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN) | 2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers en partie remblayées, dont certaines sont en mauvais état. (5 m) | Fort | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.<br>Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières. |

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | Avenue Marx Dormoy - section 2 | Montrouge (92)<br>Bagneux (92) | 190 m linéaire de tunnel (pk 3135810 m à pk 3135620 m)<br>+ **Ouvrage Annexe 6 - Cimetière Parisien** | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(27 m/TN) | 2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers dont certaines sont confortées par murs et d'autres injectées.<br>(2 à 5 m) | Fort | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.<br>Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières.<br>Réalisation de forages de contrôles au niveau des zones déjà injectées (sous l'avenue Jean Jaurès et sous le technicentre SNCF). |
| 24 | Cimetière Parisien de Bagneux | Montrouge (92)<br>Bagneux (92) | 610 m linéaire de tunnel (pk 3135620 m à pk 3135010 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(30 à 35 m/TN) | 2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. État des carrières bon dans l'ensemble mais présence de fontis.<br>(5 à 10 m) | Moyen | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.<br>Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières. |
| 25 | Zone pavillonnaire entre la rue H. Ravera et la rue de la Résistance | Bagneux (92) | 110 m linéaire de tunnel (pk 3135010 m à pk 3134900 m) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(36 m/TN) | Présence de plusieurs galeries dans les Calcaires Grossiers, dont une grande galerie avec murs maçonnés sous l'avenue H. Ravera.<br>(11 m) | Moyen à Fort | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.<br>Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. |
| 26 | Zone d'immeubles de grande hauteur entre la rue J.M. Naudin et le gymnase Henri Wallon | Bagneux (92) | 265 m linéaire de tunnel (pk 3134900 à pk 3134635)<br>**Ouvrage Annexe 5 - Pierre Plate** | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(36 à 39 m/TN) | Présence d'un niveau de carrières dans les Calcaires Grossiers, a priori bourrées ou confortées par piliers maçonnés.<br>(7 à 11 m) | Fort | Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. |
| 27 | Gymnase Henri Wallon | Bagneux (92) | 55 m linéaire de tunnel (pk 3134635 à pk 3134580) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(34 m/TN) | Présence d'un niveau de carrières dans les Calcaires Grossiers traitées par injection depuis la surface et présence d'un puits à eau.<br>(6 m) | Moyen | Réalisation de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité des traitements existants.<br>Investigations complémentaires pour définir la profondeur du puits. |
| 28 | Passage sous la future gare de Bagneux de la Ligne 4 du Métro | Bagneux (92) | 50 m linéaire de tunnel (pk 3134580 à pk 3134530) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques<br>(33 m/TN) | 1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers avec présence de vides et de niveaux bourrés.<br>(5 m) | Fort | Des traitements des carrières par injection ont été réalisés sous la boite de la gare RATP Bagneux M4. Récupération du DOE injections.<br>Réalisation de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité de ces traitements. |
| 29 | Gare de Bagneux | Bagneux (92) | Gare de Bagneux | La gare traverse les remblais, les Calcaires de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et la partie supérieure des formations de l'Yprésien. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie. | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers.<br>Présence de grandes galeries maçonnées non visitables car inondées. | Fort | - |

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | Sortie de la gare de Bagneux | Bagneux (92) | 90 m linéaire de tunnel (pk 3134395 à pk 3134305) | Calcaires Grossiers (31 à 33 m/TN) | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Présence de fontis. (5 à 7 m) | Fort | - |
| 31 | Parc Robespierre | Bagneux (92) | **Ouvrage Annexe 4 - Parc Robespierre** | L'ouvrage traverse les remblais, les Calcaires de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et la partie supérieure des Argiles Plastiques. | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. | Moyen | - |
| 32 | Zone d'immeubles collectifs entre le parc Robespierre et la rue de la Bièvre | Bagneux (92) | 200 m linéaire de tunnel (pk 3134260 à pk 3134060) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (30 m/TN) | 1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, confortées par des piliers maçonnés sous les bâtis. Présence de quelques galeries vides. (10 m) | Fort | Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières et en particulier celles du niveau inférieur. |
| 33 | Zone entre la rue de la Bièvre et l'avenue Aristide Briand | Bagneux (92) | 80 m linéaire de tunnel (pk 3134060 à pk 3133980) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (31 m/TN) | 1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers en partie remblayées. Ces carrières ont été injectées sous l'immeuble de grande hauteur. (15 à 16 m) | Faible à Fort | Réalisation éventuelle de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité des injections réalisées sur une partie de la zone. |
| 34 | Avenue Aristide Briand | Bagneux (92) Cachan (94) | 60 m linéaire de tunnel (pk 3133980 à pk 3134940) | Argiles Plastiques (30 m/TN) | 1 niveau de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (15 m) | Moyen | Réalisation de campagnes de reconnaissance complémentaires pour s'assurer de l'étendue des carrières. |
| 35 | Zone pavillonnaire entre l'avenue A. Briand et la rue de l'Espérance | Cachan (94) | 255 m linéaire de tunnel (pk 3134940 à pk 3133685) | Argiles Plastiques (27 m/TN) | 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Nombreux signes de carrières en mauvais état : concentrations de fontis et incidents en surface connus par l'IGC. (12 à 15m) | Fort | Réalisation de campagnes de reconnaissances complémentaires pour s'assurer de l'étendue des carrières. |
| 36 | Zone pavillonnaire entre la rue de l'Espérance et la gare d'Arcueil-Cachan | Cachan (94) | 115 m linéaire de tunnel (pk 3133685 à pk 3133570) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN) | Carrières à ciel ouvert remblayées. (7 m) | Moyen | Réalisation de campagnes de reconnaissances complémentaires pour mieux caractériser les remblais. |
| 37 | Gare d'Arcueil-Cachan | Cachan (94) | Gare d'Arcueil-Cachan | La gare traverse les remblais, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et une partie des Argiles Plastiques. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie. | Présence de carrières à ciel ouvert (8 à 12 m de remblais). Présence de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, en partie remblayées à 13 m de profondeur au sud de la gare. | Fort | Puits d'essai géotechnique en cours de réalisation dans l'ancien marché Carnot |

| n° secteur | Nom du sous-secteur | Commune | Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné | Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel) | Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | Zone entre la future gare d'Arcueil-Cachan et le Parc Raspail | Cachan (94) | 180 m linéaire de tunnel (pk 3133440 à pk 3133260) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (19 à 21 m/TN) | Carrières à ciel ouvert remblayées. (0 à 6 m) | Fort | Campagnes de reconnaissances supplémentaires pour mieux caractériser la zone.<br>Investigations pour connaitre le niveau des fondations sous le bâti. |
| 39 | Parc Raspail | Cachan (94) | 170 m linéaire de tunnel (pk 3133260 à pk 3133090) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (22 m/TN) | Pas de carrières cartographiées ni mise en évidence par les sondages (-) | Faible | - |
| 40 | Bâtiment dans Parc Raspail | Cachan (94) | 50 m linéaire de tunnel (pk 3133090 à pk 3133040) | Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (22 m/TN) | 1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Ces carrières sont en mauvais état (présence de fontis). (-) | Fort | Campagnes de reconnaissances supplémentaires pour mieux caractériser la zone.<br>Récupération des informations sur les confortements ayant possiblement été mis en œuvre sous le bâtiment |

L'ensemble des actions à entreprendre et listé dans ce tableau correspondent aux prescriptions du maître d'œuvre dans la définition de l'environnement au stade avant-projet.

La Société du Grand Paris a de fait :

- Mené une campagne de reconnaissances de sondages qui a commencé entre septembre 2014 et qui est en phase de se terminer pour la section du plateau d'Issy à Cachan.
- L'enquête bâtis menée par le groupement Bureau Veritas – 3IA – SITES pour le compte de la Société du Grand Paris continue ses recherches documentaires, en cas d'impossibilité de trouver l'information des reconnaissances des fondations seront entreprises par la SGP afin de livrer ces informations nécessaires à la bonne poursuite des études et à la définition précise des modes de traitement.

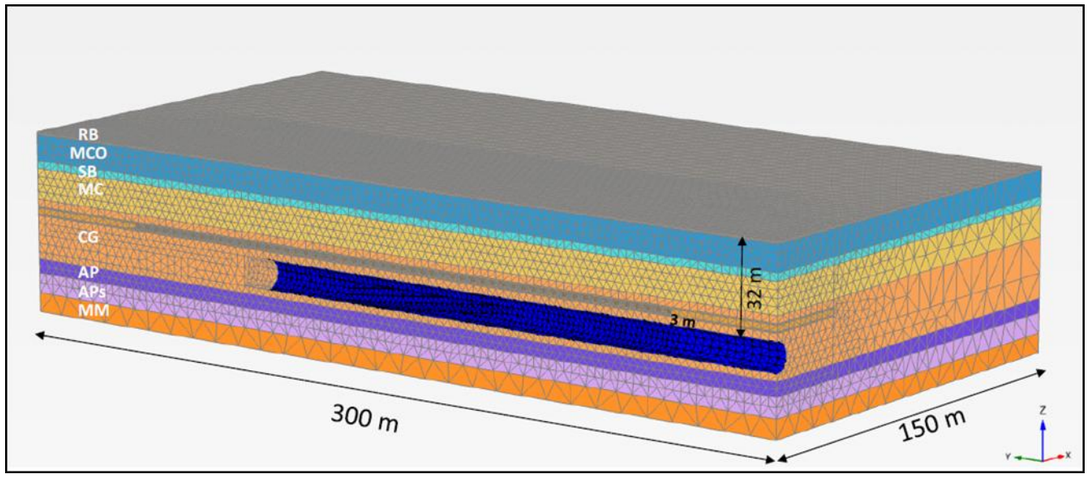
Dans le cadre des études d'avant-projet pour la section plateau d'Issy à Cachan, un **modèle numérique tridimensionnel** a été réalisé afin d'évaluer l'incidence de la réalisation du tunnel au tunnelier en surface et sur les carrières existantes, et ainsi positionner le tunnel en vertical de façon optimale.

Pour ce faire, sur la base du profil géologique du secteur, deux cas différents, représentatifs du secteur du plateau d'Issy à Cachan, ont été modélisés :

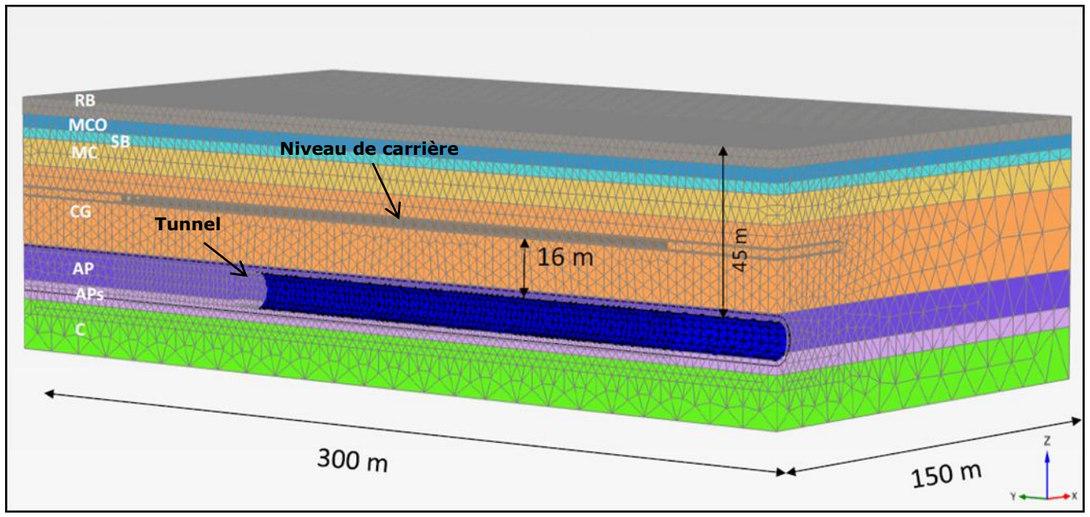
- position du front du tunnelier dans les Calcaires Grossiers et épaisseur de 3 mètres entre la voûte du tunnel et le base de la carrière (cf. figure ci-contre). Cette situation est représentative de la zone au droit de Bagneux ;
- position du front du tunnelier dans l'Argile Plastique et épaisseur de 16 mètres entre la voûte du tunnel et le base de la carrière (cf. figure ci-contre). Cette situation est représentative de la zone de Fort de Vanves / Malakoff ;

Les deux cas ont été étudiés sans et avec la présence de carrières souterraines, ceci afin de pouvoir analyser l'influence du tunnel en présence des carrières sur les tassements induits en surface et sur les évolutions des contraintes dans les piliers. Ces simulations ont également été réalisées en considérant le bourrage du niveau de carrières pour pouvoir analyser l'effet d'un tel traitement.

**Ces modélisations constituent un outil complémentaire permettant de mieux comprendre les différents facteurs influençant le comportement du sous-sol au passage du tunnelier. Elles ont pour objectif de valider les configurations constructives retenues.**




**Représentation du modèle – position du tunnel dans les Calcaires Grossiers**
**(Figure issue de la note technique « traitement des carrières »- SETEC)**

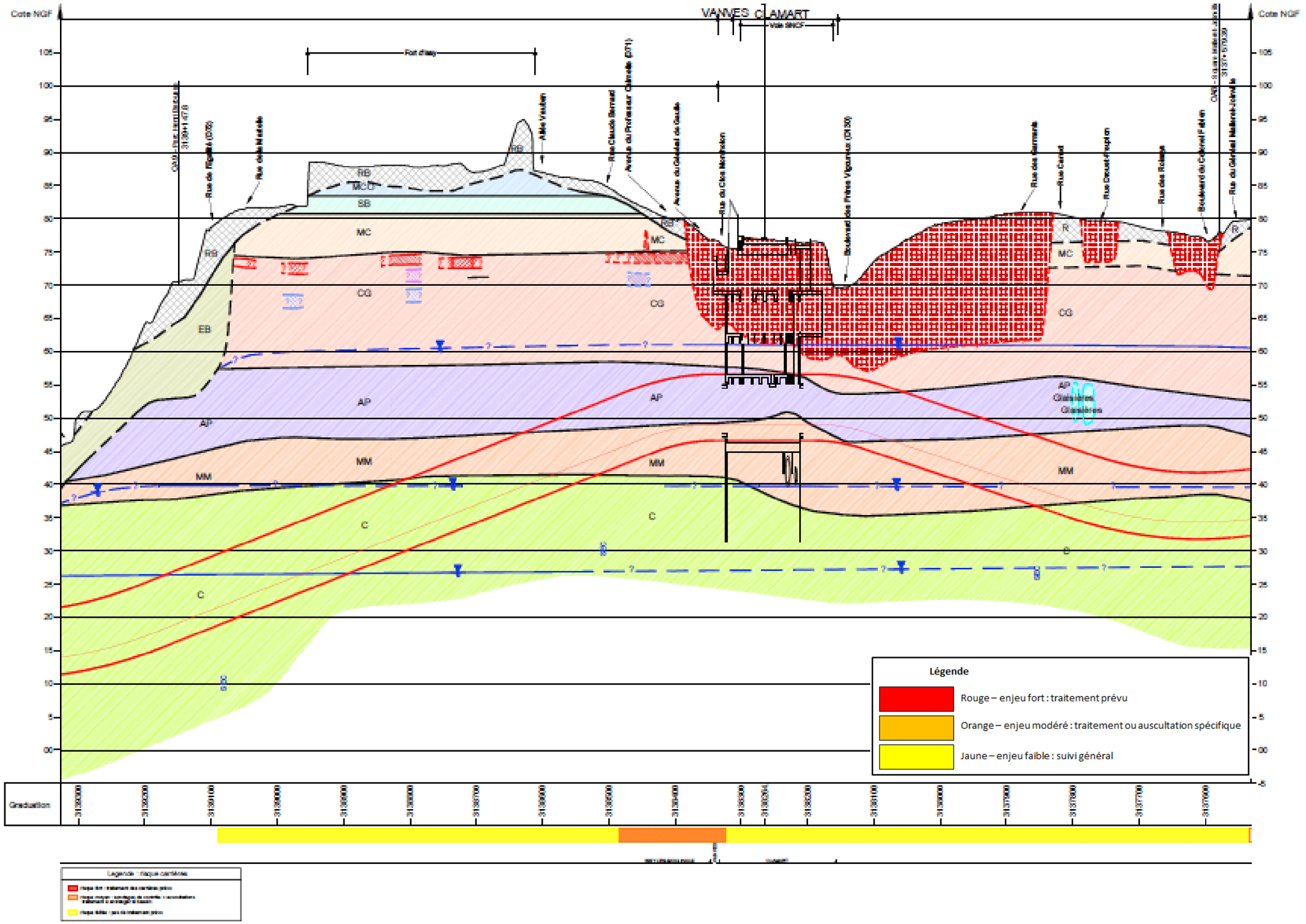


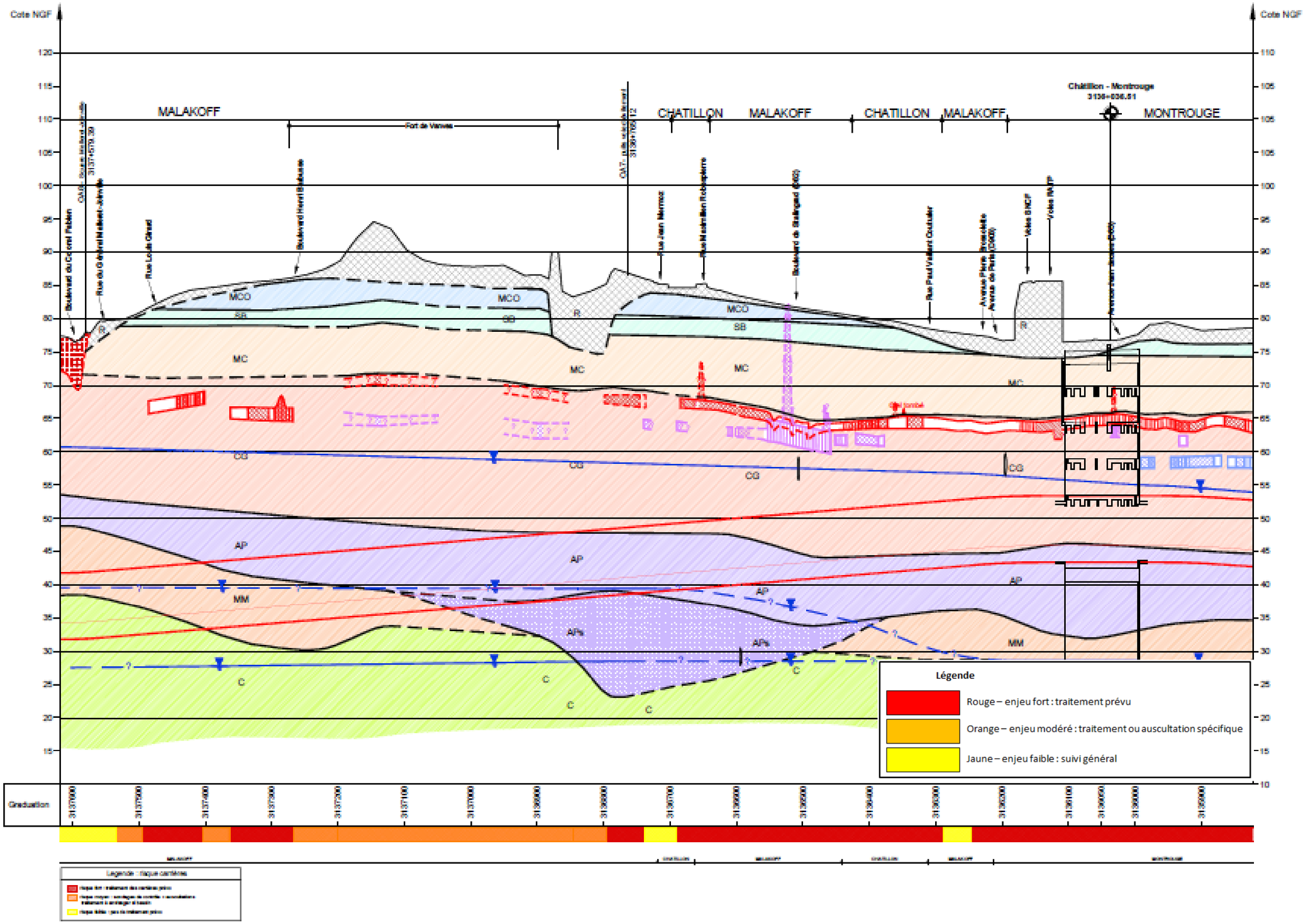

**Représentation du modèle – position du tunnel dans les Calcaires Grossiers**
**(Figure issue de la note technique « traitement des carrières »- SETEC)**

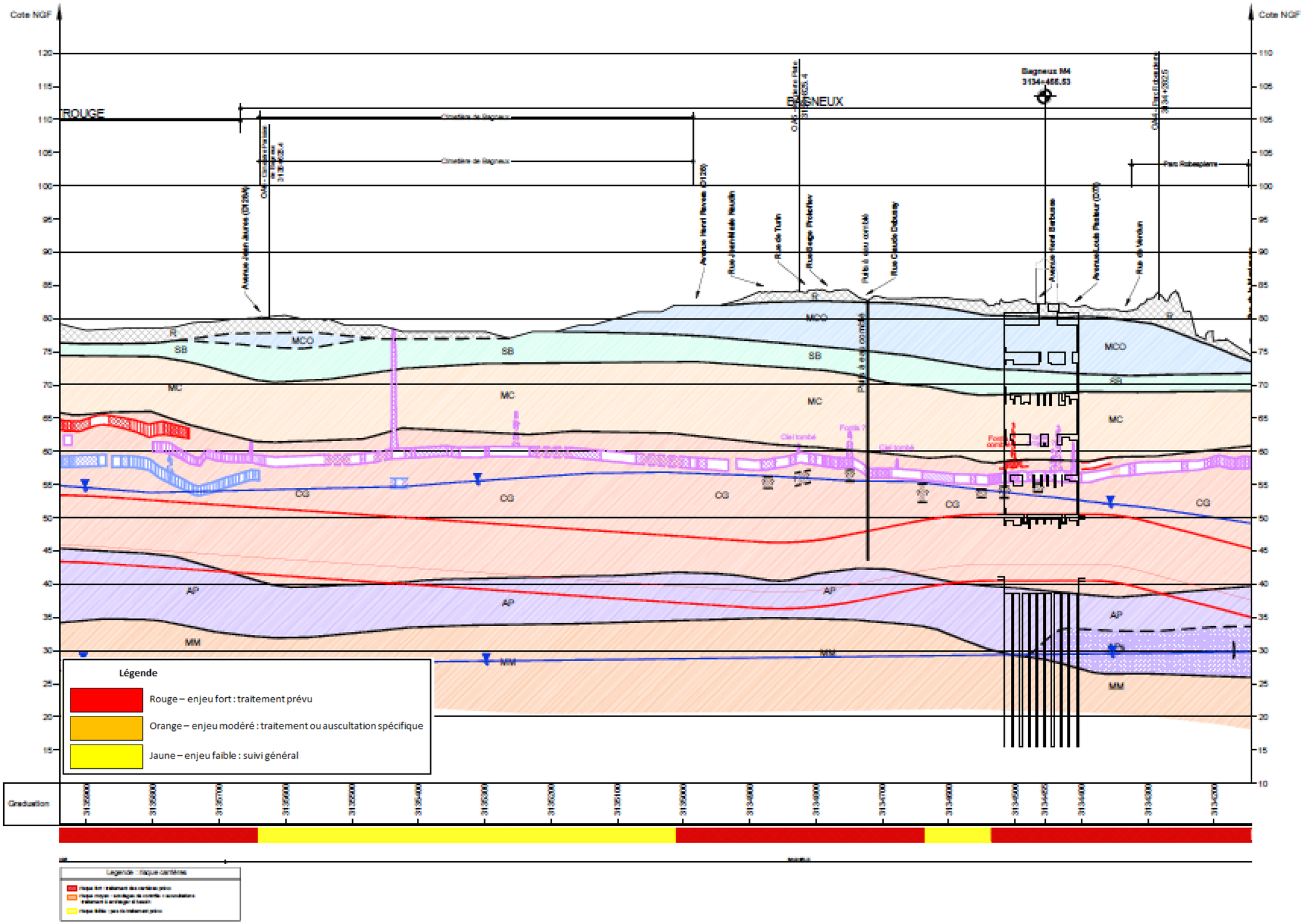
**LEGENDE :**

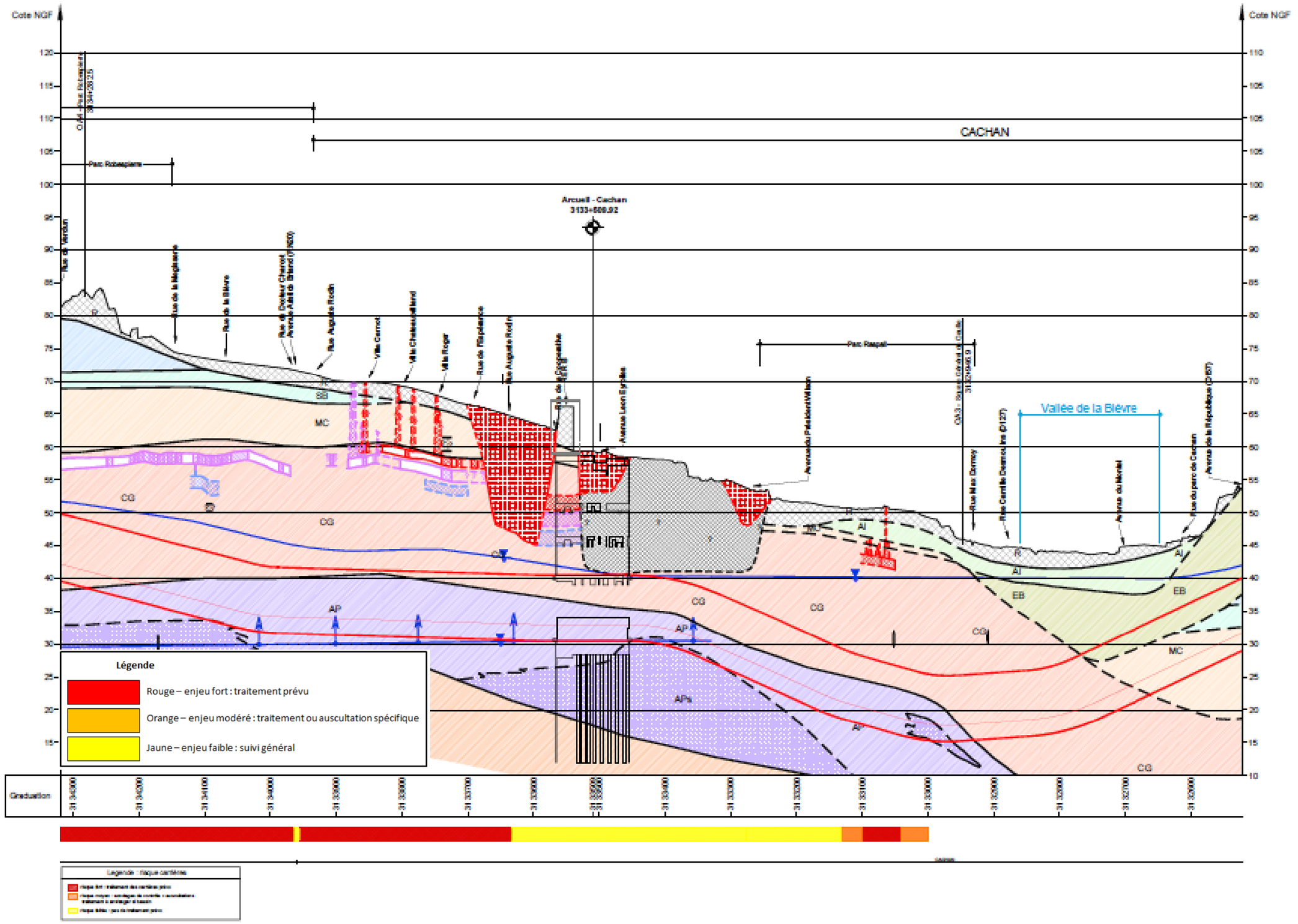
**RB : remblais** **MCO : Marno-calcaire de Saint-Ouen** **SB : Sables de Beauchamp**
**MC : Marnes et Caillasses** **CG : Calcaires Grossiers** **AP : Argiles Plastiques**
**C : Craie**

Au regard de l'ensemble de ces éléments en phase d'avant-projet la stratégie retenue ne termes de traitements des carrières est présenté sur les profils en long géologiques qui suivent. Ces traitements sont susceptibles d'être adaptés en fonction des résultats de la dernière campagne qui est en cours d'analyse.


Cote NGF
VANVES CLAMART
Fort d'Issy
Rue de Rigaillé (D32)
Rue de la Mairie
Allée Vauban
Rue Claude Bernard
Avenue du Professeur Calmette (D71)
Avenue du Général de Gaulle
Rue du Clos Montholon
Boulevard des Frères Vigouroux (D130)
Rue des Garments
Rue Carnot
Rue Drouet-Fleuron
Rue des Rolleys
Boulevard du Colonel Fabien
Rue du Général Mallerot-Joinville
RB
MCO
SB
MC
CG
EB
AP
MM
C
R
Glaisières
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
MALAKOFF
CHATILLON
MALAKOFF
CHATILLON
MALAKOFF
MONTROUGE
Châtillon - Montrouge
Fort de Vanves
MCO
SB
MC
CG
AP
MM
APs
C
R
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
TROUGE
BAGNEUX
Bagneux M4
3134+466.53
Cimetière de Bagneux
Avenue Jean Jaurès (D75N)
Avenue Henri Ravera (D128)
Rue Jean-Marie Naudin
Rue de Turin
Rue Serge Prokofiev
Rue Claude Debussy
Avenue Henri Barbusse
Avenue Louis Pasteur (D75)
Rue de Verdun
Parc Robespierre
R
MCO
SB
MC
CG
AP
MM
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
CACHAN
Arcueil - Cachan
Parc Robespierre
Parc Raspail
Vallée de la Bièvre
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation
Légende : risque cantières

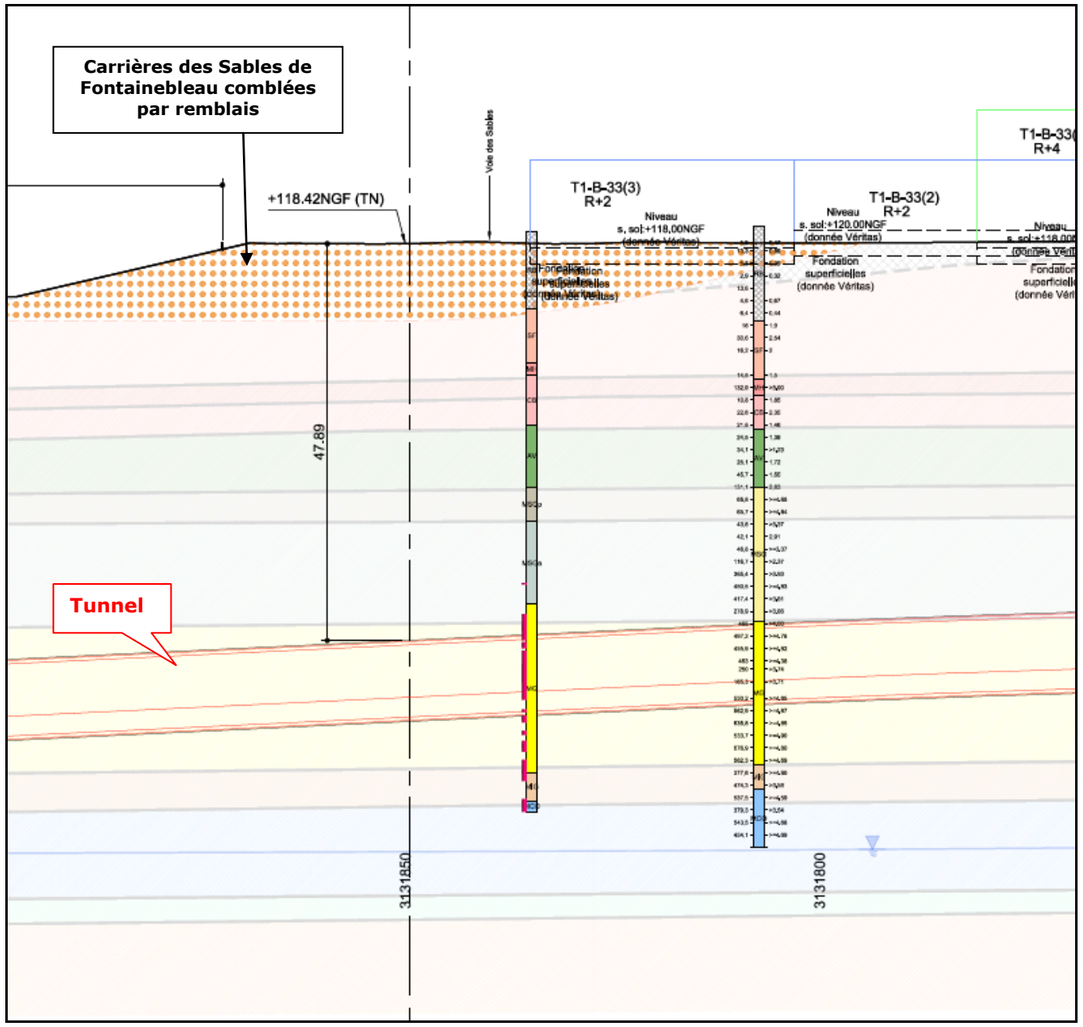
### c. *Secteur du plateau de Villejuif*

Sur le secteur du plateau de Villejuif, le tunnel s'inscrit principalement dans les Masses et Marnes du gypse avec la voûte légèrement inscrite dans les Marnes supra-gypseuses d'Argenteuil. Sur ce secteur le risque de rencontrer des carrières dans ces formations est très faible.

Les carrières cartographiées par l'IGC, notamment au droit de la future gare de Villejuif IGR, et mises en évidence par les sondages géotechniques sont des anciennes sablières exploitant les Sables de Fontainebleau.

La figure ci-dessous permet de situer le tunnel au droit de ces zones d'anciennes carrières.

**Il n'est pas prévu à ce stade la réalisation de traitement de carrières au droit du plateau de Villejuif.**




**Cahier de plans au droit du plateau de Villejuif**
**(Données issues du Cahier de plans traitement des carrières – Tunnel secteur Est – SETEC)**

### d. *Secteur de la plaine de la Seine et de la Marne*

Dans le secteur de la plaine de la Seine et de la Marne, deux principaux secteurs potentiellement impactés par la présence d'anciennes carrières souterraines sont :

- **Le quartier des Buttes Halage à Créteil,**
- **L'avenue Mahieu à Saint Maur des Fossés**

Toutefois le risque a été recensé sur d'autres secteurs de la ligne 15 sud, le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

**Caractéristiques des carrières sur le secteur de la plaine de La Seine et de la Marne**
**(Données issues des dossiers techniques phase Avant-projet– SYSTRA)**

| Nom des sous-secteurs | Communes | Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés | Formations traversées (profondeur du toit/TN) | Nature des carrières (Épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque associé | Actions restant à entreprendre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Les Ardoines - | Vitry sur Seine | pk 2126100 m au pk 2126350 m | Marno-calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp (20 m/TN) | Exploitation à ciel ouvert au nord et au Sud au Sud du tracé (sablières) (10 m) | Faible | Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières. |
| Vert de Maisons - Créteil L'Echat | Créteil | pk 2123600 m au pk 2122800 m (gare Créteil L'Echat) | Marnes et caillasses et Sables de Beauchamp (entre 20 et 15 m/TN) | Présence de sablières dans les alluvions anciennes (de 12 m au pk 2123500 m à 3 m au pk 2122600 m) | Moyen | Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières. |
| Créteil L'Echat - Saint-Maur-Créteil | Créteil Saint-Maur-des Fossés | pk 2121800 m au pk 2121600 m | Calcaire Grossier, Fausses glaises et Argiles Plastiques (environ 25 m/TN) | Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert et souterraines dans le calcaire grossier actuellement remblayées (10 mètres en moyenne des carrières souterraines et 18 mètres en moyenne des carrières à ciel ouvert) | Moyen à fort | Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des carrières.<br><br>Identification des fondations des bâtiments au droit du tunnel (compléments de l'enquête « bâti »). |
| Saint-Maur-Créteil - Champigny centre | Joinville-le-Pont Champigny-sur-Marne | pk 2120100 m au pk 2119600 m | Argiles plastiques (30 à 35 m /TN) | Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert et souterraines dans le Calcaire Grossier actuellement remblayées au Nord du tracé (entre 25 et 30 mètres) | Faible | Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières. |
| | | pk 2118800 m au pk 2117500 m (OA 1001P) | Fausses glaises et Argiles Plastiques et ponctuellement bas des Calcaires Grossiers (entre 20 et 25 m/TN) | Présence d'anciennes sablières remblayées (entre 12 et 22 mètres) | Faible | |

***Quartier des Buttes-Halage à Créteil :***

D'après les reconnaissances et les constats établis par l'IGC, il existe dans ce secteur, dit « Buttes-Halage », d'anciennes zones d'exploitation du Calcaire Grossier présentes sous la forme de carrière à ciel ouvert et de galeries souterraines, sur lesquelles les bâtiments, non loin du tracé, ont été fondés.

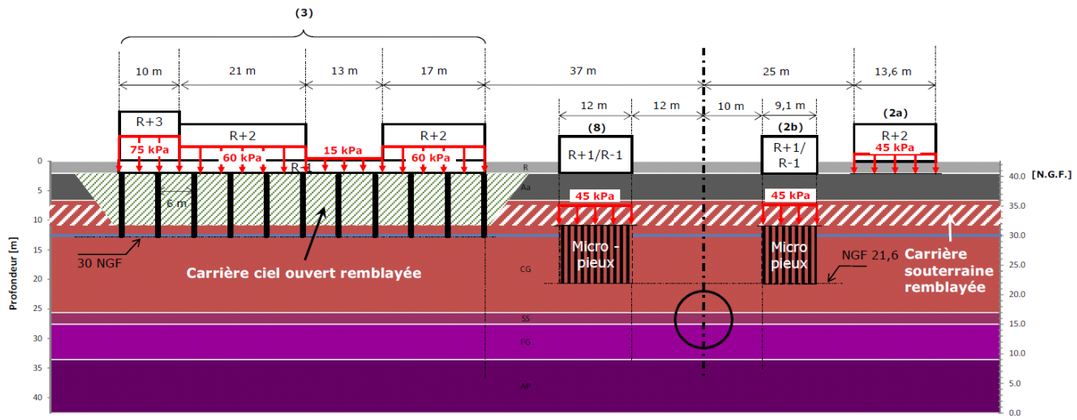
Le tissu urbain de cette zone étant très dense, les voiries publiques étant peu larges la réalisation de sondages s'est avérée nécessaire en domaine privé. La Société du Grand Paris a donc sollicité le concours des riverains sur volontariat afin de réaliser un nombre de sondages importants dans cette zone. La campagne est actuellement en cours, elle permettra notamment de bien fiabiliser l'étendue des carrières d'un point de vue géographiques, les limites étant mal connues, fiabiliser la connaissance sur les remblais ou confortements actuels des carrières, réaliser des inspections vidéoscopiques en forages pour confirmer leur états.

Par ailleurs, les cartes de l'IGC, les réunions de travail partagées entre le maitre d'œuvre, l'assistant à Maitrise d'ouvrage bâtis et l'IGC, ainsi que les enquêtes terrain sur les bâtis du secteur ont permis de recenser les pavillons ou résidences collectives qui sont fondés sur pieux, les traitements de confortements ayant eu lieu dans la zone.

Ces fondations profondes et / ou ces traitements confortatifs ont été préconisés par l'IGC lors de l'instruction des permis de construire pour des bâtiments neufs ou lors d'agrandissements de constructions existantes, ces fondations profondes et / ou travaux confortatifs peuvent également avoir été mis en place après constat de désordres importants sur le bâtis du fait de a remontée de zone instable dans ces carrières.

L'ensemble des éléments connus à ce jour ont été pris en compte pour positionner le tunnel verticalement, un modèle a été réalisé sur cette zone (modèle aux éléments finis grâce au logiciel PLAXIS) afin d'estimer le risque d'impact des tassements induits par le tunnelier en surface et sur les anciennes carrières afin de fiabiliser le tracé du tunnel.

La figure ci-dessous présente les dimensions des bâtiments, leur position par rapport au tunnel, les surcharges correspondantes ainsi que la position des carrières au droit de la coupe.




**Carrières, bâtiments et fondations au niveau du quartier des Buttes-halage**
**(Figure issue de la Notice Technique, critère de conception et notice descriptive du tunnel – SYSTRA)**

Ce modèle sera remis à jour avec les éléments actuellement en cours d'acquisition.

**Les résultats issus du modèle au stade d'avant-projet montrent que les tassements engendrés par le passage du tunnelier sont admissibles pour le bâti de surface et pour les carrières.**

**Ces résultats devront être confirmés par les sondages en cours d'acquisition, la stratégie de traitement pourra alors être définie de façon plus précise, actuellement le traitement n'est pas envisagé au regard des premiers résultats.**

***Passage sous l'avenue Mahieu à Saint-Maur-Des-Fossés :***

En sortie de gare de Saint-Maur Créteil, le tunnel est inséré dans les Argiles Plastiques. Avant le passage sous la Marne, le tunnel passe sous une zone d'anciennes carrières à ciel ouvert au niveau de l'avenue Mahieu. La couverture vis-à-vis des carrières est d'environ 16 mètres.

Au niveau de cette zone, le Calcaire Grossier a été exploité sur une profondeur de l'ordre de 7 mètres et cette carrière a ensuite été remblayée.

Dans cette zone, un bâtiment R+7 est fondé dans des remblais. De même, les carrières sont situées à proximité de pavillons en R+1.

Un modèle aux éléments finis a également été réalisé, les premiers résultats montrent que les tassements engendrés par la création du tunnel sont admissibles pour le bâti de surface, le traitement des remblais de carrières n'est donc pas envisagé à ce stade d'études.

Pour les autres secteurs de traitement des remblais de carrières n'est pas envisagé à ce stade des études, le profil du tunnel étant suffisamment profond par rapport à ces niveaux de sols de plus faibles qualité.

### *e. Secteur de la plaine du plateau de Champigny*

Dans ce secteur, le risque que la présence d'anciennes carrières puisse causer des tassements et des déformations significatifs est faible.

Entre la gare de Champigny-Centre et Bry-Villiers-Champigny, sept bâtiments sont fondés dans une zone potentielle d'exploitation de Calcaire de Champigny à ciel ouvert. Les sondages des missions géotechniques n'ont toutefois pas confirmé la présence de carrière au droit de cette zone

À ce niveau, le tunnel traverse les Sables de Beauchamp les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier sous-jacents.

Des campagnes géotechniques supplémentaires seront mise en œuvre au droit de ce secteur pour identifier ces carrières à ciel ouvert. Des mesures adaptées seront alors mises en œuvre pour exclure tous risques de tassements et déformations trop significatifs en surface.

À ce stade des études aucun traitement n'est prévu dans cette zone.

Le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

**Caractéristiques des carrières sur le secteur du plateau de Champigny**
**(Données issues des dossiers techniques Phase Avant-projet – SYSTRA)**

| Nom des sous-secteurs | Commune | Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés | Formations traversées (profondeur du toit/TN) | Nature des carrières (Épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières) | Niveau de risque associé | Traitements passifs |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Champigny centre - Bry Villiers Champigny | Champigny-sur-Marne Villiers-sur-Marne | pk 2116+300 au pk 2116+000 | Calcaire grossier, Marnes et Caillasses et Sables de Beauchamp (entre 25 et 30 m/TN) | Zone potentielle d'exploitation à ciel ouvert du Calcaire de Champigny (entre 35 et 40 mètres) | Faible | Identification et vérification de l'état des carrières existantes en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC).<br>Identification des fondations des bâtiments au droit du tunnel (compléments de l'enquête « bâti »). |

### *1.5.2.7 Mesures de suivi pendant les travaux*

*a. Contrôles pendant et après le traitement*

Le traitement des sols par injections nécessitent un certain nombre de contrôles particuliers étant donné qu'il n'est pas possible de constater la qualité des travaux « de visu ».

En phase d'injection, les contrôles à réaliser porteront principalement sur :

- les caractéristiques des mortiers et coulis ;
- l'enregistrement des paramètres de forages pour la détection d'irrégularité (en complément des reconnaissances préliminaires) ;
- les soulèvements du sol (en cas d'injections sous pression) ;
- les volumes injectés ;
- les modifications de l'écoulement de la nappe (essais Lugeon ou Lefranc).

Les contrôles qui permettront de vérifier si les objectifs fixés ont été atteints, après la mise en œuvre du traitement, seront les suivants :

- forages carottés pour l'observation des terrains (il est possible d'ajouter du colorant au coulis pour faciliter le contrôle) ;
- forages destructifs avec enregistrement des paramètres ;
- en cas de doute, essais d'injections complémentaires ;
- pour les injections sous pression (IRS), essais mécaniques en laboratoire sur échantillons pour vérifier l'efficacité du traitement.

*b. Contrôles pendant et après excavation*

Les contrôles listés ci-dessous ne dispensent pas de prendre des mesures spécifiques pour s'assurer que les traitements réalisés remplissent bien leur fonction en phase d'excavation. Les zones sous minées par des carrières souterraines demandent en effet une attention particulière vis-à-vis de l'apparition de désordres en surface. Cela peut être fait à l'aide :

- de sections instrumentées afin de contrôler l'évolution des tassements absolus et différentiels en surface ;
- le contrôle de la pression de front du tunnelier (une chute rapide pouvant signifier une perte de fluide dans une cavité souterraine) ;
- du pesage systématique des poids des déblais excavés afin de contrôler qu'il s'agit bien du poids théorique (en cas de fort dépassement, cela présage un débourrage au front et le développement d'un fontis) ;
- de mesures de reconnaissances à l'avancement (sondages au front, fontimètre…) afin de détecter des cavités non identifiées en phase études ou de prévenir l'apparition de fontis ;
- du contrôle des déformations des bâtis (mise en place de fissuromètre par exemple).

### 1.5.3 Impacts du projet liés à la présence de gypse

#### *1.5.3.1 Rappel de la problématique et des enjeux liés à la présence du gypse*

Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate de calcium, soluble dans l'eau. Cette roche est présente soit sous forme de bancs massifs (comme c'est le cas dans les Masses et Marnes du gypse en particulier), soit de manière plus diffuse, sous forme de nodules, d'interlits ou de lentilles dans différentes couches géologiques du sous-sol parisien (Calcaire de Saint Ouen ou Marnes et Caillasses par exemple).

Dans son état sain, le gypse présente de bonnes caractéristiques mécaniques. En revanche, dès qu'il subit une altération, le gypse voit chuter sa résistance de façon extrêmement variable suivant ce degré d'altération.

La dissolution du gypse est susceptible de se produire lorsqu'il est soumis à un apport d'eaux non saturées en sulfate de calcium (infiltration d'eau de pluie, mise en communication de nappe de qualité chimique différente, réinjection en nappe d'eau non saturée en sulfate de calcium). Ce phénomène peut entraîner soit une dégradation des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, soit la création de vides de dissolution accompagnés de décompression des terrains sus-jacents et/ou dans le cas extrême, d'apparition de fontis.

Ce phénomène fait l'objet de plusieurs Plans de Prévention des Risques sur l'ensemble de la région Ile-de-France mais aucun n'existe sur les communes de l'aire d'étude.

La mise en contact de terrains gypsifères avec des eaux souterraines non chargée peut se faire à la suite d'une modification des écoulements souterrains liés par exemple à un projet de type métro souterrain ou tiers.. Cet aspect hydrogéologique de la problématique du gypse sera traité dans la partie hydrogéologie.

Par ailleurs, des zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol peuvent déjà exister suite à des phénomènes de dissolution du gypse antérieurs. Un projet de type métro souterrain peut alors être en mesure de fragiliser d'un point de vue mécanique ces niveaux altérés et être à l'origine de mouvements de terrain susceptibles de causer des désordres sur le bâti et plus généralement sur les ouvrages situés à l'aplomb et au voisinage des infrastructures du projet. Cette approche mécanique associée à la problématique du gypse est traité dans les paragraphes suivants.

#### *1.5.3.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence de gypse*

Le gypse est présent dans les formations de deux grandes périodes :

Les formations du Ludien, qui comprennent les couches suivantes:

- les Marnes Supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) ;
- les Masses et Marnes du Gypse ;
- Le Calcaire de Champigny ;
- les Marnes Infra-gypseuses ;

Les formations antéludiennes comprenant les formations :

- le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Sables de Beauchamp ;
- Les Marnes et Caillasses du Lutétien.

La répartition des inclusions de gypse dans ces formations présente un caractère aléatoire, ce qui explique la grande difficulté à circonscrire avec précision les zones dangereuses.

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 ont permis de déterminer la localisation et les propriétés des couches gypseuses. Le niveau de sensibilité de chaque secteur est présenté dans le tableau ci-dessous.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité | |
|---|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Absence de zones gypseuses | |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Les formations antéludiennes présentes sur ce secteur ne sont pas ou peu gypsifères | |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches du Ludien et de l'antéludien | |
| **Secteur vallées de la Seine et de la Marne** | Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les formantions antéludiennes ou de zones décomprimées signes de dissolution de gypse au niveau de Vitry-sur-Seine et Créteil | Absence de zones gypseuses entre Créteil et Champigny-sur-Marne |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les Calcaires de Champigny | |

*Légende :*

| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |
|---|---|---|---|

**Identification de la sensibilité associée à la présence de gypse**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

#### *1.5.3.3 Prise en compte des règles liées à la présence de gypse*

Aucun zonage réglementaire lié au phénomène de dissolution de gypse n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques seront prévues pour éviter tout désordre lié à la présence de gypse dans le sous-sol. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées dans le rapport d'analyse des impacts géologiques mais également hydrogéologiques de la présente étude d'impact.

### 1.5.3.4 Prise en compte de la présence de gypse dans la réalisation d'un projet de type métro souterrain

Lorsque la présence de zones décomprimées ou altérées par les dissolutions de gypse est avérée et que leur enjeu vis-à-vis du projet le demande, des mesures de traitement du risque adaptées seront mises en place, avant le passage du tunnelier ou la réalisation des gares et ouvrages annexes. Ces traitements consistent à améliorer le sol de ces zones décomprimées sur la hauteur concernée, plusieurs techniques de traitement peuvent être employées :

- injection d'imprégnation ;
- injection par claquage/compensation ;

Les études de conception et de définition des types de traitement de terrain s'appuieront sur l'analyse d'applicabilité des techniques d'amélioration de sol dans les contextes géotechniques considérés, et en même temps, respecteront les contraintes imposées en termes d'impacts sur les ouvrages existants et en termes environnemental et règlementaire.

**Injection d'imprégnation ou de comblement :**

Selon le contexte et la nature des dissolutions de gypse (présence de vides francs ou zones décomprimées), la technique d'injection sera adaptée. Globalement, cette technique consiste à injecter du coulis sous pression pour remplir les vides présents dans le sol. Pour les zones de vides francs une injection de claquage finale sous haute pression sera réalisée. Dans ce cas précis, ces injections visent à une amélioration des paramètres géotechniques de résistance et déformabilité.

### 1.5.3.5 Mesures retenues pour les zones de gypse au droit de la Ligne 15 Sud

Les reconnaissances déjà réalisées ont rencontré :

- des zones où le gypse est présent sans trace de dissolution majeures : sur les hauteurs du Plateau de Villejuif ;
- des zones décomprimées par de possibles dissolutions de gypse (gypse peu présent dans les sondages) : Zone située entre la gare des Ardoines et la Seine.

Les reconnaissances complémentaires en cours vont permettre de fiabiliser et circonscrire ces zones (missions géotechniques G1 et G2).

Durant la phase de creusement des reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier peuvent aussi être réalisés si le contexte le nécessite.

Le tableau suivant présente les dispositions qu'il est prévu de mettre en place au niveau de ces secteurs.

Afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet prévoit de limiter autant que possible l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes, qui constitue l'origine de la dissolution du gypse. Cette approche hydrogéologique du risque est traitée dans la partie relative à l'hydrogéologie.

*a. Choix de la technique du tunnelier pour la construction du tunnel*

Lors du creusement au tunnelier, la pression appliquée dans la chambre d'abattage contrecarre les poussée d'eau, il n'y a donc pas de rabattement de nappe susceptible d'apporter des eaux non chargée en sulfate de calcium dans un contexte géologique contenant du gypse.

**La technique du tunnelier limite donc de manière très importante la création du phénomène à la source des dissolutions du gypse : apport d'eau non chargée en sulfate de calcium.**

*b. Choix de techniques pour la construction des gares et ouvrages annexes*

La majorité des gares sera réalisée à ciel ouvert à l'abri de parois moulées dans le sol, pour les gares mixtes (ayant une partie réalisée de façon traditionnelle) des injections d'étanchement préalables aux travaux sont effectués avant les travaux de terrassement à proprement parlé.

Globalement pour les gares et ouvrages annexes les travaux sont réalisés dans des enceintes étanches limitant les eaux d'exhaure et les rabattements. Certaines gares sont toutefois concernées par un rabattement (cf. partie hydrogéologie) les cônes de rabattement ainsi créés ne sont pas de l'ordre à appeler des eaux non chargées en sulfate de calcium, la réactivation ou la création du phénomène de dissolution du gypse sont ainsi limitées.

### 1.5.3.6 Mesures de suivi pendant la phase travaux

Pour vérifier que les mesures mises en œuvre en cas d'injection sont efficaces, des sondages de contrôle des traitements seront réalisés.

Par ailleurs, une méthode d'observation de surface sera mise en place dans ces zones. Cette auscultation sera mise en place en amont de la phase de chantier (environ une année avant le début des travaux de génie civil), afin de mesurer la respiration naturelle du bâti et des ouvrages, et sera maintenue en phase travaux. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations des phases études (estimations faites par un logiciel de modélisation aux éléments finis). Dans le cas de dépassement des valeurs seuils, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées, le but étant de maîtriser complètement les déformations dans le sol.

**Caractéristiques des zones gypseuses au droit de la Ligne 15 Sud et traitements envisagés**
**(Données issues des dossiers techniques Phase Avant-projet– SETEC et SYSTRA)**

| Nom des sous-secteurs | Commune | Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés | Formations traversées | Nature des formations gypseuses | Risqué associé | Traitements |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Villejuif Louis Aragon - Vitry Centre | Villejuif | pk 2129940 m au pk 2128500 m (gare Vitry centre) | Masses et Marnes du Gypse | Masses et marnes du gypse altérées par la dissolution ancienne du gypse | Faible | À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement.<br>Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. |
| | | | Radier dans le marno-calcaire de Saint Ouen et 3/4 supérieurs dans les Masses et Marnes du Gypse | Présence de vides ou de terrains décomprimés au niveau du passage sous les éboulis (pk 2128900 m) | Faible | À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement.<br>Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. |
| | | pk 2128100 m au pk 2128400 m | Masses et Marnes du Gypse | Couverture très altérée de Masses et Marnes du Gypse | Faible | À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement, du fait de la profondeur du tunnel..<br>Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. |
| Vitry Centre - Les Ardoines | Villejuif Vitry-sur-Seine | pk 2126500 m au pk 2128400 m (OA 1402P et OA1401P) | Marno-calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et Caillasses | Couverture altérée et affectée par la dissolution du gypse (calcaire de Saint-Ouen dans la plaine alluviale de la Seine) | Moyen | Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.<br>Au niveau de la gare des Ardoines Réalisation d'injections des zones décomprimées du Calcaire de Saint-Ouen et des Marnes et Caillasses préalables aux travaux de génie civil de la gare. |
| Les Ardoines - Vert de Maisons | Vitry-sur-Seine Alfortville | Totalité du tronçon (Gares les Ardoines, gare Vert de Maisons, OA 1302P, OA 1301P) | Alternance de Calcaires de Saint Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et caillasses | Calcaire de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp traces de dissolutions du gypse | Faible | À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement.<br>Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. |
| Vert de Maisons - Créteil L'Echat | Maisons-Alfort Créteil | Totalité du tronçon | Marnes et caillasses et Sables de Beauchamp | Présence de gypse dans les Marnes et Caillasses et Calcaire de Saint-Ouen | Faible | A ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement.<br>Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. |

### 1.5.4 Impacts du projet liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface

#### *1.5.4.1 Rappel des enjeux liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface*

L'argile est une roche sédimentaire à grains fins présente dans différentes formations géologiques. Cette roche voit sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Elle est dure et cassante lorsqu'elle est desséchée mais devient plastique et malléable à partir d'un certain niveau d'humidité. Ces variations de consistance s'accompagnent de variations de volume, dont l'amplitude peut s'avérer très importante.

Les variations de volume générées par le retrait des argiles provoquent des tassements qui se manifestent par des désordres sur les ouvrages. A contrario, le phénomène de gonflement peut provoquer des soulèvements ou des sur-contraintes (pression de gonflement sous un radier de gare par exemple).

Ces phénomènes se produisent essentiellement à proximité de la surface, où la teneur en eau des argiles est soumise à de fortes variations, gouvernées par les conditions météorologiques (périodes de sécheresse notamment), mais aussi par la végétation (système racinaire) et l'activité humaine (imperméabilisation des surfaces, pompages ou arrosages…).

La présence de cet aléa a conduit à l'élaboration Plans de Prévention des Risques naturels (PPRn) en Île-de-France. Le PPRn associé au phénomène de retrait-gonflement des argiles est le PPRn Mouvement de terrain – Tassement.

Plusieurs formations géologiques affleurant sur l'aire d'étude contiennent de l'argile et sont susceptibles de présenter un aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles : les formations marneuses du Ludien et les argiles vertes en surface au niveau du plateau de la Brie.

#### *1.5.4.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée au phénomène de retrait-gonflement des argiles en surface*

Au regard de l'analyse réalisée dans le rapport de phase G1 et d'après le Plan de Prévention des Risques naturels en Île-de-France, les secteurs les plus sensibles sont

- **les rebords du plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux**, constituant une zone d'aléa fort.
- **les bords du plateau de Villejuif** présentant un aléa fort à moyen : il est important de noter que le centre du plateau n'est pas cartographié, les données n'étant pas connues ;
- **les rebords du plateau de Brie**, correspondant à une zone d'aléa fort ;

Compte tenu de la nature des ouvrages réalisés dans le cadre du projet (ouvrages ancrés profondément), l'enjeu vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement des argiles apparaît comme **faible** au niveau de l'aire d'étude.

Malgré l'aléa qui peut être fort sur certains secteurs de l'aire d'étude, la sensibilité est considérée comme faible sur la totalité du secteur d'étude au regard du type de construction qui sera réalisée.

Le tableau ci-dessous rappel la sensibilité des secteurs et la réglementation associées au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité | Règlementation associée au retrait-gonflement des argiles en surface |
|---|---|---|
| | | PPRn Mouvement de terrain |
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul | - |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible. | L'Haÿ-les-Roses<br>Cachan |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible. | Villejuif |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)** | Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface | Alfortville<br>Créteil<br>Saint-Maur-des-Fossés<br>Champigny-sur-Marne |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible. | Champigny-sur-Marne<br>Villiers-sur-Marne<br>Noisy-le-Grand<br>Champs-sur-Marne |

*Légende :*

| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |
|---|---|---|---|

**Identification de la sensibilité et réglementation associés au retrait-gonflement des argiles en surface**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

#### *1.5.4.3 Prescriptions et règles liées au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface*

Le règlement de Plans de Prévention des Risques (PPR) de ce type énoncent généralement des recommandations et des prescriptions destinées à s'appliquer au sein des zones réglementées. Il s'agit pour l'essentiel de dispositions constructives, qui concernent principalement les nouvelles constructions.

À titre d'information, un PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est opposable aux tiers. À ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) conformément à l'article 126.1 du Code de l'Urbanisme. Comme spécifié dans l'article 16.1 de la loi n° 95.101 du 2 février 1995, le respect des prescriptions obligatoires s'applique, dès l'approbation du PPR, à toute nouvelle construction située dans les zones concernées.

La liste des communes concernées par un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) relatif au phénomène de retrait-gonflement des argiles sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

| *Département* | *Communes du fuseau* | *Prescription* | *Enquête* | *Approbation* |
|---|---|---|---|---|
| ***PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels*** | | | | |
| 94 | L'Haÿ-les-Roses | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Cachan | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Villejuif | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Alfortville | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Créteil | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Saint-Maur-des-Fossés | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Champigny-sur-Marne | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 94 | Villiers-sur-Marne | 09/07/2001 | 11/02/2012 | - |
| 93 | Noisy-le-Grand | 23/07/2001 | - | - |
| 77 | Champs-sur-Marne | 11/07/2001 | - | - |

**Communes impactées par les risques de retrait-gonflement des argiles**
**(Données issues du site internet prim.net, pour la prévention des risques majeurs)**

Actuellement, un PPRn Mouvement de terrain –Tassements différentiels est prescrit dans les départements du **Val-de-Marne** (prescription datant du 09/07/2001), de **Seine-Saint-Denis** (prescription datant du 23/07/2001) et de **Seine et Marne** (prescription datant du 11/07/2001).

**Seul le PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du département du Val-de-Marne (94) est en cours d'enquête publique.**

**À ce jour, aucune prescription concernant ce PPRn ne s'applique donc au droit de la Ligne 15 Sud.**

*a. PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du Val-de-Marne (94)*

Le dossier d'enquête publique du **PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du département du Val-de-Marne** qui est consultable, présente les différentes dispositions du règlement. Concernant les bâtiments projetés en zone d'aléa retrait gonflement (hors maisons individuelles non groupées, bâtiments purement agricoles et annexe d'habitation non accolées au bâtiment principal), le document impose :

*« La réalisation d'une étude géotechnique conformément à la norme NF P94-500, définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel de terrain et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site est prescrite dans les trois zones (B1, B2 et B3). »*

**Au regard des dispositions du règlement du dossier d'enquête publique, il apparait que le projet de la Ligne 15 Sud est en accord avec ces documents.**

Par ailleurs, en cas d'approbation d'un Plan de Prévention des Risques sur l'une des communes traversée par le projet, pendant l'instruction du présent dossier, les éventuelles prescriptions seront respectées par la Société du Grand Paris.

*b. Dispositions constructives préventives*

D'après le dossier d'enquête publique du PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels les principes la seule mesure technique préconisée pouvant s'appliquer au projet du réseau de transport du grand Paris est la suite, et s'appliquera principalement au niveau des gares pour le projet d'aménagement périphérique :

- tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;

### *1.5.4.4 Prise en compte de l'aléa retrait gonflement des argiles en surface dans la conception du projet*

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, il s'agit notamment de la construction du tunnel avec la technique du tunnelier et la construction des gares avec la méthode des parois moulées.

Grâce à ces mesures de construction, prenant en compte les principes de construction du PPRn en cours d'enquête publique, le projet ne sera pas sensible au phénomène de retrait gonflement des argiles.

Sur la totalité de la Ligne 15 Sud, le tunnel s'inscrit systématiquement en-dessous des argiles de surface : l'impact est donc nul.

La gare de Noisy-Champ traverse cette formation mais s'ancre plus profondément. Du fait des méthodes constructives retenues (mise en place de parois moulées), les argiles vertes ne seront jamais exposées aux intempéries météorologiques. L'impact lié au retrait/gonflement des Argiles Vertes est donc quasi nul. **Aucune mesure constructive n'est donc retenue pour ces gares.**

### *1.5.4.5 Mesures d'accompagnement concernant l'aléa retrait gonflement des argiles*

*a. Mesures d'évitement et de réduction*

Le risque étant faible, il n'y a pas de mesures d'évitement et de réduction.

*b. Mesures de suivi*

En amont et pendant la phase travaux, une auscultation des zones sensibles sera réalisée en amont des travaux pour définir la respiration naturelle des bâtis et en phase travaux pour suivre les éventuelles déformations induites pas le projet.

## 1.5.5 Impacts du projet liés à la présence d'argile dans le sous-sol

### *1.5.5.1 Rappel de la problématique et des enjeux liés à la présence d'argile dans le sous-sol*

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de retrait/gonflement des argiles en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraines.

Par ailleurs, la réalisation de terrassements à ciel ouvert est susceptible d'exposer des argiles aux aléas météorologiques alors qu'elles étaient jusqu'à présent protégées, favorisant également leur retrait/gonflement. Le projet de la Ligne 15 Sud recoupe plusieurs formations géologiques argileuses considérées comme fortement sensibles :

- les Argiles Vertes du Sannoisien au niveau du plateau de Villejuif;
- les Argiles Plastiques de l'Yprésien formations profondes sur le plateau d'Issy à Cachan et .de la commune de Saint-Maur des fossés

### *1.5.5.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence d'argile en profondeur*

Au regard de l'analyse réalisée dans le rapport de phase G1, une évaluation de la sensibilité des différents secteurs a été réalisée. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Sensibilité et réglementation associées aux retrait-gonflement des argiles dans le sous-sol**

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Absence de couches argileuses dans le sous-sol |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Présence d'Argile Plastique de l'Yprésien en profondeur |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Présence d'Argiles Vertes à profondeur moyenne |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne** | Présence d'Argiles Plastique en profondeur au niveau de Saint-Maur des Fossés |
| **Secteur du plateau de Brie** | Présence de Marnes supragypseuses à profondeur moyenne |

*Légende :*

| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |
|---|---|---|---|

**Identification de la sensibilité et réglementation associés au retrait-gonflement des argiles en surface**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

### *1.5.5.3 Prescriptions et règles liées à la présence d'argile en profondeur*

Aucun zonage réglementaire lié à la présence de couches argileuses en profondeur n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques sont à prévoir pour éviter tout désordre. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées ci-dessous.

### *1.5.5.4 Mesures retenues pour l'argile en profondeur au droit de la Ligne 15 Sud*

Sur la Ligne 15 Sud, le tunnel s'inscrit partiellement dans les couches de l'Yprésien au niveau du Plateau d'Issy à Cachan et entre Créteil et Saint-Maur des fossés. Le tunnel étant réalisé au tunnelier, sans rabattement ni apport d'eau, l'impact est quasiment nul..

Les gares de Villejuif Louis Aragon, Villejuif IGR et Noisy-Champ traversent les argiles Vertes et s'ancrent dans les Marnes Supragypseuses voire Infragypseuses. Du fait des méthodes constructives retenues (mise en place de parois moulées), les argiles vertes ne seront pas exposées aux intempéries météorologiques. L'impact lié au retrait/gonflement des Argiles Vertes est donc quasi nul. Concernant les Marnes Supragypseuses en fond de fouille, l'impact est faible, en effet la réalisation de ces gares ne nécessitent pas de rabattement, il n'y a donc pas de perturbation hydrogéologique favorisant le développement de ce phénomène de retrait gonflement, le radier sera dimensionné en conséquence pour reprendre les éventuelles pressions de gonflement. Des éventuelles précautions particulières pourront être prises en compte en cas d'intempéries pour protéger le fond de fouille (système de drainage, et de collecte des eaux, etc…). **Aucune mesure constructive spécifique n'est donc retenue pour ces gares.**

Concernant la couche d'Argiles Plastiques qui se situe en profondeur, pour la partie en section courante située entre Arcueil-Cachan et Fort d'Issy et la zone entre Créteil et Saint-Maur des Fossés, le tunnel s'inscrit partiellement dans cet horizon pour la première section et intégralement dans cet horizon pour la deuxième section. La réalisation du tunnel au tunnelier perturbe peu les conditions hydriques des Argiles Plastiques : le phénomène de retrait/gonflement des Argiles Plastiques est donc quasi nul pour cette partie.

Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge, Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques, la gare de Saint-Maur Créteil traverse quant à elle cet horizon pour aller s'ancrer dans la craie. De même, les fonds de fouilles des ouvrages annexes Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4), Square Général de Gaulle (OA3), Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans ces formations.

Lors du terrassement des gares et ouvrages annexes dont les phases de terrassement découvrent les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles.

Pour la phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques.

Par ailleurs, les suivis et missions géotechniques prévus dans le cadre du projet permettront de vérifier que le comportement des sols et de l'ouvrage est bien conforme aux prévisions réalisées lors des études de conception.

### 1.5.6 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie

Le tableau de la page suivante synthétise pour chaque secteur :

- les principaux aléas et enjeux géologiques identifiés ;
- les principales solutions techniques mises en œuvre pour éviter ou limiter les impacts ;
- une synthèse des impacts résiduels géologiques attendus ainsi que la section du rapport où cet impact est traité.

**Synthèse de la prise en compte des risques géologiques**

| *Critères à enjeu* | *Caractéristique de l'impact* | *Mesures mises en œuvre* |
|---|---|---|
| ***« Géologie »*** | ***<u>Anciennes carrières</u>*** | |
| | **<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u>**<br>Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière. | Pas de mesures spécifiques |
| | **<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u>**<br>Présence de nombreuses carrières souterraines sur tout le linéaire du secteur (toutes les gares et ouvrages annexes du secteur sont concernés).<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais épais (aux alentours des gares de Fort d'Issy–Vanves–Clamart et d'Arcueil-Cachan). | Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible.<br>Investigations complémentaires sur certains secteurs pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines.<br>Réalisation de visites de carrières, en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC), afin d'identifier et vérifier l'état des carrières existantes.<br>Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface des niveaux de carrières souterraines ou injection sous pression selon l'état, le type et l'accessibilité les zones de traitement envisagée en phase avant-projet sont détaillés au chapitre XX.<br>Confortement par piliers maçonnés de certaines carrières pour qu'elles restent visitables (prescriptions de l'IGC). |
| | **<u>Secteur du plateau de Villejuif</u>**<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau, entrainant des niveaux de remblai parfois épais : localisées autour de la gare Villejuif IGR | Pas de mesures spécifiques |
| | **<u>Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne</u>**<br>Présence d'anciennes carrières souterraines ponctuelles au niveau de Créteil (quartier des Buttes-Halage) et Saint-Maur-des-Fossés (sous l'avenue Mahieu).<br>Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert ponctuelles entrainant des niveaux de remblais parfois épais sur les communes de Créteil, Saint-Maur et Champigny-sur-Marne | Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible.<br>Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes sur l'extension des carrières.<br>Actuellement, pas de traitement envisagé, la campagne actuellement en cours permettra de confirmer ou non les premières hypothèses venant des deux premières campagnes de reconnaissances. En cas d'éléments nouveaux montrant un état de la carrière non compatible avec les objectifs de maitrise des risques de la Société du Grand Paris des traitements seront envisagés. |
| | **<u>Secteur du plateau de la Brie</u>**<br>Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire de Champigny. Ces anciennes carrières n'ont pas été mises en évidence par les sondages. | Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des anciennes carrières.<br>Pas de traitement défini à ce jour. |

| | | |
|---|---|---|
| *« Géologie »* | ***Dissolution du gypse*** | |
| | **Secteur de la boutonnière de Boulogne**<br>Absence de zones gypseuses | Seule la zone des Ardoines montrent des décompressions nécessitant la réalisation préalables aux travaux de génie civil de la gare d'injections. Les campagnes en cours de réalisation permettront de circonscrire la zone de ces traitements au juste nécessaires.<br><br>Une reconnaissance à l'avancement pourra également être mise en place.<br><br>Par ailleurs, afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet de la Ligne 15 Sud prévoit de limiter l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes dans les zones susceptibles de développer ce phénomène (mise en place de parois moulées et réalisation du tunnel au tunnelier). |
| | **Secteur du plateau d'Issy à Cachan**<br>Les formations antéludiennes présentes sur ce secteur ne sont pas ou peu gypsifères | |
| | **Secteur du plateau de Villejuif**<br>Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches du Ludien et de l'antéludien | |
| | **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne**<br>Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les formations antéludiennes ou de zones décomprimées signes de dissolutions de gypse | |
| | **Secteur du plateau de Champigny**<br>Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny | |
| | ***Retrait-gonflement des argiles en surface*** | |
| | **Secteur de la boutonnière de Boulogne**<br>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul | Au vu de la nature du projet, ainsi que de l'ampleur en conséquence très limitée du phénomène concerné, il n'y a pas de disposition spécifique à mettre en place. En effet, la mise en place d'infrastructure (affranchissement de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation) profonde n'est pas sensible à ce phénomène et n'est pas susceptible de l'amplifier. |
| | **Secteur du plateau d'Issy à Cachan**<br>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible. | |
| | **Secteur du plateau de Villejuif**<br>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible. | |
| | **Secteur de la plaine de Vitry**<br>Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface | |
| | **Secteur du plateau de Champigny**<br>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***« Géologie »*** | ***Retrait-gonflement des argiles en profondeur*** | | |
| | | **Secteur de la boutonnière de Boulogne**<br>Absence de couches argileuses dans le sous-sol. | En phase chantier, concernant les gares ancrées dans les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques, lors des terrassements (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles.<br><br>En phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques. |
| | | **Secteur du plateau d'Issy à Cachan**<br>Présence d'Argile Plastique de l'Yprésien en profondeur<br>Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques sur la majorité du secteur.<br>Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques.<br>Les fonds de fouilles des ouvrages annexes de Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4) et Square Général de Gaulle (OA3) sont ancrés dans les Argiles Plastiques | |
| | | **Secteur du plateau de Villejuif**<br>Présence d'Argiles Vertes à profondeur moyenne, ancrage dans les marnes supragypseuses | |
| | | **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne**<br>Présence d'Argiles Plastique en profondeur au niveau de Saint-Maur des Fossés.<br>Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques entre Créteil et Saint-Maur-des-Fossés.<br>Les fonds de fouilles des ouvrages annexes Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans les Argiles Plastiques. | |
| | | **Secteur du plateau de Champigny**<br>Présence de Marnes supragypseuses à profondeur moyenne | |

## 1.6 Hydrogéologie

### 1.6.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques hydrogéologiques

Dans le cadre du projet, de nombreuses investigations géotechniques ont été réalisées et des investigations complémentaires seront réalisées au démarrage de la phase travaux.

Chaque nouvelle phase d'études a fait, et fera l'objet, de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et permettent ainsi de fiabiliser les hypothèses prises au cours des phases précédentes.

La méthodologie retenue dans la définition du projet et la stratégie des risques hydrogéologiques étant similaire à celles concernant les risques géologiques, cette thématique est plus amplement détaillée en introduction de la partie géologie.

#### *1.6.1.1 Rappel du contexte hydrogéologique au droit du projet*

Les grandes entités hydrogéologiques identifiées en Ile-de-France, au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, sont présentées ci-dessous :

- Les nappes alluviales ;
- Les nappes des Sables de Fontainebleau et des Calcaire de Brie constituant l'aquifère de l'Oligocène ;
- Les nappes de l'aquifère multicouche de l'Éocène supérieur, à savoir, les nappes des Marnes de Pantin, des Masses et Marnes du Gypse ou du Calcaire de Champigny, et nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;
- Les nappes de l'aquifère de l'Éocène inférieur et moyen ; celles des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers du Lutétien ainsi que celle des Sables de l'Yprésien ;
- La nappe de la Craie, représentée par l'aquifère des Marnes de Meudon et de la Craie.

Une coupe géologique et hydrogéologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud est présentée sur les deux figures suivantes. Elle permet de visualiser les variations stratigraphiques le long de la Ligne 15 Sud et le positionnement de l'infrastructure vis-à-vis des formations géologiques et des aquifères.

Les grands aquifères interceptés par le tunnel le long du tracé de la Ligne 15 Sud, sont présentés par secteur d'étude :

*a. Secteur de la boutonnière de Boulogne*

Au niveau de ce secteur, le tunnel se trouve à environ 10 mètres sous le toit de l'aquifère de la Craie du Crétacé. Il passe à environ 14 mètres sous le lit de la Seine.

La nappe interceptée dans ce secteur, sur les communes de Saint-Cloud, Sèvres, Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, est celle de la Craie fissurée.

*b. Secteur du plateau d'Issy à Cachan*

Au niveau de ce secteur, le tracé du tunnel longe essentiellement les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien et des Argiles Plastiques de l'Yprésien.

Sur les communes de Vanves, Clamart, Malakoff, Chatillon, Montrouge, Bagneux et Cachan, le tunnel intercepte donc la nappe de l'Yprésien et du Lutétien.

Le tunnel traverse localement les Marnes de Meudon et la Craie sous-jacente au droit de la commune de Malakoff ; il intercepte ponctuellement la nappe contenue dans ces formations.

*c. Secteur du plateau de Villejuif*

Après avoir traversé la Bièvre, le tunnel grimpe progressivement au droit du plateau, traversant les formations des Marnes et Caillasses du Lutétien, les Sables de Beauchamp, les Calcaires de Saint-Ouen et les Marnes infra-gypseuses. Le tunnel suit ensuite les formations des Masses et Marnes du Gypse et les Marnes d'Argenteuil. Arrivé en bordure orientale du plateau de Villejuif, le tunnel plonge progressivement, pour atteindre la gare de Vitry-Centre, traversant les Masses et Marnes du Gypse et les Calcaires de Saint-Ouen.

Le tunnel intercepte la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp sur les bordures du plateau et celles contenues dans les Masses et Marnes du Gypse et Marnes infragypseuses sur le plateau.

*d. Secteur de la plaine de Vitry*

Après la gare de Vitry-sur-Seine, le tunnel oscille entre les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien, des Marnes et Caillasses, des Sables de Beauchamp et des Calcaires de Saint-Ouen. Le tunnel intercepte les nappes contenues dans ces formations sur les communes de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Maisons-Alfort et Créteil.

Plus à l'est, la traversée des deux tronçons de la Marne entraîne une sur-profondeur du tunnel, qui atteint les Marnes de Meudon, notamment au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil. De ce fait, sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés, le tunnel intercepte la nappe des Marnes de Meudon et de la Craie ;

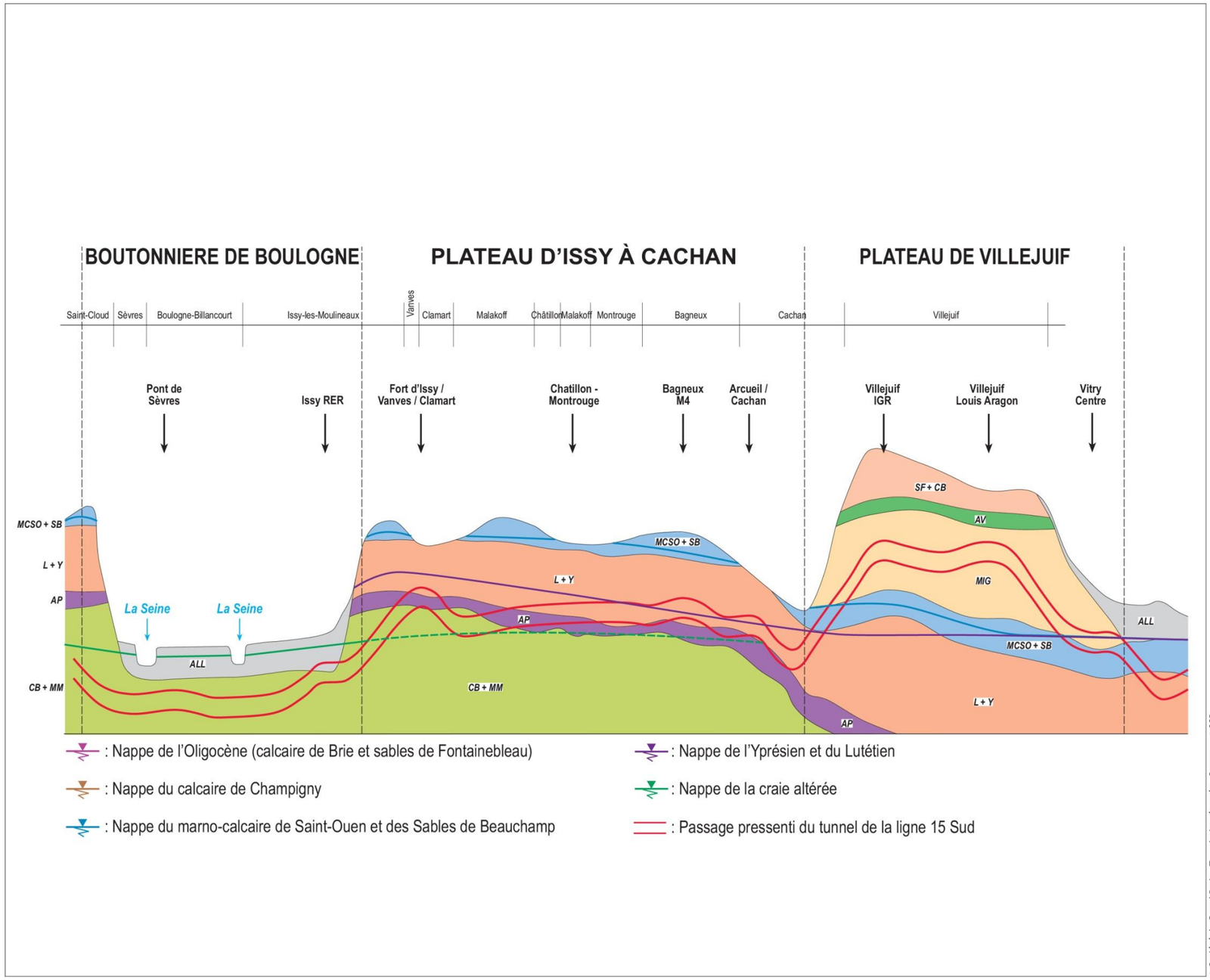
À l'est de la Marne, le tunnel s'insère dans les formations de l'Yprésien, jusqu'au plateau de Brie ; le tunnel intercepte la nappe de l'Yprésien et du Lutétien sur les communes de Joinville-le-Pont et Champigny sur-Marne.

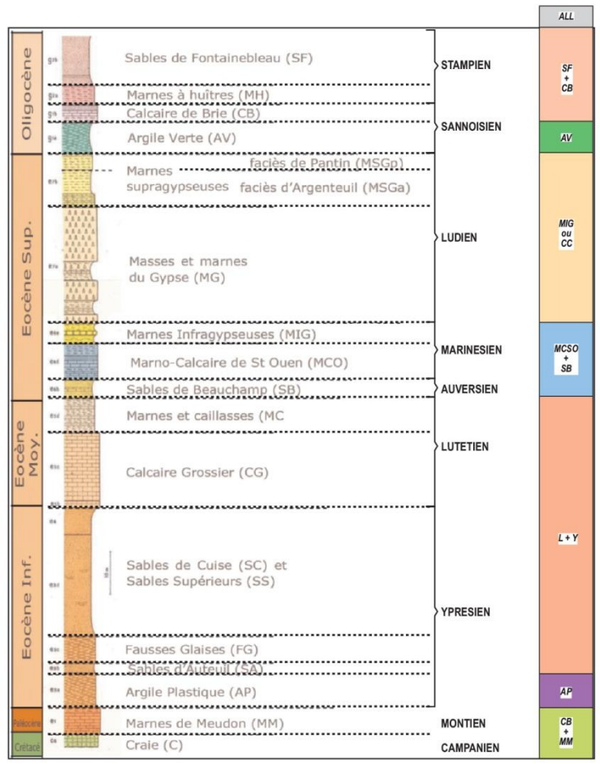
*e. Secteur du plateau de Champigny*

Le tunnel de la Ligne 15 Sud s'insère dans les Calcaires de Champigny jusqu'à la commune de Noisy-le-Grand. Il remonte ensuite légèrement dans les Marnes supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) jusqu'à la gare de Noisy-Champs.

Sur ce secteur et plus particulièrement commune de Noisy-le-Grand, le tunnel intercepte donc successivement la nappe du calcaire de Champigny puis celle des Marnes supra-gypseuses.

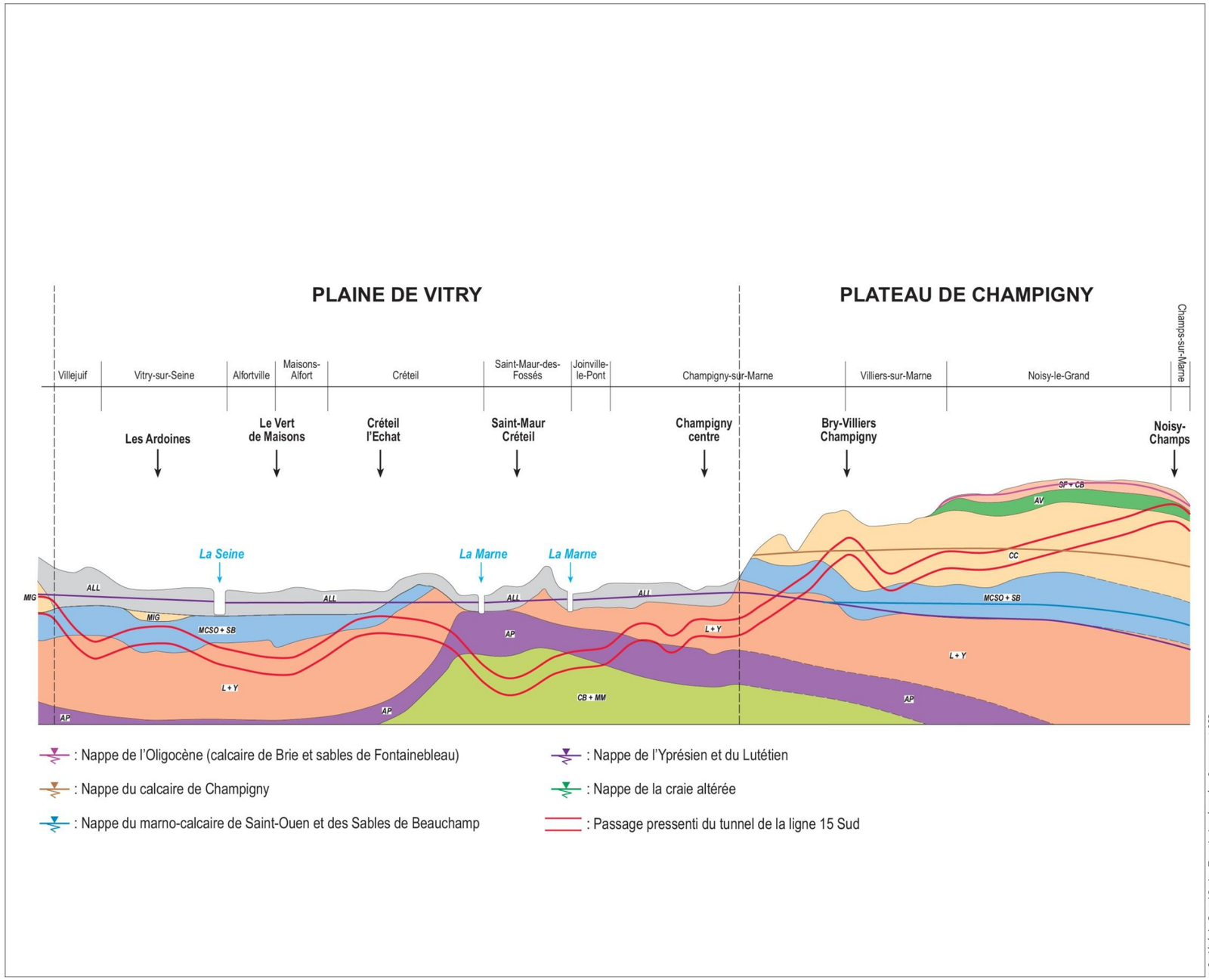
**Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie occidentale de l'aire d'étude**
**(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)**

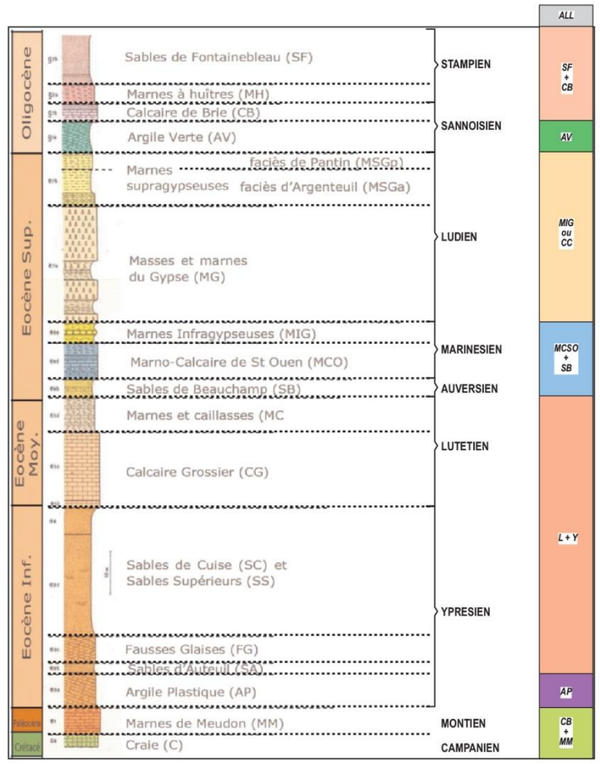



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

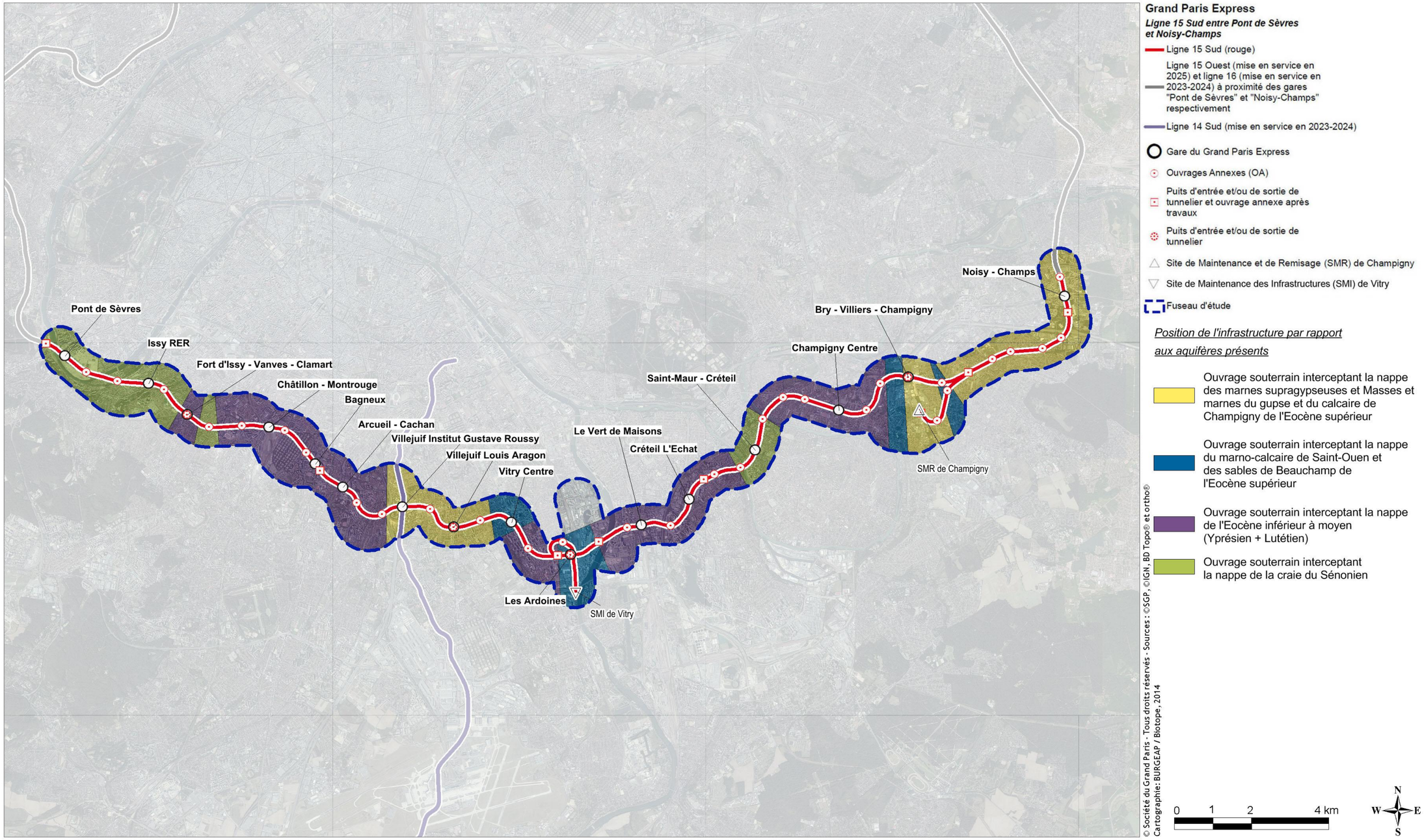
## Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie orientale de l'aire d'étude
**(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)**




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

## Intersection du tunnel de la Ligne 15 avec les nappes
**(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)**



### 1.6.1.2 Méthodologie générale du choix des dispositions constructives

La méthodologie utilisée a tenue compte à la fois des contraintes géologiques et hydrogéologiques. Par conséquent, les principes généraux de construction sont présentés dans les parties géologie et hydrogéologie mais intègrent des notions différentes en fonction de la thématique traitée.

*a. Principes généraux de la construction : mise en place du tunnel*

Pour la réalisation du tunnel, la technique de construction privilégiée est celle du tunnelier.

L'une des fonctions principales du tunnelier est d'assurer la stabilité du front de creusement. Cette stabilité dépend des caractéristiques géotechniques du terrain et de la charge hydrostatique des couches géologiques traversées.

La stabilité est assurée au travers de la mise sous pression du tunnel et notamment de la chambre de confinement (au niveau de la tête du tunnelier). Cette pression vient équilibrer le poids des terres et la pression de l'eau afin d'assurer la stabilité du front.

Ce confinement permet également de limiter l'extrusion du front qui est une des principales sources de tassement en surface. Dans un milieu très urbanisé tel que la majorité de la Ligne 15 Sud, le tunnel sera creusé dans l'environnement d'ouvrages sensibles existants, la maîtrise du confinement appliquée étant de fait essentielle afin de limiter les tassements et réduire les désordres en surface.

Grâce à la méthode de creusement au tunnelier avec chambre de confinement, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des opérations de rabattement des nappes, le tunnelier s'affranchissant des charges d'eau et réalisant l'étanchéifiassions de l'ouvrage au fur et à mesure de son avancement.

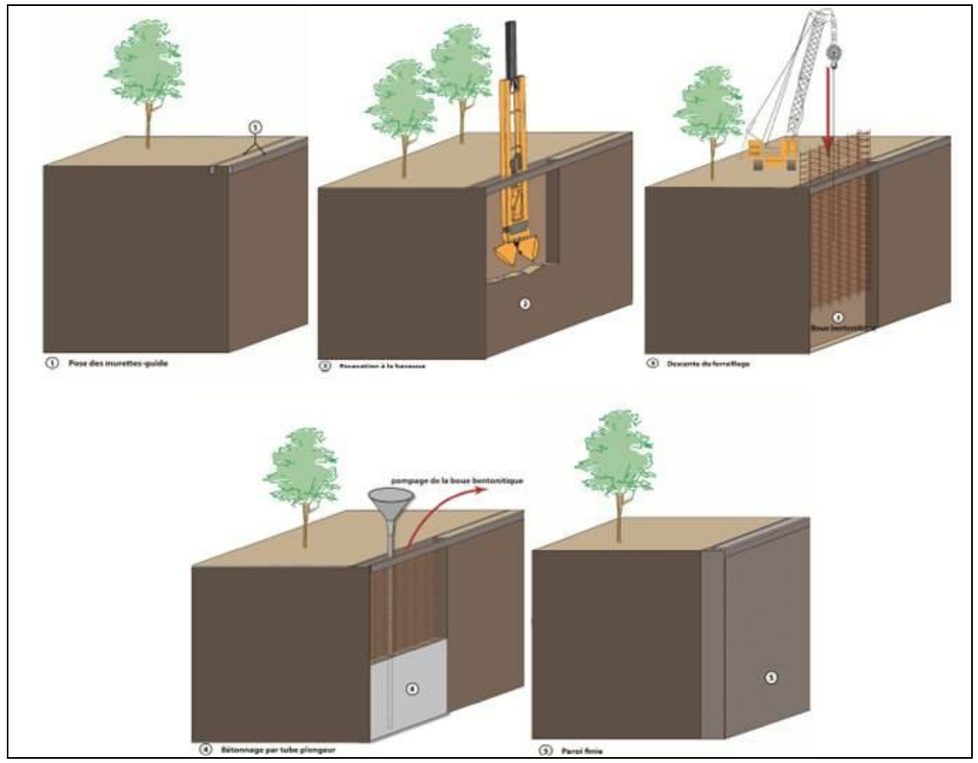
Cette méthode constructive permet ainsi de réduire à un niveau négligeable les modifications de de circulations souterraines des nappes traversées.

*b. Principes généraux de la construction : réalisation des ouvrages*

La prise en compte des différentes contraintes a conduit à adopter divers mode de construction des gares et ouvrages annexes.

De manière générale les gares, les puits ainsi que certaines sous-sections (zones d'attaque et d'émergence du tunnelier) seront construit avant l'arrivée du tunnelier. Cette méthode de conception, dite « en tranchée couverte » est entreprise depuis la surface. Le principe de la « boite » consiste à réaliser, avant tout creusement, une paroi moulée autour de la future gare souterraine. Ces parois permettent de s'affranchir des circulations horizontales d'eau entre l'extérieur et l'intérieur de la boîte gare.

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe d'eau traversée et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.




**Principe général de mise en œuvre de parois moulées**
**(Source : Société du Grand Paris)**

En fonction du contexte souterrain (géologique et hydrogéologique) dans lequel s'insère l'ouvrage considéré, la profondeur d'ancrage des parois moulées est très variable.

Le dimensionnement de la fiche des soutènements doit être réalisé de manière à assurer en premier lieu leur stabilité mécanique. Ensuite, si le fond de l'ouvrage est situé sous une nappe d'eau souterraine, il est nécessaire de prévoir un dispositif d'épuisement provisoire afin de pouvoir terrasser à sec. La faisabilité et les contraintes associées à un dispositif d'épuisement dépendent de la quantité d'eau souterraine potentielle à gérer, de sa qualité et des possibilités en termes de solutions de rejet.

La démarche qui a été retenue pour le projet a consisté à privilégier les solutions techniques permettant de réduire le débit d'épuisement autant que possible.

En fonction du contexte souterrain, différents cas de figures peuvent être rencontrés.

Si les parois moulées de l'ouvrage sont implantées pour des raisons géométriques et mécaniques au sein d'une couche géologique naturellement peu ou modérément perméable, les débits d'épuisement attendus sont faibles ou modérés et il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositifs particuliers permettant de limiter le débit d'épuisement en phase chantier.

Si l'ouvrage et ses parois moulées sont implantés au sein d'une formation potentiellement assez perméable, le débit résiduel à gérer est alors susceptible d'être important. Dès lors, un premier calcul est effectué sur le débit d'épuisement en fonction des caractéristiques des terrains. En fonction du résultat de cette évaluation, des solutions constructives complémentaires sont dimensionnées afin de réduire autant que possible le débit d'épuisement, à savoir :

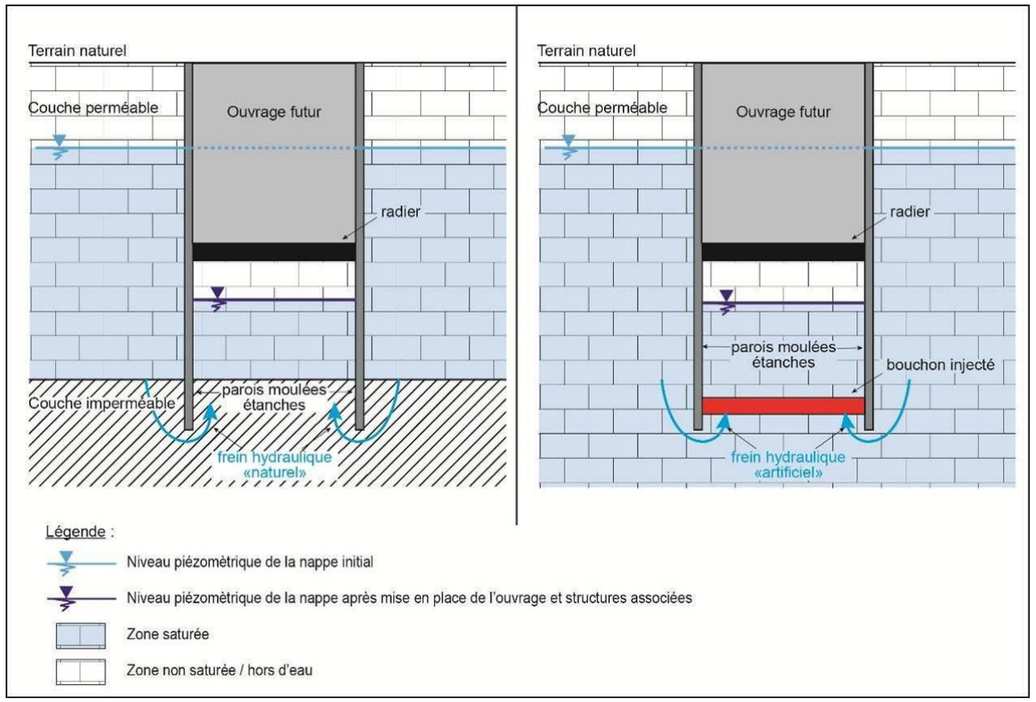
- le prolongement des parois moulées vers des horizons naturellement peu perméables. Une fiche « hydraulique de parois moulée », qui correspond à la profondeur que la paroi moulée doit atteindre pour limiter le débit résiduel significativement, est alors définie. La fiche hydraulique est nécessairement équivalente ou plus profonde que la fiche mécanique qui correspond à la profondeur que doit atteindre la paroi moulée pour assurer uniquement la stabilité mécanique de l'ouvrage ;

- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée atteignant un horizon naturellement peu perméable. La réalisation d'une jupe injectée consiste à créer un rideau d'injection de sols sous les parois moulées avec un coulis de bentonite-ciment destiné à colmater les fissures ou pores des terrains de sorte à réduire artificiellement sa perméabilité naturelle. Les parois moulées ont généralement une épaisseur de 2 à 3 mètres. Cette technique permet de réduire significativement la perméabilité des terrains en place mais, à la différence de la paroi moulée, ne permet pas de rendre totalement étanche le rideau de terrain injecté. Cette technique est privilégiée dans les terrains durs qui sont difficiles à forer pour poser des panneaux de parois moulées comme dans les Calcaire grossiers par exemple,

- la mise en place en pied de parois moulées d'un fond ou « bouchon » injecté. Un bouchon injecté est réalisé depuis le sol. Cette technique consiste à injecter les terrains en place en profondeur d'un coulis de bentonite-ciment par un réseau de forages au maillage serré. L'objectif est ici aussi de réduire artificiellement sur une épaisseur maîtrisée (environ 3 à 5 mètres) la perméabilité des terrains en place de sorte à limiter significativement le débit d'épuisement. Généralement, un bouchon injectée est réalisé dès lors qu'aucun horizon naturellement peu perméable n'est pas atteignable par une paroi moulée ou une jupe injectée dans des conditions raisonnables (c'est-à-dire quand les horizons naturellement peu perméables sont trop profonds) ;

- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée et la mise en place d'un bouchon injecté en pied de jupe. Il s'agit cette fois d'une combinaison des deux techniques précédentes. Cette solution est privilégiée lorsque les terrains concernés sont trop résistants pour la pose de parois moulées profondes et lorsque qu'il n'existe pas d'horizons peu perméables sous les parois moulées à une profondeur raisonnable.

Le schéma ci-dessus présente le concept des gares permettant ainsi de mieux appréhender les propos qui suivent.




**Conception de gares étanches – deux configurations possibles (cas A : paroi moulée ancrée dans une couche imperméable ; cas B : paroi moulée avec ajout d'un bouchon injecté)**
**(Source : Société du Grand Paris)**

Pour les rameaux (parties horizontales) de connexion, entre les ouvrages annexes et le tunnel ou ouvrage principal, il est prévu l'injection au préalable des terrains en place avant creusement de sorte à réduire significativement les venues d'eau.

Il est important de souligner que des solutions de réduction de débit d'épuisement ont été considérées comme nécessaires dès lors que le contexte hydrogéologique n'apparaissait pas suffisamment favorable pour obtenir des débits d'épuisement limités sans dispositions particulières. En effet, le choix de la solution constructive à adopter est fonction du débit d'épuisement envisageable. Dans un premier temps, une évaluation du débit d'épuisement est réalisée en tenant compte uniquement de la géométrie des parois moulées imposée par les caractéristiques mécaniques des sols. Si le calcul indique des débits faibles, aucune solution complémentaire est testée car non nécessaire. Si le calcul montre un débit potentiellement important alors des solutions de réduction complémentaires sont envisagées selon le contexte géologique local. L'efficacité de ces solutions en termes de réduction de débit est testée par calcul. Au stade actuel, les caractéristiques hydrogéologiques des terrains qui sont retenues pour évaluer si une solution constructive complémentaire est nécessaire sont plutôt défavorables (c'est-à-dire dans la tranche haute des perméabilités attendues). Ainsi, une solution de réduction de débit résiduel a été retenue dès lors que les parois moulées ne pénètrent pas dans un horizon franchement peu perméable (comme des argiles). Les essais en cours permettront de préciser les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères concernés au droit de chaque gare. Si la perméabilité des terrains devait être beaucoup plus modérée de ce qui est considérée actuellement, la mise en œuvre de solutions de limitation de débit résiduel pourra ne plus apparaître comme indispensable. Pour que cette optimisation soit envisageable, la perméabilité des terrains en place devra être suffisamment basse pour que le débit d'épuisement attendu soit au moins aussi limité que celui qui est considérée actuellement avec les solutions de réduction de débit d'ores et déjà prévues.

En phase d'exploitation, il est prévu la réalisation d'ouvrages qui seront étanches à l'eau souterraine. Ceci étant, d'éventuelles infiltrations résiduelles à travers la structure peuvent subsister ; auquel cas, un recueil et une évacuation de ces eaux d'infiltration sera réalisé. Il s'agit de débits extrêmement réduits.

La méthodologie détaillée suivie pour l'évaluation des débits d'exhaure est fournie aux chapitres « Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux » et « Évaluation des débits d'épuisement e, phase d'exploitation ».

#### *1.6.1.3 Prise en compte des remontées d'eau souterraines dans la conception du projet en phase travaux et phase d'exploitation*

Le niveau piézométrique des nappes fluctue naturellement selon les phénomènes suivants :

- le battement naturel de la nappe, en fonction de la recharge par les pluies, les fuites de réseau, ou les alimentations verticales en provenance des nappes sus-jacentes ou sous-jacentes ;
- la propagation d'ondes de crues des cours d'eau dans l'aquifère pour les nappes en relation hydraulique avec des cours d'eau ;
- l'arrêt éventuel de pompages existants dans le voisinage (industriel, parkings souterrains, climatisations, travaux de génie civil nécessitant un pompage etc.) ;
- les interactions avec les structures enterrées (effet barrage).

Pour les nappes phréatiques (c'est-à-dire la première nappe rencontrée sous le niveau du sol), ces mouvements d'eau souterraine peuvent entrainer des inondations d'infrastructures ou même du sol par un phénomène dit de « remontée de nappe ».

De par sa position sous le niveau de une à plusieurs nappes, le projet qui est conçu pour être étanche, doit tenir compte des variations prévisibles de niveau de l'eau souterraine pour les raisons suivantes :

- l'eau souterraine au contact des parois et du fond d'une infrastructure entraine des efforts mécaniques (poussées latérales et verticales) qu'il convient de prendre en compte dans le dimensionnement des fondations,
- les parois des ouvrages doivent être étanches à l'eau souterraine dans toutes les conditions possibles de niveau de nappe au risque de voir l'infrastructure noyée.

Pour ces raisons, une étude hydrogéologique spécifique est réalisée pour tous les ouvrages. Elle consiste à évaluer, pour toutes les nappes concernées, les remontées de nappe prévisibles et leur récurrence en tenant compte de chacun des phénomènes précédemment décrits. Cette étude hydrogéologique, dite de « niveaux de plus hautes eaux souterraines » doit permettre d'aboutir à plusieurs niveaux de référence selon leur probabilité d'occurrence. Ces niveaux de référence sont décrits dans les normes de conception d'ouvrages souterrains (EUROCODE 7). *In fine*, deux niveaux principaux de hautes eaux souterraines sont retenus pour la conception du projet :

- un niveau de hautes eaux pour la phase chantier. Ce niveau de hautes eaux est défini selon une probabilité d'occurrence raisonnable en tenant compte de la durée du chantier. Il doit permettre de protéger le chantier des conséquences liées à une remontée de nappe majeure. La résistance mécanique des fondations en phase de construction et le débit d'épuisement des fouilles sont définis selon ce niveau de référence. En cas de dépassement de ce niveau d'eau, il est toléré une inondation provisoire de la fouille, en prenant en compte les dispositions nécessaires pour ne pas entraîner de risques de contamination des eaux souterraines ;
- un niveau de hautes eaux exceptionnel pour toute la durée de vie du projet. Ce niveau « de très hautes eaux » est défini pour l'ouvrage soit résistant et étanche à l'eau souterraine quel que soit les conditions de niveau d'eau souterraine extérieure prévisibles.

Ainsi, les phénomènes de remontée de nappe sont étudiés spécifiquement et font parties intégrantes des données de conception du projet.

#### *1.6.1.4 Présentation détaillée des dispositions constructives prévues pour chaque ouvrage afin de limiter les débits d'exhaure*

Le projet intègre d'ores et déjà des mesures constructives permettant de réduire le débit d'épuisement. Ces mesures ont été prévues dès lors que le contexte hydrogéologique ne permettait pas d'obtenir des débits d'épuisement modérés en considérant uniquement les profondeurs des ouvrages et des parois moulées imposées par les contraintes mécaniques. Pour mémoire, les solutions complémentaires de réduction du débit résiduel sont :

- l'approfondissement des parois moulées jusqu'à un horizon de perméabilité réduite ;
- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée jusqu'à un horizon de perméabilité réduite ;
- la réalisation d'un bouchon injecté en pied de paroi moulée ;
- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée et par un bouchon injecté.

Les solutions constructives retenues pour chaque ouvrage ont été intégrées au modèle hydrogéologique. Ainsi, l'évaluation des effets piézométriques intègre d'ores et déjà des mesures de réduction de l'impact.

L'ensemble des caractéristiques hydrogéologiques et des dispositions constructives permettant de limiter les débits au droit de chaque gare ont fait l'objet de fiches spécifiques. Ces fiches synthétiques ci-dessous, permettent de visualiser pour chaque gares et ouvrages :

- la localisation géographique de l'ouvrage ;
- le contexte géologique issu de l'interprétation des sondages géotechniques ;
- la géométrie « souterraine » de l'ouvrage ;
- les nappes interceptées par l'ouvrage ;
- les débits estimés en phase travaux et en phase d'exploitation ;
- les dispositions constructives permettant de limiter les débits.

Ce travail de synthèse a également été réalisé pour l'ensemble des ouvrages annexes et est présenté dans le tableau suivant les fiches gares.

L'évaluation détaillée des impacts pour les thématiques « géologie » et « hydrogéologie » est présentée dans les chapitres suivants.

## FICHE DE SYNTHESE N° 2
# Pont de Sèvres

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 30,5 m NGF | **Cote de la base du radier** | -4,9 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 3,5 | Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine | HE : + 28,2 m NGF<br>BE : + 26,7 m NGF |
| Alluvions modernes | 4,5 | | |
| Alluvions anciennes | 6 | | |
| Craie altérée (Ca1 et Ca2) | 22 | | |
| Craie saine | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

Fond de fouille ancré dans la Craie altérée, très perméable.
Paroi moulée ancrée hydrauliquement dans la Craie saine peu perméable.

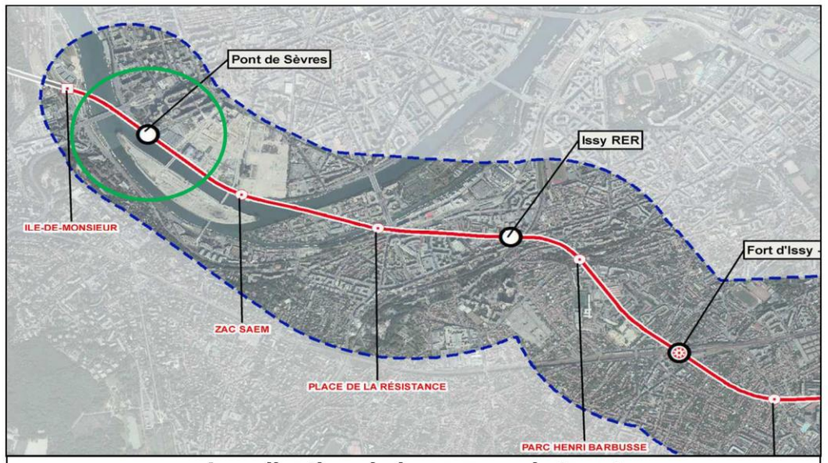
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine | 28,2 m NGF | 33,1 m |

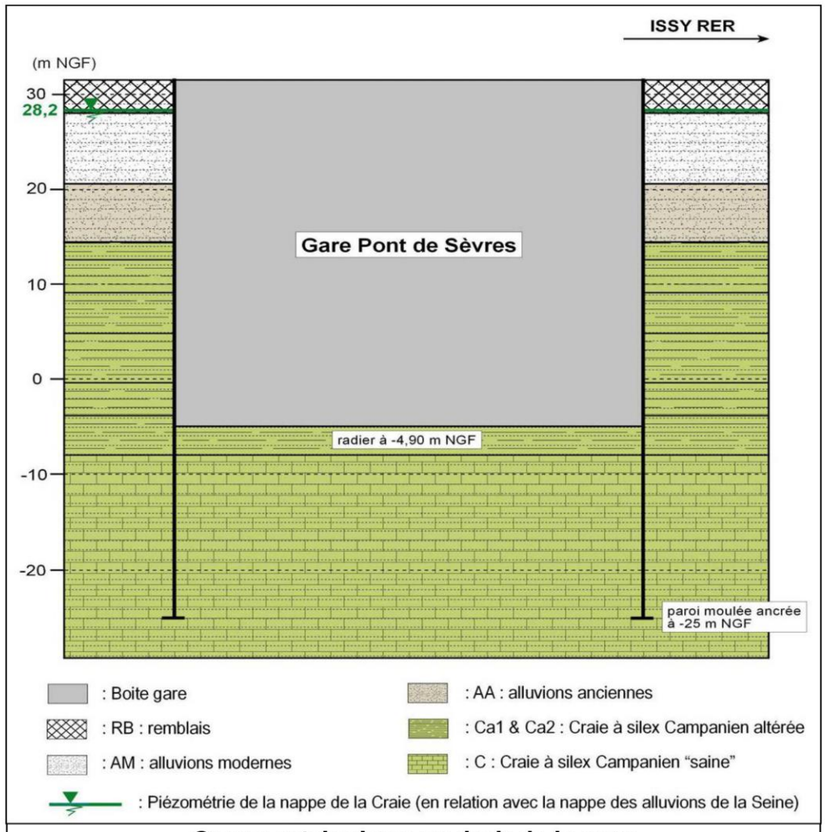
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux ($m^3$/h) | En phase définitive ($m^3$/h) |
|---|---|
| 85 m3/h | 1,3 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 83 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP Société du Grand Paris

# FICHE DE SYNTHESE N° 5
# Issy RER

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 35 m NGF à l'ouest<br>36,2 m NGF à l'est | **Cote de la base du radier** | 7,67 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 5,3 / 3,7 | Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine | HE : + 28 m NGF<br>BE : + 26 m NGF |
| Eboulis | 4,2 / 4,5 | | |
| Alluvions anciennes | 8 / 10,2 | | |
| Craie altérée (Ca1 et Ca2) | 7,2 / 5,3 | | |
| Craie saine | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine, peu perméable**

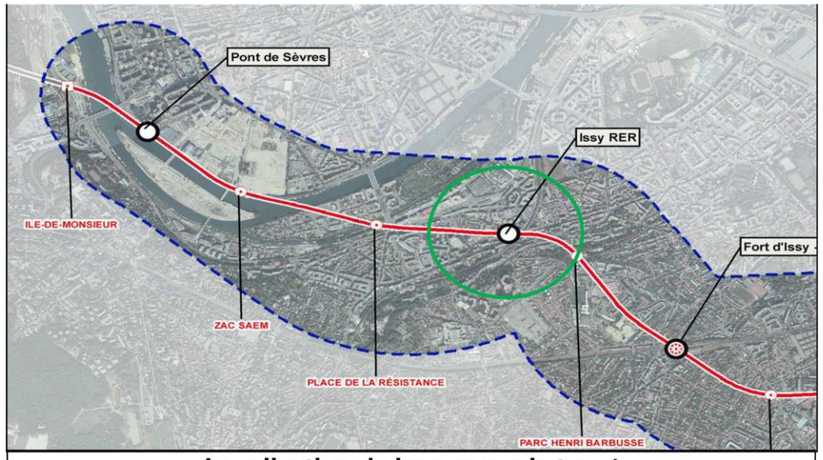
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine | HE : + 28 m NGF | 20,3 m |

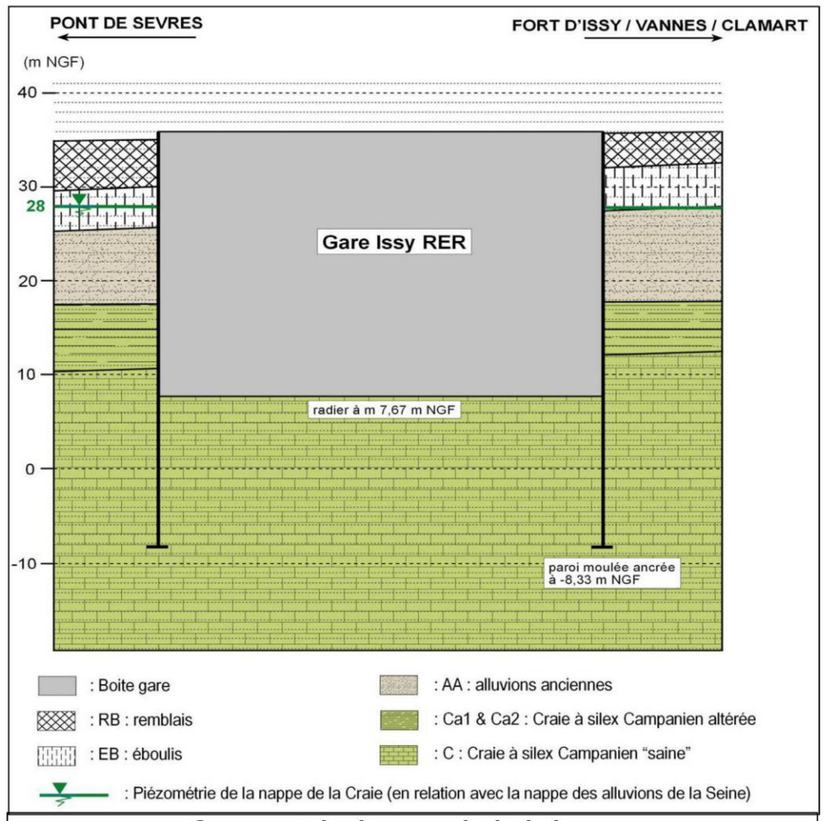
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux ($m^3$/h) | En phase définitive ($m^3$/h) |
|---|---|
| 31,4 m3/h | 0,1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 25,6 semaines |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 7

# Fort Issy / Vanves / Clamart

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 76,2 m NGF | **Cote de la base du radier** | 44,82 m NGF |

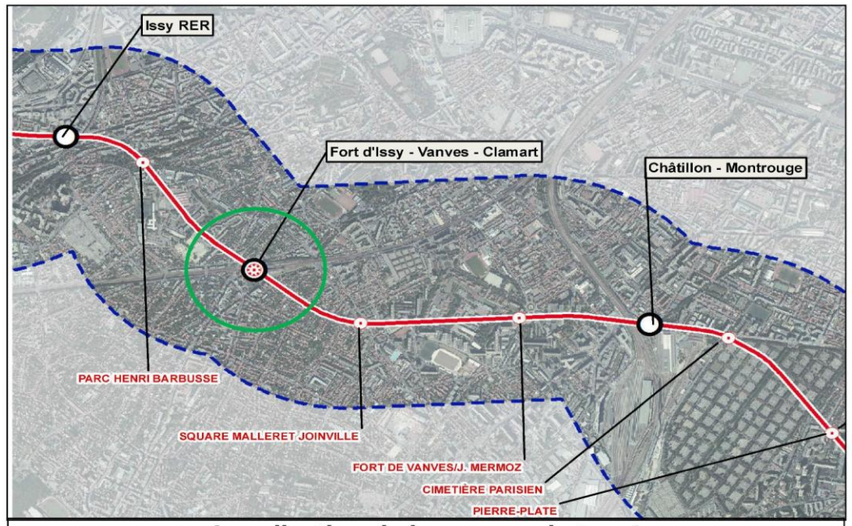
| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| mblais (de comblement d'anciennes carrièr | 15 à 18 | Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien) | + 61 m NGF |
| Calcaire Grossier | 3 à 5 | | |
| Argiles Plastiques | 6 | Nappe du Montien et de la Craie | + 40 m NGF |
| Marnes de Meudon | 10 | | |
| Craie saine | - | | |

| SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT |
|---|
| **Fond de fouille ancré dans les Marnes de Meudon, 5 mètres au-dessus du niveau statique de la nappe contenue dans ces formations.<br>Paroi moulée ancrée mécaniquement dans la Craie saine peu perméable.** |

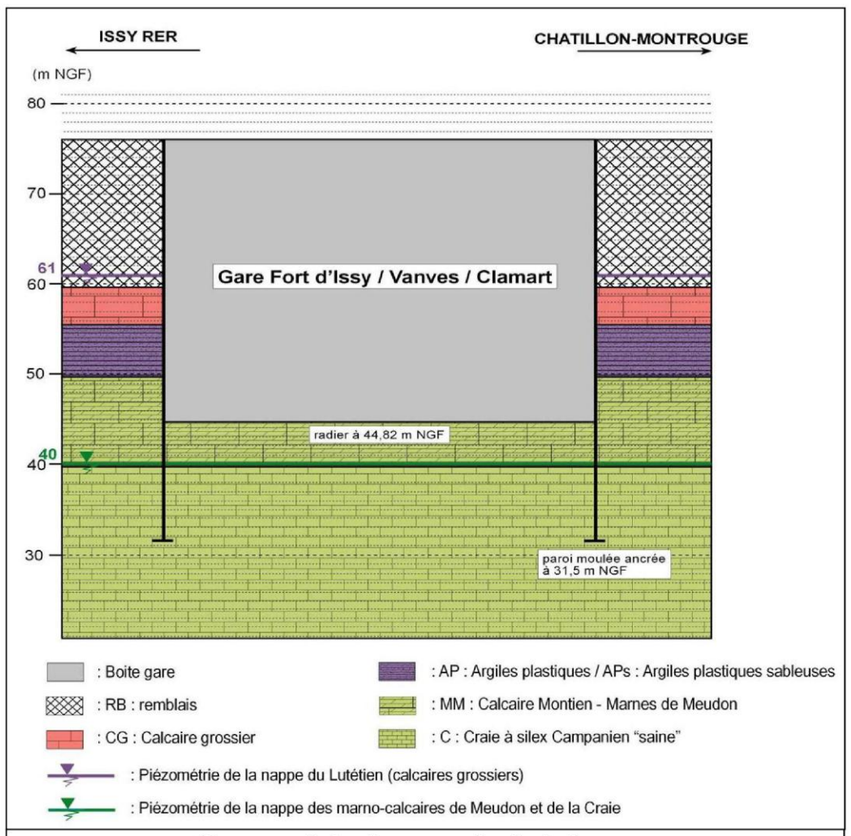
| EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES | | |
|---|---|---|
| **Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux** | **Niveau de la nappe** | **Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)** |
| Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie | 40 m NGF | Niveau statique sous le fond de fouille mais risque de remontée par drainance verticale |

| Débit de pointe à prévoir | |
|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** |
| **4 m3/h** | **<1 m3/h** |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | **47,85 semaines** |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 10

# Chatillon-Montrouge

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 76,49 m NGF à l'ouest<br>77,57 m NGF à l'est | **Cote de la base du radier** | 40,97 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Sables de Beauchamp | 1,5 | Nappe du Lutétien | + 53 à 56 m NGF |
| Marnes et Caillasses | 8,5 | | |
| Calcaire Grossier | 22 | | |
| Fausses Glaisses | 1,5 | Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie | + 29 m NGF |
| Argiles plsatiques | 9,5 | | |
| Marnes de Meudon | 5,5 | | |
| Craie | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**L'ancrage du fond de fouille dans la formation peu perméable des Argiles Plastiques (AP) ainsi que les parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine peu perméable permettront de limiter le débit résiduel en phase chantier.**

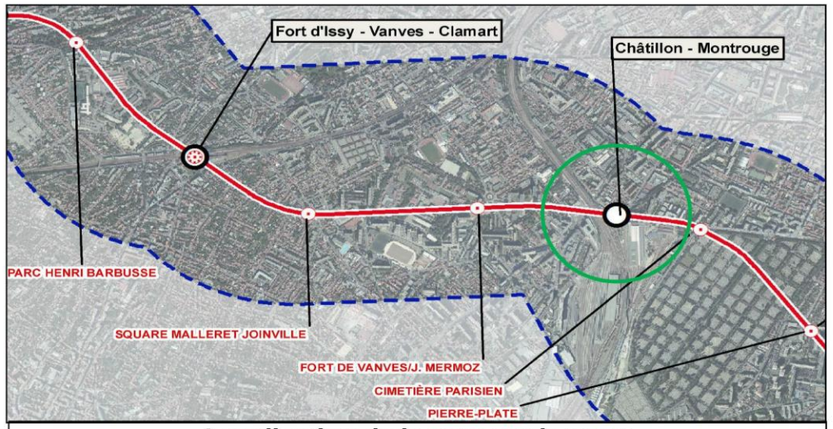
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Fond de fouille ancré dans les Argiles Plastiques (AP) constituant le mur de la nappe du Lutétien | - | - |

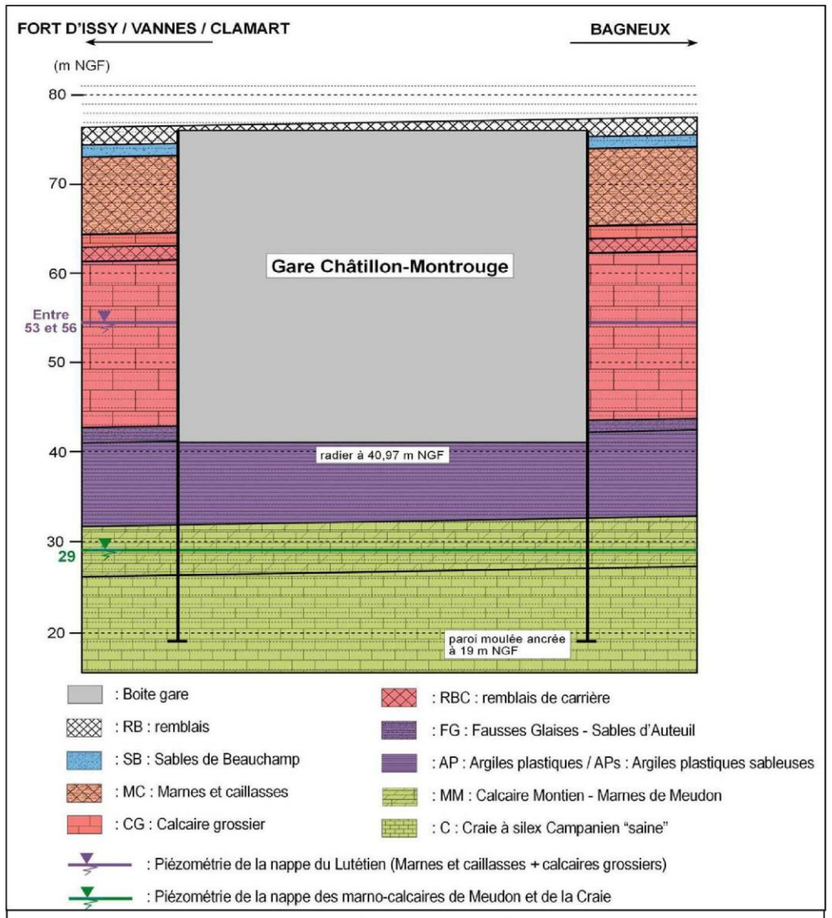
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 4 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 30,7 semaines |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 13
## Bagneux

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 82,3 m NGF | **Cote de la base du radier** | 38,5 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 1,5 | Nappe de l'Eocène supérieur | + 69 m NGF |
| Marno-calcaire de Saint-Ouen | 8,5 | | |
| Sables de Beauchamp | 3 | | |
| Marnes et Caillasses | 10 | Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien) | + 53 m NGF |
| Calcaire Grossier | 19 | | |
| Fausses Glaises | 2 | | |
| Argiles Plastiques | 11 | Nappe du Montien et de la Craie | + 28 m NGF |
| Marnes de Meudon | 10 | | |
| Craie | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**L'ancrage du fond de fouille dans la formation peu perméable des Argiles Plastiques ainsi que les parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine peu perméable permettront de limiter le débit résiduel en phase chantier.**

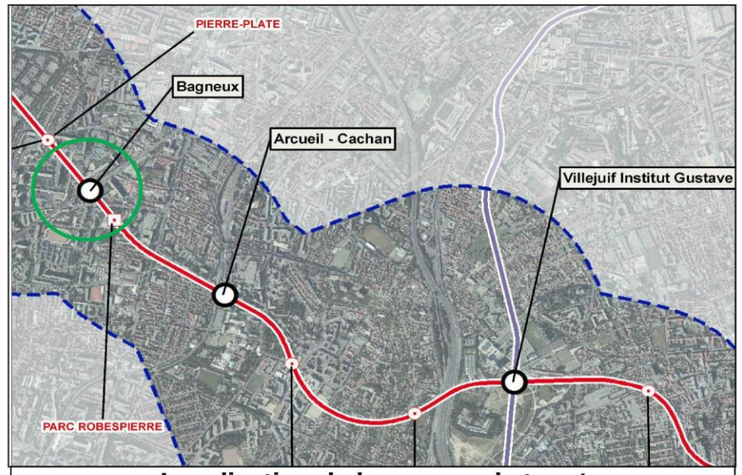
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Fond de fouille ancré dans les Argiles Plastiques (AP) constituant le mur de la nappe du Lutétien | - | - |

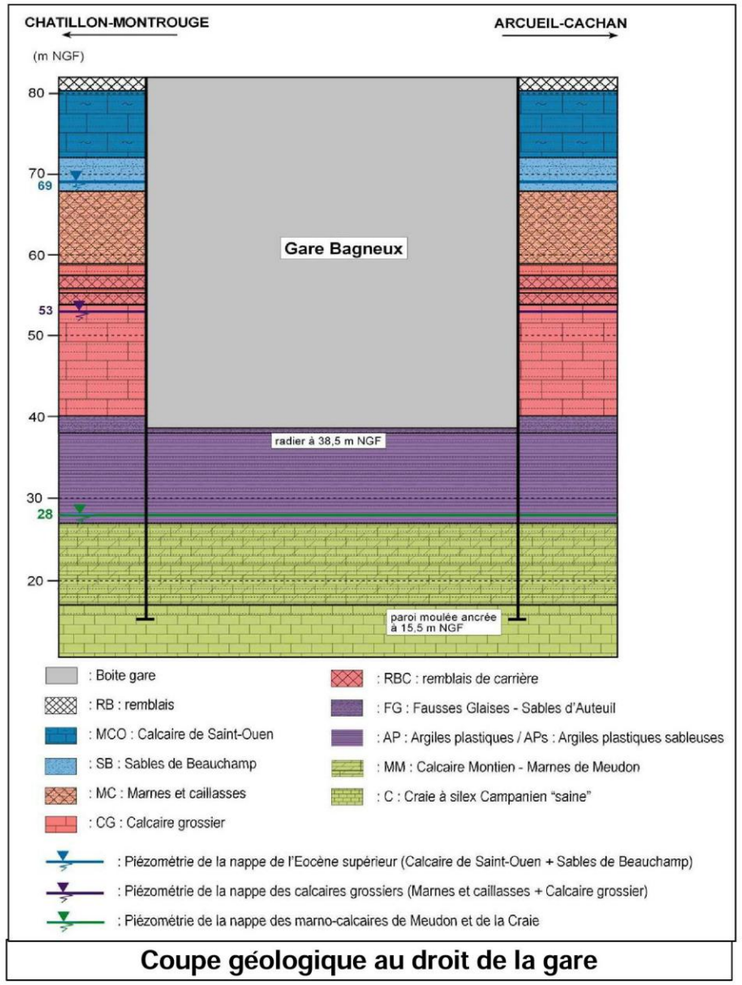
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 4 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 34,71 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 15
# Arcueil-Cachan

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 59 m NGF | **Cote de la base du radier** | 28,4 m NGF (+ 0,5 m de vide sanitaire) |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 8 | Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien) | + 40 à + 44 m NGF |
| Remblais de Calcaire Grossier | 11 | | |
| Calcaire Grossier | 5 | | |
| Fausses Glaises | 3 | Nappe du Montien et de la Craie | + 30,5 m NGF |
| Argiles Plastiques | 13,5 | | |
| Marnes de Meudon | 13,5 | | |
| Craie | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées dans le marno-calcaire de Meudon ; l'horizon peu perméable des Argiles Plastiques, présent sous le fond de fouille, limite les remontées d'eau.**

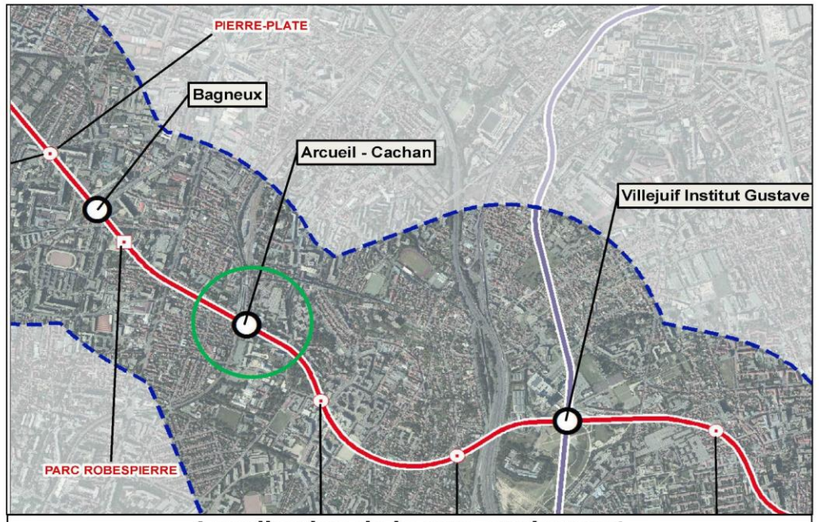
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| La formation peu perméable des Argiles Plastiques (AP) dans laquelle est ancrée le fond de fouille constitue le mur de la nappe du Lutétien. | - | - |

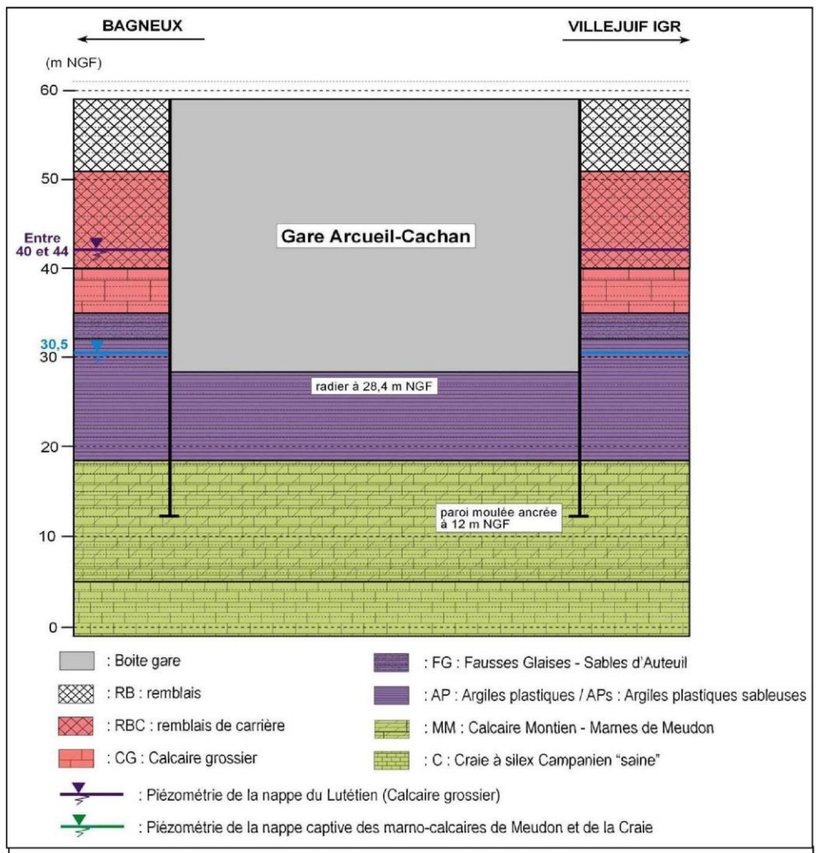
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 5 m3/h | 1,4 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 26 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 18
# Villejuif IGR

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 120 m NGF | **Cote de la base du radier** | 70,5 m NGF et 66,6 m NGF sous la ligne rouge |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 16 | Nappe des Sables de Fontainebleau | + 105 m NGF |
| Sables de Fontainebleau | 1 | | |
| Marnes à Huitres | 2 | Nappe du Calcaire de Brie | + 98m NGF |
| Calcaire de Brie | 4 | | |
| Argiles vertes | 7 | | |
| Marnes de Pantin | 4 | Nappe des Marnes supra-gypseuses | + 89 m NGF |
| Marnes d'Argenteuil | 12 | | |
| Masses et Marnes du Gypse | 18 | Nappe des Masses et Marnes du Gypse | + 62 m NGF |
| Marnes infragypseuses | 4 | | |
| Marno-calcaire de Saint-Ouen | 10 | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Fond de fouille ancré dans les Masses et Marnes du Gypse.**
**Parois moulées ancrées dans les Marnes d'Argenteuil peu perméables et prolongement par une paroi en béton coffré sous la paroi moulée dans les Masses et Marnes du Gypse.**

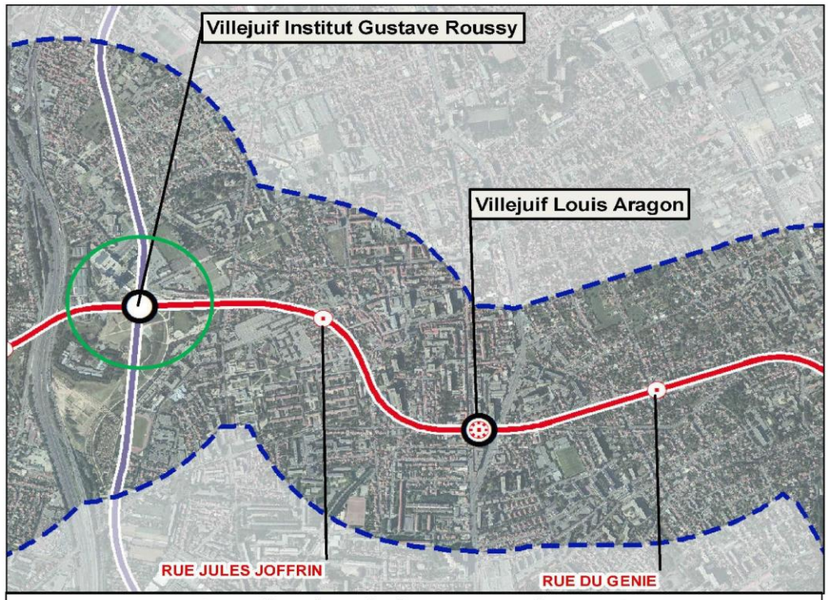
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe des masses et marnes du gypse | 62 m NGF | Niveau statique sous le fond de fouille mais risque de remontée par drainance verticale |

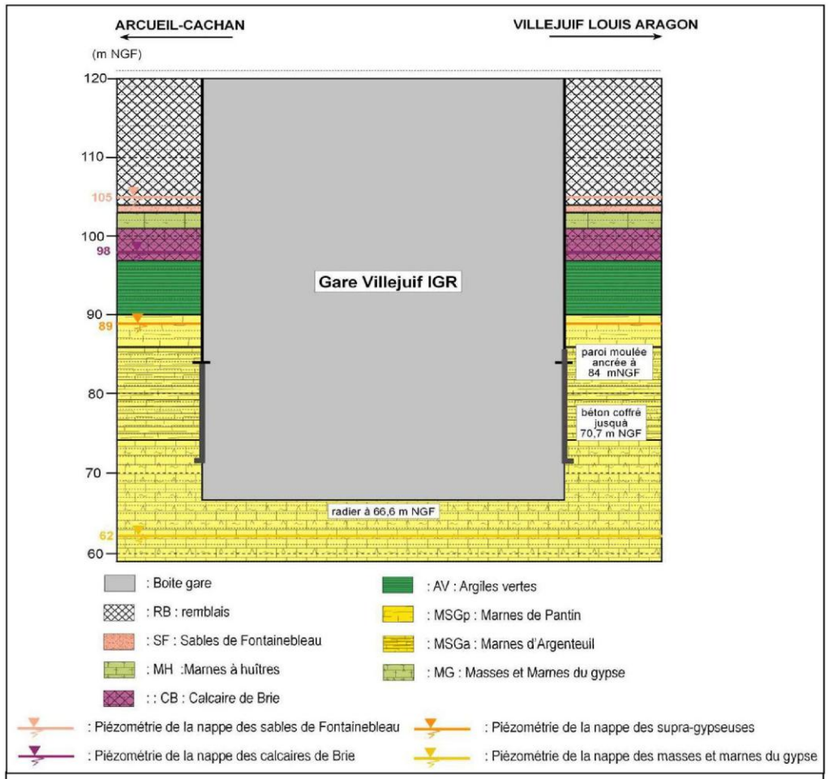
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 4 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 95,7 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

## FICHE DE SYNTHESE N° 20
# Villejuif Louis Aragon

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 98,7 m NGF | **Cote de la base du radier** | 64,2 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 1 | Nappe des Calcaires de Brie | + 95 m NGF |
| Sables de Fontainebleau | 2 | | |
| Calcaire de Brie | 6 | | |
| Argiles vertes | 7 | | |
| Marnes de Pantin | 5 | Nappe des Marnes supra-gypseuses | + 85 m NGF |
| Marnes d'Argenteuil | 10 | | |
| Masses et Marnes du Gypse | - | | |
| Marnes infragypseuses | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Paroi moulée ancrée mécaniquement dans l'horizon Masses et Marnes du Gypse.**
**Cet horizon très peu perméable permet de limiter les débits résiduels.**

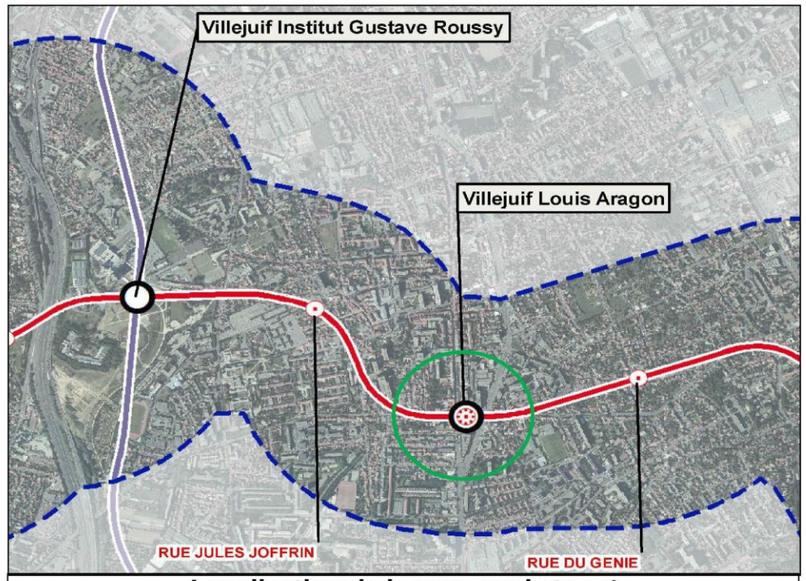
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe potentiellement contenue dans les masses et marnes du gypse (pas de niveau d'eau recensé au droit de la gare) | - | - |

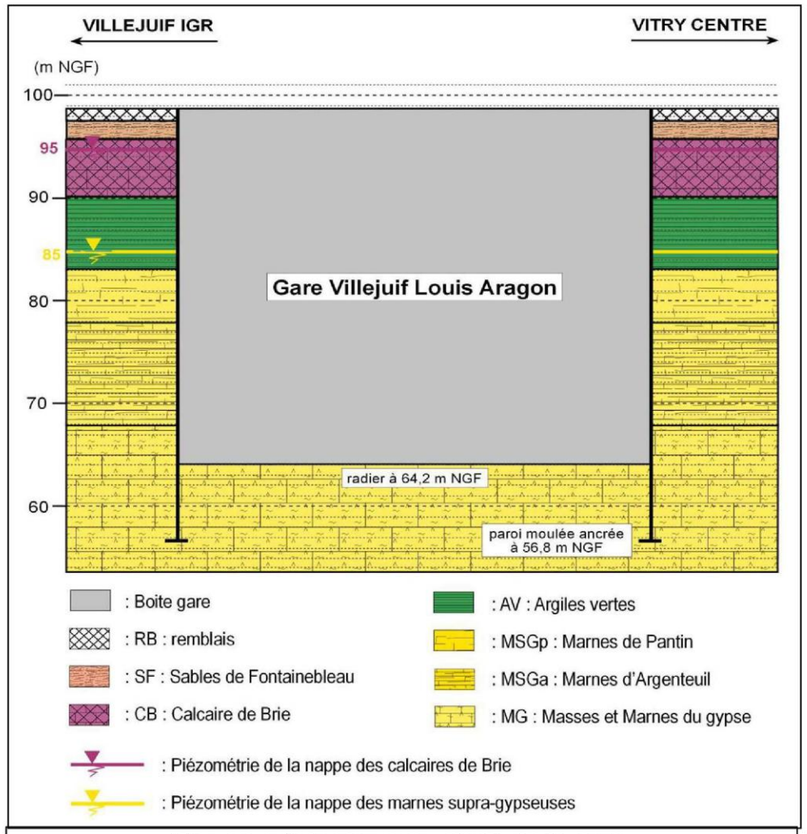
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 4 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet au réseau | Rejet au réseau | 47,8 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 22
## Vitry Centre

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 51,5 m NGF | **Cote de la base du radier** | 20,97 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 2,6 | Nappe alluviale | + 41 m NGF |
| Alluvions anciennes | 10,2 | | |
| Masses et Marnes du Gypse | 15 | Nappe des masses et marnes du Gypse | + 37,1 m NGF |
| Calcaires de Saint-Ouen | 9 | | |
| Sables de Beauchamp | 4,1 | Nappe de l'Eocène supérieur | + 30,9 m NGF |
| Marnes et Caillasses | 13,1 | | |
| Calcaire Grossier | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées à 5 m NGF dans le toit des Marnes et Caillasses de perméabilité réduite (radier injecté dans les Marnes et Caillasses en provision pour risque).**

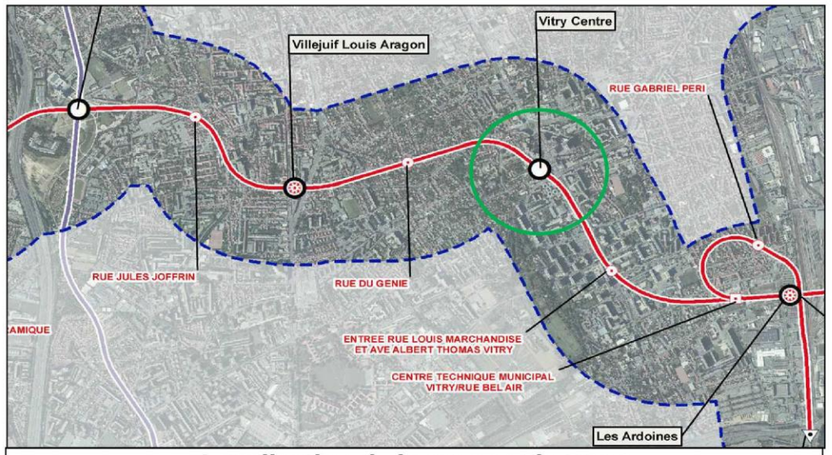
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe de l'Eocène supérieur (MCO, SB) | 30,9 m NGF | 20,5 m NGF (H = 10 m) |

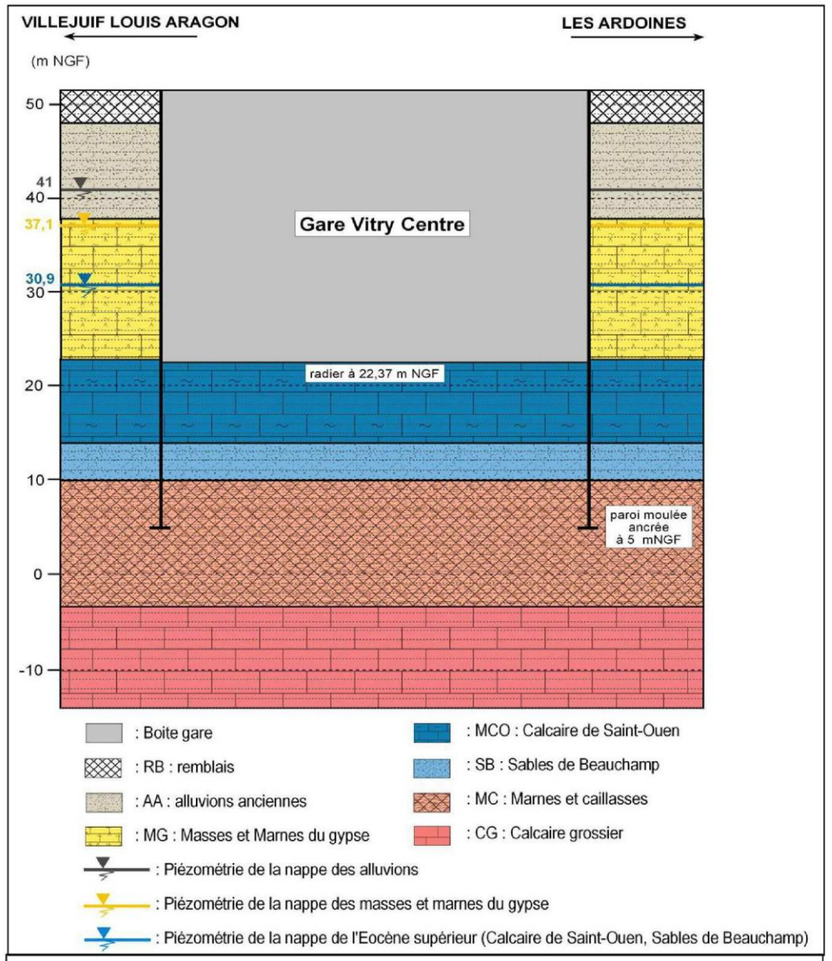
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| **200 m3/h** | **8,3 m3/h** |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | **80 semaines** |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 26
# Les Ardoines

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 33,5 m NGF | **Cote de la base du radier** | 7,20 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 3,1 | Nappe alluviale | + 30,9 m NGF |
| Alluvions anciennes | 8 | | |
| Calcaires de Saint-Ouen | 15,7 | Nappe de l'Eocène supérieur | + 30,8 m NGF |
| Sables de Beauchamp | 4,7 | | |
| Marnes et Caillasses | 14,8 | Nappe du Lutétien | + 30,7 m NGF |
| Calcaire Grossier | | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées dans le Calcaire Grossier à -14 m NGF prolongées par une jupe injectée jusqu'à -28 m NGF et un fond injecté de 5 m d'épaisseur (-23 à -28 m NGF).**

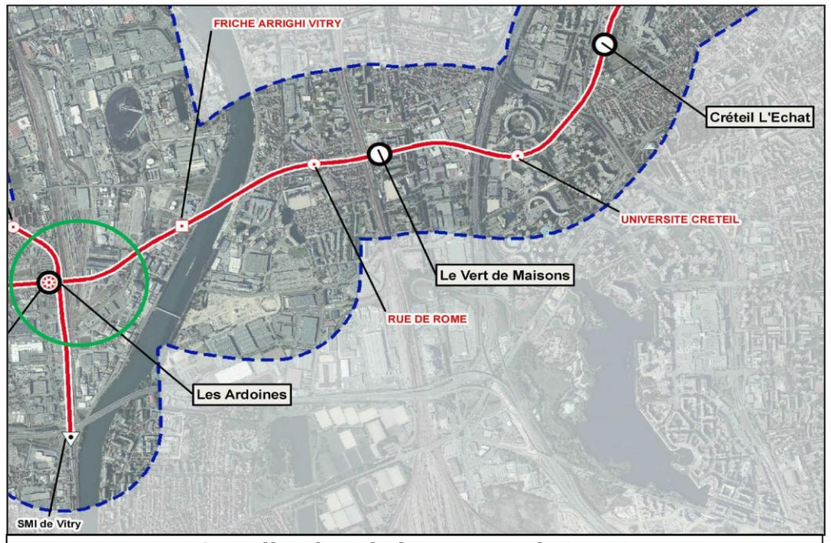
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe des calcaires grossiers (probablement en relation avec la nappe des alluvions et de l'Eocène supérieur au regard de la faible épaisseur des Sables de Beauchamp, horizon peu perméable séparant les deux nappes ) | 30,7 m NGF | 4,5 m NGF (H = 26,2 m) |

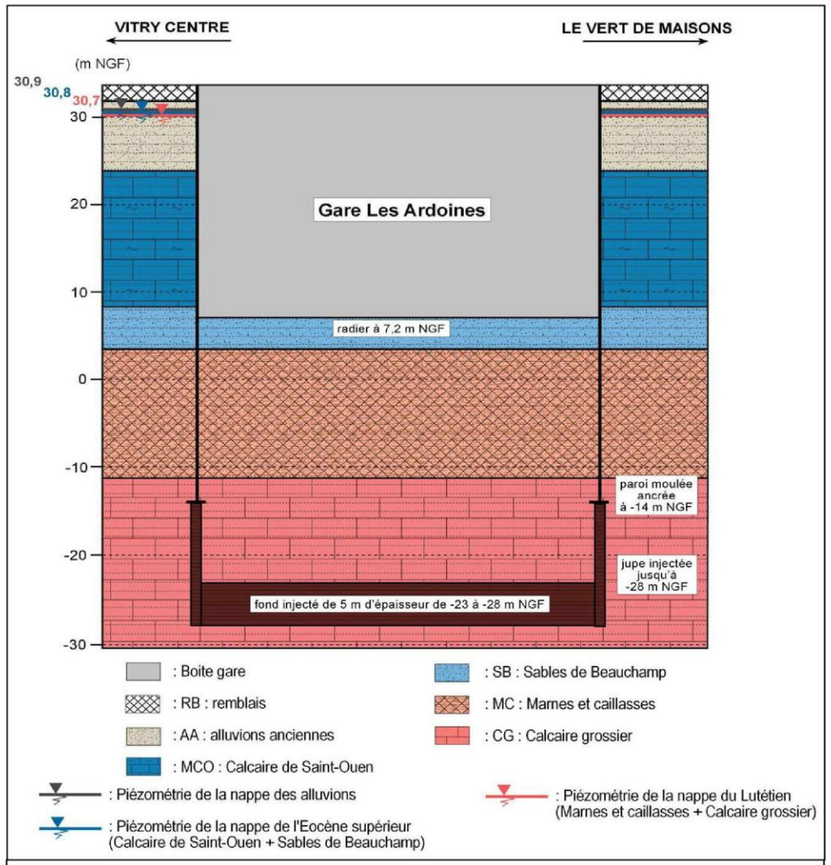
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 250 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | 117 semaines |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 29
# Le Vert de Maisons

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 35 m NGF | **Cote de la base du radier** | -7,43 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 4,2 | Nappe alluviale | + 29,3 m NGF |
| Alluvions modernes | 0,4 | | |
| Alluvions anciennes | 7,1 | | |
| Calcaires de Saint-Ouen | 12,6 | Nappe de l'Eocène supérieur | |
| Sables de Beauchamp | 4,5 | | |
| Marnes et Caillasses | 11,9 | Nappe du Lutétien | + 29,1 m NGF |
| Calcaire Grossier | 25 | | |
| Argiles Plastiques | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées dans les calcaires grossiers prolongées par une jupe injectée jusqu'à l'horizon peu perméable du Spanacien, à environ -30 m NGF.**

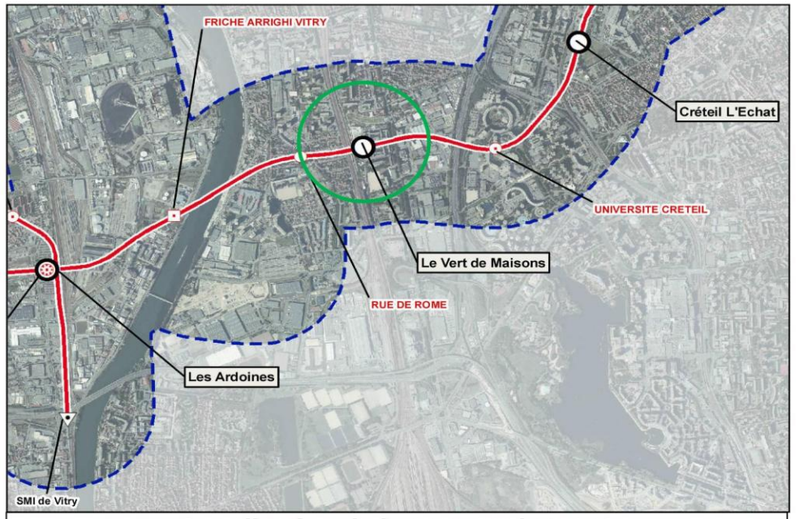
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe des calcaires grossiers (probablement en relation avec la nappe des alluvions et de l'Eocène supérieur au regard de la faible épaisseur des Sables de Beauchamp, horizon peu perméable séparant les deux nappes ) | 29,1 m NGF | -8 m NGF (H = 37 m) |

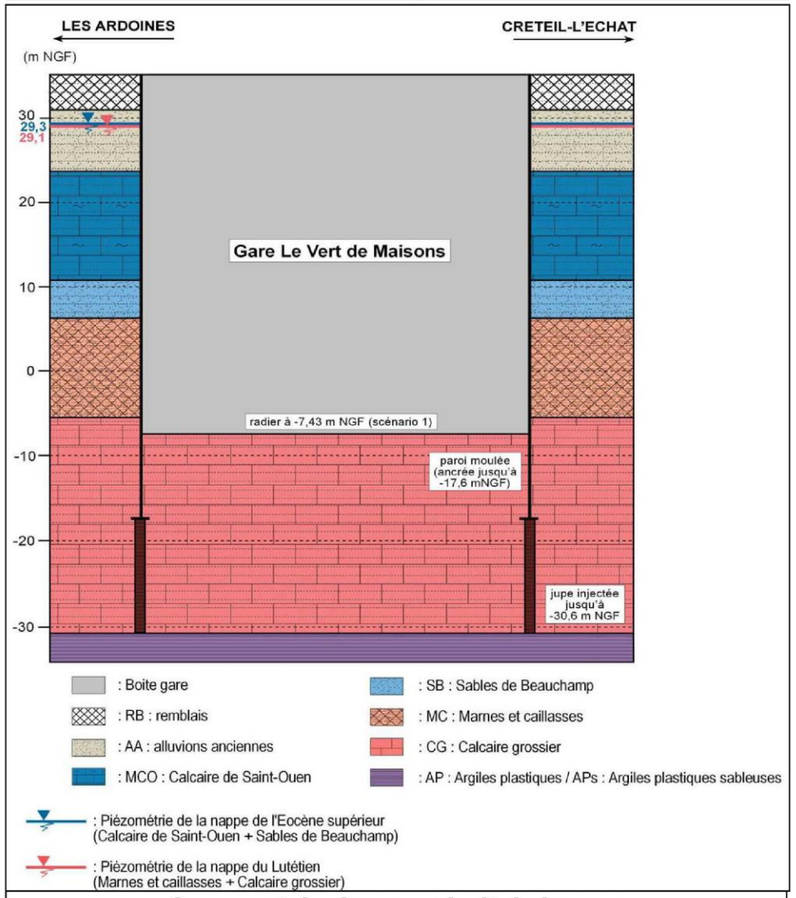
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 300 m3/h | 14,5 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EU ou rejet en eau de surface | Rejet au réseau | 137 semaines |




Localisation de la gare sur le tracé




Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 31
# Créteil l'Echat

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 37 m NGF | **Cote de la base du radier** | 11,8 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 10,7 | Nappe alluviale | + 30,7 m NGF |
| Alluvions anciennes | 2,3 | | |
| Calcaires de Saint-Ouen | 0,6 | Nappe de l'Eocène supérieur | |
| Sables de Beauchamp | 4,1 | | |
| Marnes et Caillasses | 16 | Nappe du Lutétien | + 30,6 m NGF |
| Calcaire Grossier | 25 | | |
| Argiles Plastiques | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Parois moulées ancrées dans le Calcaire Grossier à -1,3mNGF avec une jupe injectée de 2 m d'épaisseur jusqu'à -12mNGF et un fond injecté de 5 m d'épaisseur (de -7 à -12mNGF).**

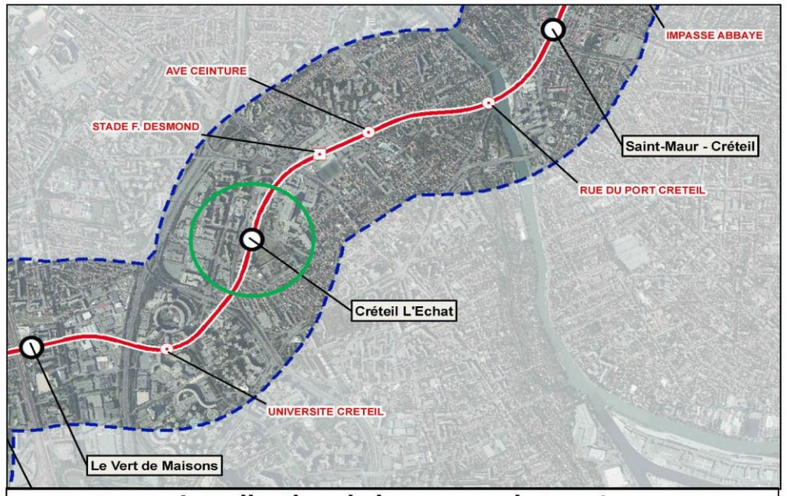
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe des calcaires grossiers (en relation avec la nappe des alluvions) | 30,6 m NGF | 11,5 m NGF (H = 19 m) |

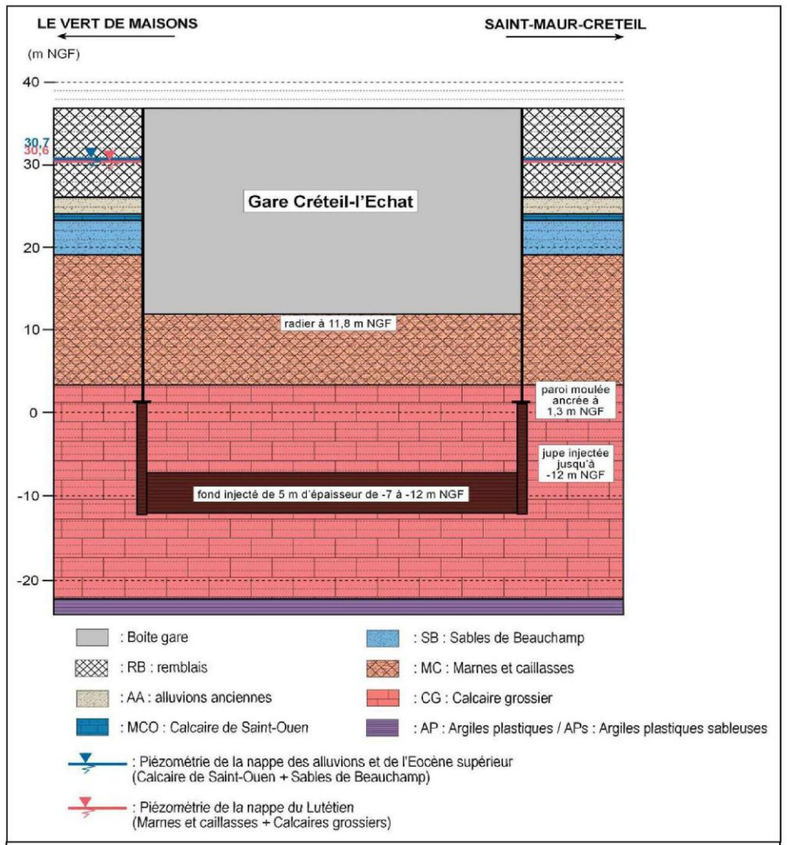
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 250 m3/h | 6,5 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | 68 semaines |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 35
## Saint-Maur-Créteil

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 38 m NGF | **Cote de la base du radier** | -19,6 m NGF (scénario gare profonde) |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 2,3 | Nappe alluviale | + 31,2 m NGF |
| Alluvions anciennes | 6 | | |
| Fausses Glaises | 2,5 | | |
| Argiles Plastiques | 22,8 | | |
| Marno-calcaires du Montien | 4,5 | Nappe du Montien et de la Craie | + 27,3 m NGF |
| Craie campanienne altérée | 5,7 | | |
| Craie campanienne saine | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Fond de fouille et parois moulées ancrées dans la Craie saine peu perméable**

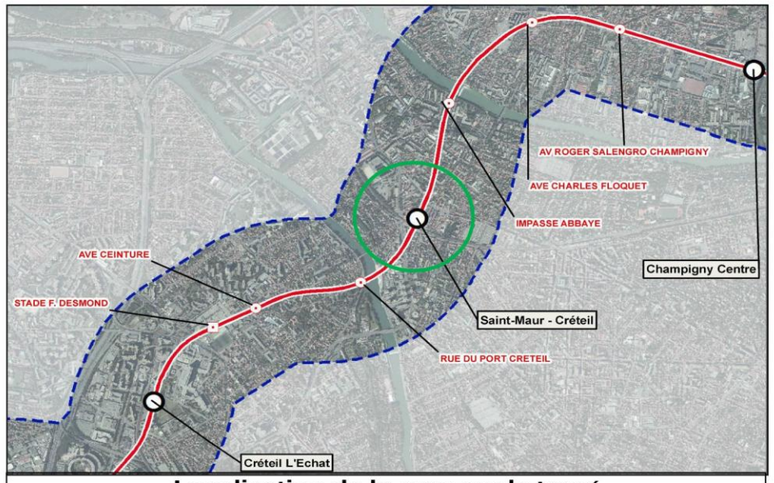
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie (scénario gare profonde) | 27,3 m NGF | -20 m NGF<br>H = 47 m (scénario gare profonde) |

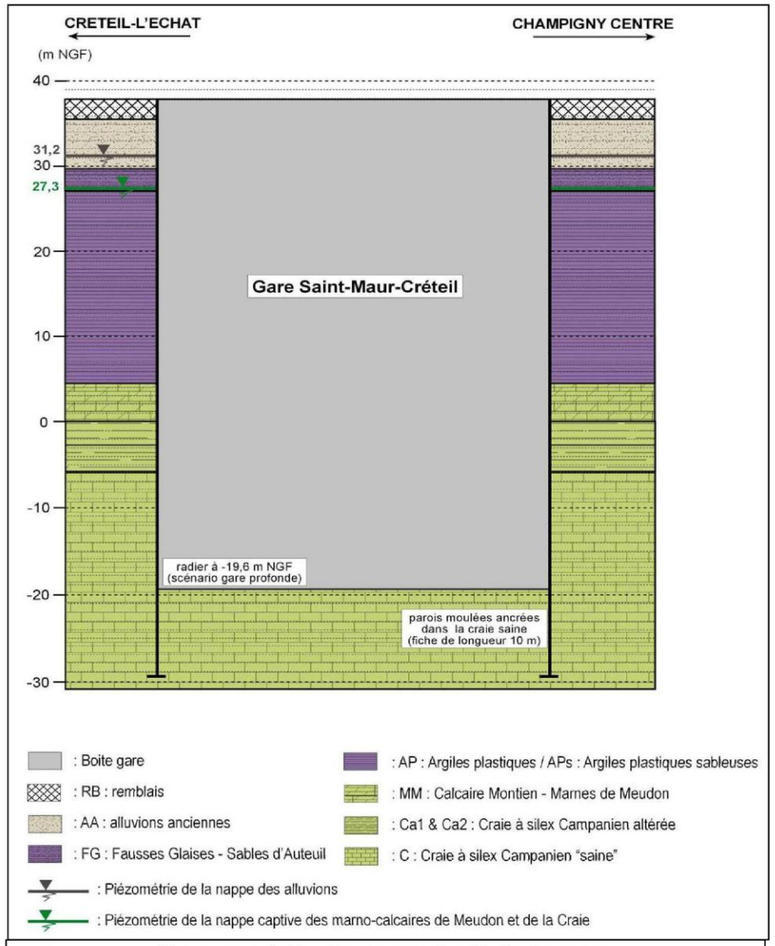
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| 250 m3/h | <1 m3/h (scénario gare profonde) |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EU ou rejet en eau de surface | Rejet au réseau | 77 semaines |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 39
# Champigny Centre

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | 38,22 m NGF | **Cote de la base du radier** | 14,1 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 10,7 | Nappe du Lutétien | + 33,1 m NGF |
| Alluvions anciennes | 2,3 | | |
| Calcaires Grossiers | 0,6 | | |
| Fausses Glaises | 4,1 | | |
| Argiles Plastiques | 16 | Nappe du Montien et de la Craie | + 27,3 m NGF |
| Marno-calcaires du Montien | 25 | | |
| Craie campanienne | - | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Les formations peu perméables des Fausses Glaises (FG) et des Argiles Plastiques (AP) dans lesquelles sont ancrés respectivement le fond de fouille et les parois moulées permettront de limiter les débits résiduels en phase chantier.**

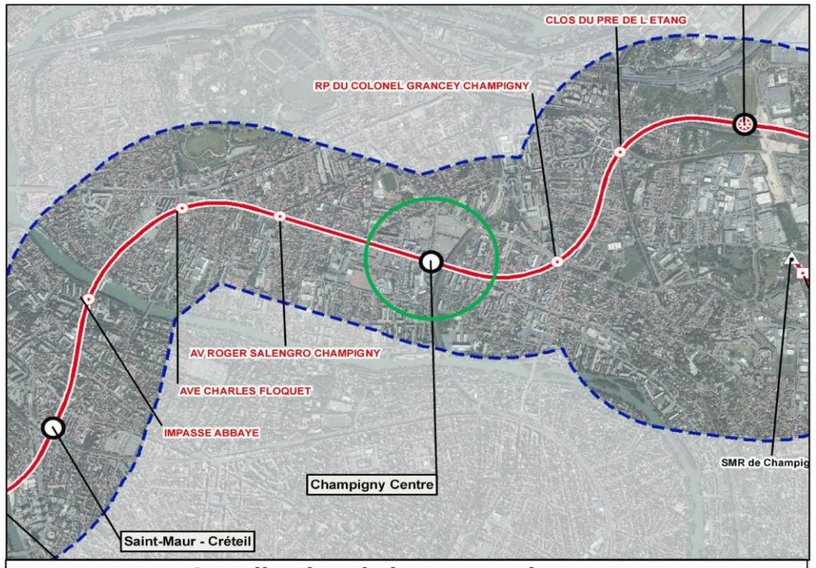
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Fond de fouille ancré dans les Fausses Glaises (FG) constituant le mur de la nappe du Lutétien avec les Argiles Plastiques (AP) | - | - |

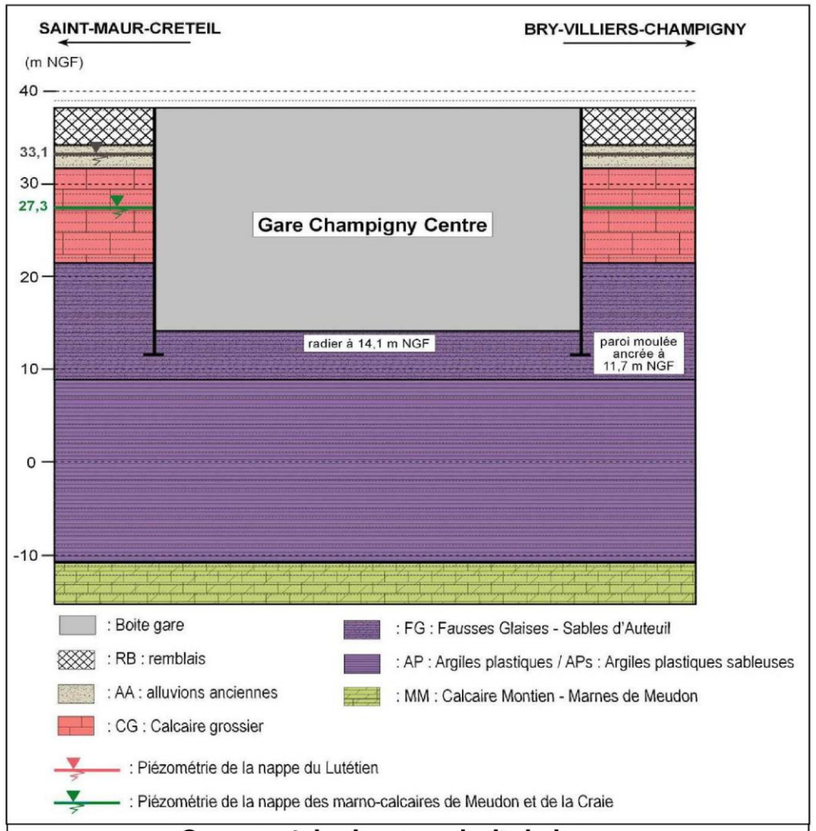
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| **< 1 m3/h** | **7,5 m3/h** |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | - |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

## FICHE DE SYNTHESE N° 44

# Bry-Villiers-Champigny

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | Entre 80 et 85 m NGF | **Cote de la base du radier** | Entre 54,94 et 57,5 mNGF selon le scénario |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 5,8 | Nappe des marnes supra-gypseuses | Nappe perchée probablement présente mais niveau non connu au droit de la gare |
| Manres de Pantin | 2,3 | | |
| Marnes d'Argenteuil | 6,4 | | |
| Calcaire de Champigny | 22,6 | | |
| Sables verts | 0,7 | Nappe de l'Eocène supérieur | + 57,2 m NGF |
| Calcaire de Saint-Ouen | 9,8 | | |
| Sables de Beauchamp | 6 | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Fond de fouille ancré dans le Calcaire de Champigny, au-dessus (solutions hautes) ou au-dessous (solutions basses) du niveau de la nappe.**
**Parois moulées ancrées dans le calcaire de Champigny.**

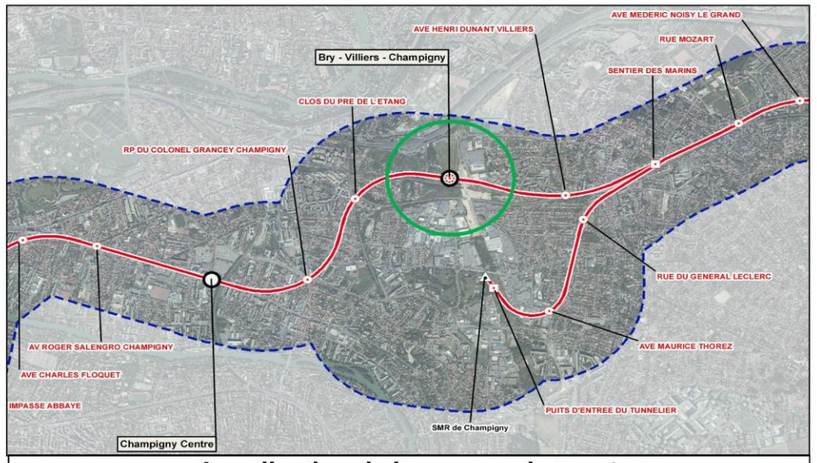
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| Nappe de l'Eocène supérieur | 57,2 m NGF | 0 à 2,26 m |

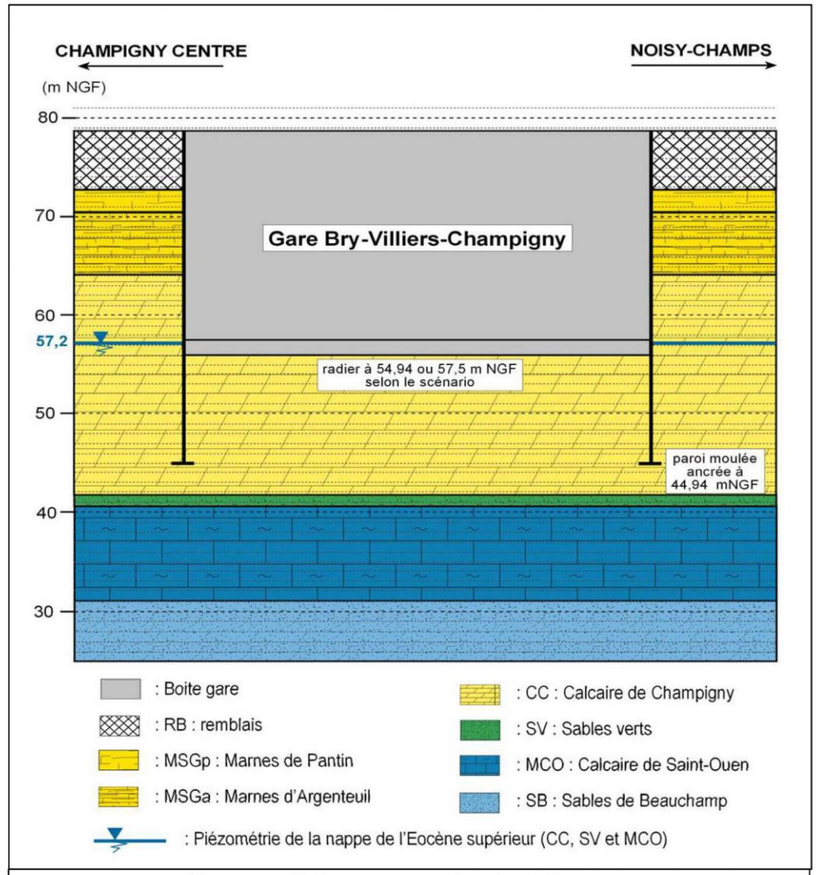
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux ($m^3/h$) | En phase définitive ($m^3/j$) |
|---|---|
| 80 m3/h | < 1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | - |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

BURGEAP

Société du Grand Paris

## FICHE DE SYNTHESE N° 53

# Noisy-Champs

| DONNEES CONSTRUCTIVES | | | |
|---|---|---|---|
| **Cote du TN** | Vers 96 m NGF | **Cote de la base du radier** | 71 m NGF |

| Géologie | | Hydrogéologie | |
|---|---|---|---|
| **Formation** | **Epaisseur (m)** | **Nappes concernées par le projet** | **Niveaux des nappes concernée** |
| Remblais | 5,8 | Nappe des marnes supra-gypseuses | Nappe perchée probablement présente mais niveau non connu au droit de la gare |
| Manres de Pantin | 2,3 | | |
| Marnes d'Argenteuil | 6,4 | | |
| Calcaire de Champigny | 22,6 | | |
| Sables verts | 0,7 | Nappe de l'Eocène supérieur | + 57,2 m NGF |
| Calcaire de Saint-Ouen | 9,8 | | |
| Sables de Beauchamp | 6 | | |

**SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT**

**Réalisation d'une paroi berlinoise et de deux rideaux de parois moulées dont la plus profonde est ancrée dans la formation des marnes d'Argenteuil**

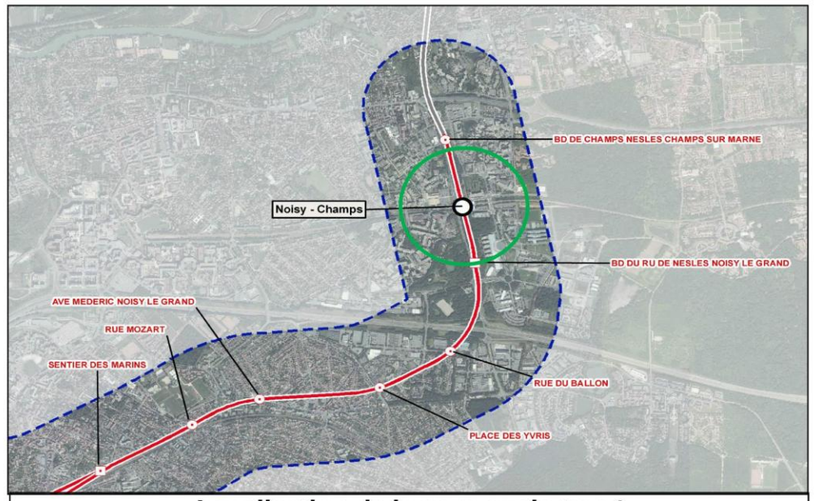
**EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES**

| Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux | Niveau de la nappe | Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée) |
|---|---|---|
| - | - | - |

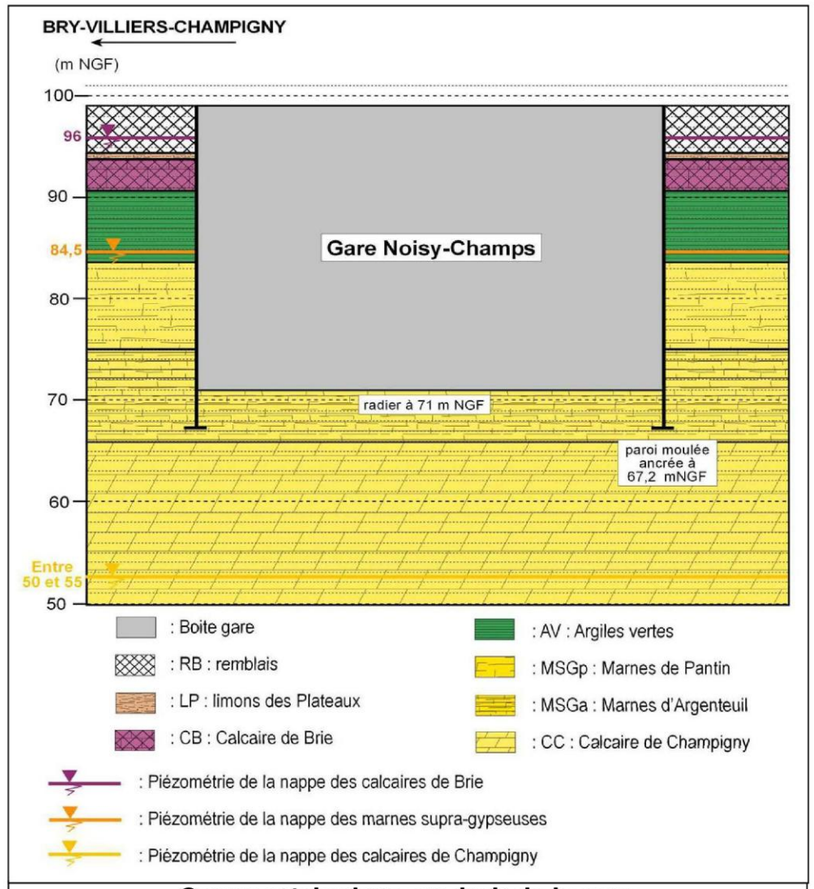
**Débit de pointe à prévoir**

| En phase travaux | En phase définitive |
|---|---|
| < 1 m3/h | <1 m3/h |

| Solution de rejet privilégiée | | Durée de pompage en phase travaux |
|---|---|---|
| **En phase travaux** | **En phase définitive** | |
| Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel | Rejet au réseau | - |




**Localisation de la gare sur le tracé**




**Coupe géologique au droit de la gare**

## Caractéristiques des ouvrages annexes

| Code | Nom de l'ouvrage | Commune | Type d'ouvrage | Cote du TN (m NGF) | Cote du radier (face supérieure) | Cote du fond de fouille (m NGF) | Gare de référence pour la coupe géologique | Formation d'ancrage du fond de fouille | Cote ancrage paroi moulée (m NGF) | Formation d'ancrage des parois moulées | Nappes traversées | Nappe concernée | Niveau de nappe (EB en m NGF) | Abaissement du niveau piézométrique | Débit de pointe estimé | | Durée de prélèvement (en semaine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Phase travaux (en $m^3/h$) | Phase définitive (en m3/j) | |
| **2301P** | Ile de Monsieur (OA13) | SEVRES | Puits d'attaque tunnelier et OA à terme | 30.2 | -1.72 | -3.2 | Pont-de-Sèvres | Craie saine | -25 | Craie saine | Alluvions sur Craie | Alluvions sur Craie | 27.6 | 30.8 | 25.1 | 16 | 17.4 |
| **2203P** | ZAC SAEM (OA12) | BOULOGNE-BILLANCOURT | Puits de ventilation | 31 | -8.52 | -10.5 | Pont-de-Sèvres | Craie saine | | Craie saine | Alluvions sur Craie | Alluvions sur Craie | 28.2 | 38.7 | 8 | 6 | 158.8 |
| **2201P** | Place de la Résistance (OA10) | ISSY-LES-MOULINEAUX | Puits de ventilation | 31 | -5.66 | -7.6 | Pont-de-Sèvres | Craie saine | | Craie saine | Alluvions sur Craie | Alluvions sur Craie | 28.2 | 35.8 | 4.5 | 4 | 161.3 |
| **2101P** | Parc Henri Barbusse (OA9) | ISSY-LES-MOULINEAUX | Puits de ventilation | 76.3 | 12.9 | 10.4 | Issy RER / Fort d'Issy | Craie saine | | Craie saine | Lutétien Craie | Craie | 27.64 | 17.2 | 3 | 38 | 195.5 |
| **2002P** | Square Malleret - Joinville (OA8) | MALAKOFF | Puits de ventilation | 76.3 | 25.2 | 24.05 | Fort d'Issy | Craie saine | 19.05 | Craie saine | Lutétien Craie | Craie | 27.64 | 4 | 4 | 65 | 8.7 |
| **2001P** | Fort de Vanves (OA7) | MALAKOFF | Puits de voie d'évitement | 85.45 | 33.5 | 32.31 | Bagneux | Argiles plastiques sableuses | 27.51 | Argiles plastiques sableuses | Lutétien (CG) | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (58,75 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie (28,5 mNGF).<br>Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 4 | 31 | 8.7 |
| **1902P** | Cimetière parisien de Bagneux (OA6) | BAGNEUX | Puits de ventilation | 80 | 38.7 | 37.5 | Bagneux | Argiles Plastiques | 32.5 | Marno-calcaire de Meudon | Lutétien (CG) | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (54,21 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie.<br>Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 5.5 | 18 | 73 |
| **1901P** | La pierre Plate (OA5) | BAGNEUX | Puits de ventilation | 84.44 | 33.52 | 32.32 | Bagneux | Marno-calcaire de Meudon | 27.52 | Marno-calcaire de Meudon | Marno-calcaire de Saint-Ouen / sables de Beauchamp Lutétien | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré sous le mur de la nappe du Lutétien (56,42 mNGF) et au-dessus du niveau piézométrique de la nappe contenue dans les formations du Montien et de la Craie.<br>Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 14 | 51 | 91 |

| Code | Nom de l'ouvrage | Commune | Type d'ouvrage | Cote du TN (m NGF) | Cote du radier (face supérieure) | Cote du fond de fouille (m NGF) | Gare de référence pour la coupe géologique | Formation d'ancrage du fond de fouille | Cote ancrage paroi moulée (m NGF) | Formation d'ancrage des parois moulées | Nappes traversées | Nappe concernée | Niveau de nappe (EB en m NGF) | Abaissement du niveau piézométrique | Débit de pointe estimé | | Durée de prélèvement (en semaine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Phase travaux (en $m^3/h$) | Phase définitive (en m3/j) | |
| **1801P** | Parc Robespierre (OA4) | BAGNEUX | Puits de ventilation et puits d'attaque tunnelier | 83 | 37.21 | 34.71 | Bagneux | Argiles Plastiques | 16.71 | Marno-calcaire de Meudon | Marno-calcaire de Saint-Ouen / sables de Beauchamp Lutétien Craie | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (53,35 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie (32,09 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 4 | 7 | 26 |
| **1702P** | Square Général de Gaulle (OA3) | CACHAN | Puits de ventilation | 45.8 | 12.38 | 11.18 | Arcueil - Cachan | Argiles Plastiques | 6.38 | Argiles Plastiques | Lutétien (CG) | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (40,09 m NGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 5.5 | 59 | 99 |
| **1701P** | Jardin panoramique (OA2) | CACHAN | Puits de ventilation | 97 | 46.2 | 40 | Villejuif Louis Aragon | Marnes infragypseuses | 40 | Marno-calcaire de Saint-Ouen | Alluvions Marnes supra-gypseuses Marno-calcaire de Saint-Ouen | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré au-dessus du niveau piézométrique de la nappe contenue dans les formations des marno-calcaire de Saint-Ouen. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 4 | 25 | 8.7 |
| **1601P** | J. Joffrin (OA1) | VILLEJUIF | Puits de ventilation | 110 | 63.86 | 62.66 | Villejuif Louis Aragon | Masses et Marnes du Gypse | 57.86 | Masses et Marnes du Gypse | Sables de Fontainebleau / Calcaire de Brie Marnes supra-gypseuses | Le fond de fouille est ancré sous la cote du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses. Aucun niveau de nappe n'a été mis en évidence dans les masses et marnes du gypse au droit de l'ouvrage mais des venues d'eau sont probables. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | 11 | 67 | 94.7 |
| **1501P** | Rue Galiménat | VITRY-SUR-SEINE | Puits d'accès pompiers et rameau | 95.53 | 45.32 | 44.7 | Villejuif Louis Aragon | Masses et Marnes du Gypse | 24.75 | Marno-calcaire de Saint-Ouen / Masses et Marnes du Gypse | Calcaire de Brie Marnes supra-gypseuses Masses et Marnes du gypse | Masses et Marnes du gypse | 57.5 | 12.8 | 10 | 152.7 | 8 |
| **1402P** | Rue Louis Marchandise et Av. A. Thomas RD 5 (Terrain de boules) | VITRY-SUR-SEINE | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 43.94 | 2.55 | 1.25 | Les Ardoines | Marnes et caillasses | -16.52 | Calcaire Grossier | Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien | Lutétien | 30 | 28.75 | - | - | - |

| Code | Nom de l'ouvrage | Commune | Type d'ouvrage | Cote du TN (m NGF) | Cote du radier (face supérieure) | Cote du fond de fouille (m NGF) | Gare de référence pour la coupe géologique | Formation d'ancrage du fond de fouille | Cote ancrage paroi moulée (m NGF) | Formation d'ancrage des parois moulées | Nappes traversées | Nappe concernée | Niveau de nappe (EB en m NGF) | Abaissement du niveau piézométrique | Débit de pointe estimé | | Durée de prélèvement (en semaine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Phase travaux (en $m^3/h$) | Phase définitive (en m3/j) | |
| **1401P** | Centre technique municipal | VITRY-SUR-SEINE | Débranchement SMI devenant puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 35.33 | 6,67 à 8,3 | 4.78 | Les Ardoines | Sables de Beauchamp/Marnes et Caillasses | -26.16 | Calcaire Grossier | Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien | Marno-calcaire de Saint-Ouen | 29.7 | 24.92 | 17 | 53 | 87.4 |
| **1404S** | Accès secours - Rue L. Geoffroy (1404S) | VITRY-SUR-SEINE | Tunnel et entonnement | 34 | 6.68 | 13.2 | Les Ardoines | Calcaire de Saint-Ouen | 5.2 | Sables de Beauchamp | Alluvions Marno-Calcaire de Saint-Ouen | Marno-calcaire de Saint-Ouen | 30.3 | 17.1 | | | |
| **1302P** | Friche Arrighi | VITRY-SUR-SEINE | Puits d'attaque tunnelier et puits d'accès pompiers-ventilation | 36 | 0,47 à 2,1 | -1.67 | Le Vert-de-Maisons | Marnes et caillasses | -20 (jupe injectée jusqu'à -33 mNGF) | Calcaire Grossier | Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien | Lutétien | 29.2 | 30.87 | 200 | 175 | 31 |
| **1301P** | Rue de Rome | ALFORTVILLE | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 31.45 | -2.62 | -4.32 | Le Vert-de-Maisons | Calcaire Grossier | -9.08 | Calcaire Grossier | Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien | Lutétien | 29.3 | 33.62 | 79 | 175 | 7 |
| **1201P** | Université Créteil | CRETEIL | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 34 | 6.19 | 4,88 à 3,59 | Le Vert-de-Maisons | Marnes et caillasses | -1.12 | Marnes et caillasses | Alluvions Lutétien | Lutétien | 29.6 | 24,72 à 26,01 | 61 | 196.3 | 7 |
| **1103P** | Stade F. Desmond | CRETEIL | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 45.84 | 18.4 | 17,12 à 16,12 | Créteil-L'Echat | Calcaire Grossier | 11.12 | Calcaire Grossier | Alluvions Lutétien | Lutétien | 28.2 | 11,08 à 12,08 | 61 | 1 | 4 |
| **1102P** | Avenue Ceinture | CRETEIL | Puits d'accès pompiers et rameau | 45.9 | 17.19 | 15.62 | - | Calcaire Grossier | 10.59 | Calcaire Grossier | Alluvions Lutétien | Lutétien | 28.2 | 12.58 | non significatif | 65.5 | - |
| **1101P** | Rue du Port | CRETEIL | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 34.4 | 7.46 | 5.76 | Saint-Maur-Créteil | Argiles Plastiques | -4.24 | Craie | Alluvions sur Craie | Alluvions sur Craie | 26.9 | 21.14 | 44 | 281.8 | 5 |
| **1003P** | Impasse abbaye | SAINT-MAUR-DES-FOSSES | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 35.65 | 1.3 | -0.5 | Saint-Maur-Créteil | Marno-calcaire de Meudon | -8.55 | Marno-calcaire de Meudon | Alluvions sur Craie | Alluvions sur Craie | 26.9 | 27.4 | 65 | 346.8 | 7 |
| **1002P** | Rue Charles Floquet | JOINVILLE-LE-PONT | Puits d'accès pompiers et rameau | 41.35 | 6.85 | 5.78 | Champigny Centre | Argiles Plastiques | -1.22 | Argiles Plastiques | Alluvions Lutétien | Lutétien | 32.9 | 27.12 | - | - | - |
| **1001P** | Av. Roger Salengro | CHAMPIGNY-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 37,47 à 42 | 11.5 | 9.4 | Champigny Centre | Argiles Plastiques | 4.3 | Argiles Plastiques | Alluvions Lutétien | Lutétien | 32.9 | 23.5 | - | - | - |
| **0902P** | Rond-Point du Colonel Grancey | CHAMPIGNY-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 55 | 22.54 | 22,34 à 21,04 | Créteil-L'Echat | Calcaire Grossier | 17.34 | Calcaire Grossier | Lutétien | Lutétien | 32.4 | 10,06 à 11,36 | 70 | 152.4 | 3 |
| **0901P** | Clos du Pré de l'Etang | CHAMPIGNY-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 57.59 | 38.2 | 35.99 | Bry-Villiers-Champigny | Marnes et caillasses | 30.99 | Marnes et caillasses | Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien | Le fond de fouille de cet ouvrage est situé au-dessus du niveau piézométrique de la nappe du Lutétien (EB = 33,9 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | 173.3 | - |

| Code | Nom de l'ouvrage | Commune | Type d'ouvrage | Cote du TN (m NGF) | Cote du radier (face supérieure) | Cote du fond de fouille (m NGF) | Gare de référence pour la coupe géologique | Formation d'ancrage du fond de fouille | Cote ancrage paroi moulée (m NGF) | Formation d'ancrage des parois moulées | Nappes traversées | Nappe concernée | Niveau de nappe (EB en m NGF) | Abaissement du niveau piézométrique | Débit de pointe estimé | | Durée de prélèvement (en semaine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Phase travaux (en $m^3/h$) | Phase définitive (en m3/j) | |
| **0813S** | Rue du Pr. P. Millez (0813S) | CHAMPIGNY-SUR-MARNE | Puits d'attaque tunnelier (SMR) devenant puits d'accès pompiers | 93 | 69.9 | 69.3 | Bry-Villiers-Champigny | Calcaire de Champigny | 59.31 | Calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 61 m NGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | - | - |
| **0811S** | Av. M. Thorez | CHAMPIGNY-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 86.85 | 64.13 | 64,47 à 62,23 | Bry-Villiers-Champigny | Calcaire de Champigny | - | - | Calcaire de Champigny | Le fond de fouille de cet ouvrage est situé au-dessus du niveau piézométrique de la nappe des Calcaires de Champigny (EB = 57,8 m NGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | - | - |
| **0810S** | Rue du Général Leclerc | VILLIERS-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 79.3 | 51.98 | 50.98 | Bry-Villiers-Champigny | Calcaire de Champigny | 45.88 | Calcaire de Saint-Ouen | Calcaire de Champigny | Calcaire de Saint-Ouen | 61 | 10.02 | - | - | - |
| **0808P** | Av. H. Dunant | VILLIERS-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 75 | ? | 44.11 | Bry-Villiers-Champigny | Calcaire de Champigny | 34.11 | Calcaire de Saint-Ouen | Calcaire de Champigny | Calcaire de Saint-Ouen | 59.2 | 15.09 | - | - | - |
| **0807P** | Sentier des Marins | VILLIERS-SUR-MARNE | Débranchement SMR devenant puits d'accès pompiers-ventilation et rameau | 84.83 | 51.54 | 49.34 | Noisy-Champs | Calcaire de Champigny | 32.84 | Calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny | Calcaire de Champigny | 54.7 | 5.36 | 6 | 152.1 | 61 |
| **0806P** | Rue Mozart | VILLIERS-SUR-MARNE | Puits d'accès pompiers et rameau | 91 | 61.57 | 59.97 | Noisy-Champs | Calcaire de Champigny | 52.97 | Calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | 119.5 | - |
| **0805P** | Av. Médéric | NOISY-LE-GRAND | Puits d'accès pompiers -ventilation et rameau | 94.7 | 67 | 65.12 | Noisy-Champs | Marnes d'Argenteuil/calcaire de Champigny | 55.12 | Calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | - | - |

| Code | Nom de l'ouvrage | Commune | Type d'ouvrage | Cote du TN (m NGF) | Cote du radier (face supérieure) | Cote du fond de fouille (m NGF) | Gare de référence pour la coupe géologique | Formation d'ancrage du fond de fouille | Cote ancrage paroi moulée (m NGF) | Formation d'ancrage des parois moulées | Nappes traversées | Nappe concernée | Niveau de nappe (EB en m NGF) | Abaissement du niveau piézométrique | Débit de pointe estimé | | Durée de prélèvement (en semaine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Phase travaux (en $m^3/h$) | Phase définitive (en m3/j) | |
| **0804P** | Place des Yvris | NOISY-LE-GRAND | Puits d'accès pompiers -ventilation et rameau | 98.81 | 70.21 | 69.41 | Noisy-Champs | Calcaire de Champigny | 60.41 | Calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | - | - |
| **0803P** | Rue du Ballon | NOISY-LE-GRAND | Puits d'accès pompiers et rameau | 99 | 75.25 | 73.46 | Noisy-Champs | Marnes supra-gypseuses (Marnes d'Argenteuil) | 66.46 | Marnes d'Argenteuil/calcaire de Champigny | Marnes supra-gypseuses Masses et marnes du Gypse | Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe des marnes supra-gypseuses (84 m NGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les masses et marnes du gypse (55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés. | | | non significatif | 162.5 | - |

#### *1.6.1.5 Démarche globale de l'analyse des impacts*

La Ligne 15 Sud, de par sa profondeur, va se situer majoritairement sous nappe. De ce fait, sa réalisation est susceptible de générer différents phénomènes :

- impacts liés aux **effets piézométriques des débits d'épuisement** en phase travaux et de la **récupération des eaux d'infiltration** en phase définitive ;
- impacts liés au **rejet des eaux souterraines** ;
- impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation : " **effet barrage** " ;
- impacts du projet sur la **qualité des eaux souterraines** - mise en communication de nappes.

Les deux premiers phénomènes sont plutôt caractéristiques des impacts associés à la phase travaux dans la mesure où c'est durant le terrassement des ouvrages que les débits résiduels sont susceptibles d'être les plus importants mais temporaires. Les deux derniers phénomènes sont plutôt caractéristiques de la phase d'exploitation dans la mesure où un impact résiduel éventuel serait permanent.

Malgré les dispositions prises dès la conception du projet pour réduire autant que possible les débits d'épuisement durant la phase travaux, il est difficilement envisageable, dans certains contextes hydrogéologiques, d'annuler complètement les impacts résiduels. C'est pourquoi, l'impact résiduel en termes d'abaissement piézométrique durant la phase travaux a fait l'objet d'une évaluation spécifique dont la méthodologie est précisée ci-après.

De même, il est inévitable que le tunnel et les ouvrages interfèrent avec une ou plusieurs nappes. C'est pourquoi l'effet barrage du projet a été évalué avec la méthodologie décrite ci-après.

Le résultat de l'évaluation des impacts permet ensuite de proposer des mesures d'accompagnement complémentaires spécifiques si nécessaire.

## 1.6.2 Impacts du projet en phase travaux sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques)

#### *1.6.2.1 Rappel des enjeux liés à la réalisation de prélèvements d'eau souterraine par le projet*

En raison de sa position, le projet interceptera nécessairement plusieurs aquifères et sera, sur une grande partie du tracé, situé sous le niveau de l'eau souterraine.

La méthode de construction au tunnelier n'induisant pas de prélèvements d'eau souterraine significatifs, le creusement du tunnel en lui-même ne présente que peu de risques hydrogéologiques liés aux prélèvements d'eau souterraine.

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches une fois réalisés. Il demeurera toutefois quelques suintements résiduels d'eau souterraine en phase d'exploitation mais qui resteront très faibles et qui ne sont pas de nature à modifier significativement les niveaux piézométriques.

Ainsi, les conséquences potentielles liées aux prélèvements d'eau souterraine concernent essentiellement les **pompages d'épuisement** en phase travaux nécessaires pour la réalisation des gares et ouvrages annexes.

La présence d'aquifères potentiellement productifs fait partie intégrante des conditions géologiques prises en compte pour le choix des méthodes constructives. Comme évoqué précédemment, les dispositions constructives choisies ont été définies de sorte à ce que le débit d'épuisement en phase travaux soit le plus limité possible (solutions constructives tels que : parois moulées, bouchons injectés, jupes injectées, etc…). Néanmoins, un débit d'épuisement résiduel d'eau souterraine, susceptible d'être non négligeable, sera nécessairement prélevé lors de la construction de certains ouvrages. Les méthodes de calcul et les résultats de l'évaluation des débits d'épuisement nécessaires pour les phases travaux et exploitation sont détaillés aux chapitres « Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux » et « Évaluation des débits d'épuisement en phase d'exploitation ».

Les conséquences potentielles majeures de ces prélèvements sont :

- le déclenchement de « conflits d'usage »;
- l'apparition de désordres d'ordre mécanique sur le bâti ;
- la dissolution de minéraux solubles tels que le gypse ;
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines.

Suivant le secteur concerné, la sensibilité à ces différents phénomènes est plus ou moins importante suivant les caractéristiques hydrogéologiques locales. Le tableau ci-dessous, issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la réalisation de pompages d'eau souterraine.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Aquifère très productif.<br>Nombreuses exploitations d'eau souterraine. |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Aquifère de productivité modérée peu exploité. |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Aquifère de faible productivité.<br>Présence de niveaux de gypse. |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)** | Aquifère très productif.<br>Nombreuses exploitations d'eau souterraine.<br>Présence de niveaux de gypse.<br>Présence de couches géologiques sensibles au tassement.<br>Contamination avérée de l'eau souterraine. |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Aquifère de faible productivité |

*Légende :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |

**Hiérarchisation de la sensibilité liée au pompage d'eau souterraine**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

### *1.6.2.2 Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux*

L'estimation des débits d'épuisement en phase travaux concerne différents types d'ouvrages, à savoir :

- les gares ;
- les ouvrages annexes ;
- leurs correspondances situées sous le niveau de la nappe ;
- les rameaux de jonction entre les ouvrages annexes et le tunnel.

L'objectif de cette partie est de présenter les méthodes d'évaluation du débit à extraire de la fouille en phase de travaux.

Le pompage dans une nappe entraîne un abaissement de sa surface libre et une modification du champ d'écoulement. L'influence du pompage se fait sentir sur une certaine distance notée R (rayon d'action de l'axe du puits), qui correspondra aux limites du domaine dans la plupart des méthodes de calculs.

La méthodologie retenue distingue les débits de la phase travaux (provenant du pompage en fond de fouille, de l'exhaure du creusement et de l'essorage des déblais) des débits de la phase d'exploitation provenant de la percolation de l'eau à travers le revêtement des différents ouvrages.

Le calcul du débit d'épuisement à pomper en phase chantier a été réalisé par les Maîtres d'Œuvre, sur la base des méthodes constructives choisies selon la démarche évoquée aux chapitres suivants.

La première étape a consisté à déterminer, sur la base des données disponibles dans la bibliographie, des intervalles de perméabilité attendue pour les différentes couches lithologiques concernées par chaque ouvrage.

Des hypothèses conservatrices ont été adoptées en attendant les résultats de pompages d'essai actuellement en cours. Cela signifie que les débits résiduels évalués sont surestimés (hors éventuelles anomalies locales imprévisibles).

Le calcul a ensuite été mené à partir des formules de Davidenkoff, Dupuit et/ou Darcy en fonction du contexte identifié. Ces différentes méthodes de calcul usuelles sont présentées dans les paragraphes suivants.

#### *a. Débit d'exhaure au travers des jupes et bouchons injectés - Méthode de Darcy*

La dynamique de l'eau en milieu poreux saturé est régie par une équation principale qui est la loi de Darcy.

Henry Darcy a montré que le volume d'eau, « Q » en $m^3/s$, filtrant de haut en bas dans une colonne de sol de hauteur « l » en m, à travers la section totale, perpendiculaire à la direction verticale d'écoulement, « A » en $m^2$, est fonction d'un coefficient de proportionnalité, « K » en m/s, caractéristique du sable et de la perte de charge par unité de longueur du cylindre de sable, h/l sans dimension ; d'où l'expression de la loi de Darcy :

$$Q = K.A.\frac{h}{l}$$

Avec

- Q : le débit en sortie de la colonne ($m^3/s$) ;
- K : coefficient de perméabilité (m/s) : ce paramètre est relié à la viscosité du fluide qui est la mesure de sa résistance à l'écoulement et à la dimension et la connexion des pores entre eux, appelé perméabilité intrinsèque, k ;
- A : section de l'échantillon ($m^2$) ;
- h/l : ce rapport appelé perte de charge, est défini comme le gradient hydraulique, noté i.

Cette équation introduit la notion de perméabilité d'un sol, paramètre nécessaire pour l'évaluation des débits d'exhaure. La perméabilité est l'aptitude d'un réservoir à se laisser traverser par l'eau, sous l'effet d'un gradient hydraulique. Elle exprime la résistance du milieu à l'écoulement de l'eau qui le traverse.

Cette méthode a été utilisée pour évaluer le débit susceptible de percoler à travers un fond injecté et une jupe injectée situés dans un milieu globalement très perméable. Elle est appliquée en fixant la perméabilité résiduelle du terrain après injection (k), l'épaisseur d'injection efficace (l), la surface de terrains injectés (A), la différence de charge entre la nappe à l'extérieur et la nappe descendue sous le fond de fouille (h).

#### *b. Débits d'exhaure en fond de fouille sans radier injecté : méthode de Davidenkoff*

La méthode de Davidenkoff, est une méthode empirique de détermination des débits d'exhaure en fond de fouille. L'une des hypothèses de cette méthode est que le niveau piézométrique de la nappe n'est pas modifié à l'extérieur de l'enceinte.

Dans le cas particulier où l'aquifère étudié est captif et comporte un horizon drainant en tête, les conditions pour l'emploi de la méthode de Davidenkoff sont donc réunies puisqu'il suppose un

rechargement constant induit par l'horizon drainant et donc une charge hydraulique constante en tête de l'aquifère.

A l'inverse, lorsque l'aquifère n'est pas alimenté par un ou des horizons drainants, la principale hypothèse de cette méthode de calcul, n'est pas vérifiée et son utilisation tend à maximiser les débits d'exhaure.

Pour une enceinte rectangulaire, le débit d'exhaure en fond de fouille est donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{2.k.\Delta H.L}{\emptyset_1 + \emptyset_2}\left(1 + \frac{B}{L}\right)\left(1 - 0{,}3\,\frac{B}{L}\right)$$

Avec :

- k : la perméabilité de la couche d'ancrage des parois moulée, en m/s ;
- ΔH : la différence de charge entre l'extérieur de l'enceinte et le fond de fouille, en m ;
- L : la longueur de l'excavation, en m ;
- B : la largeur de l'excavation, en m ;
- $\emptyset_1$ et $\emptyset_2$: des fonctions de charge données par l'abaque de Davidenkoff.

Cette méthode permet l'évaluation des débits d'épuisement résiduels lorsqu'une paroi moulée est réalisée. Elle permet de calculer un débit en renseignant la distance (entres autres) de la paroi moulée et l'horizon imperméable le plus proche.

### c. *Débits d'exhaure en fond de fouille sans radier injecté : méthode de Dupuit*

Dans le cas où la profondeur de pénétration de la fiche hydraulique dans l'aquifère est faible en comparaison à l'épaisseur de l'aquifère, les écoulements seront davantage laminaires et la formule de Dupuit est la plus adaptée.

La formule de Dupuit permet de lier le débit de pompage au rayon d'action en fonction de la perméabilité. En faisant les hypothèses suivantes, la formule de Dupuit est applicable et permet d'estimer les débits d'exhaure en assimilant l'excavation à un puits équivalent :

- Milieu homogène, isotrope et indéformable ;
- Écoulement horizontal ;
- Vitesse d'écoulement identique en tout point d'une même verticale.

Cependant, la formule de Dupuit est en théorie valable pour un puits crépiné sur toute la hauteur de l'aquifère, ce qui n'est pas le cas du « puits équivalent » formé par les ouvrages du projet. Les débits de pompage obtenus par cette méthode seront donc surestimés, notamment si la profondeur de pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère est faible, soit inférieure à 50 %.

### d. *Calculs numériques locaux*

Pour les cas de figure complexes ne pouvant être évalués analytiquement avec une précision satisfaisante, les Maîtres d'Œuvre ont réalisés des calculs numériques locaux.

Ces calculs numériques consistent à représenter sur un logiciel, de manière schématique mais exhaustive, l'ensemble des couches géologiques concernées en leur attribuant des paramètres hydrodynamiques propres (perméabilités horizontales et verticales notamment). Généralement, le système est schématisé sous la forme d'une coupe verticale passant par l'ouvrage considéré.

Le logiciel permet de représenter également la géométrie et les caractéristiques des parois moulées, des jupes injectées ou des bouchons injectés de manière précise. Un potentiel imposé (c'est-à-dire un niveau de nappe constant) en périmètre du domaine de calcul permet de représenter le niveau de la nappe concerné par le pompage d'épuisement. Un niveau de nappe à atteindre sous le fond de fouille est fixé au niveau de l'ouvrage de sorte à ce que le logiciel puisse évaluer quel débit d'eau souterraine est nécessaire pour assurer la mise hors d'eau des travaux.

### e. *Principaux paramètres retenus pour les calculs et résultats*

Dans le secteur de la **Boutonnière de Boulogne**, la nappe des alluvions et celle de la Craie sont en communication. Ce secteur qui comprend deux gares (Pont de Sèvres et Issy RER) est caractérisé par la succession des formations géologiques suivante : remblais, Alluvions et Craie. Le complexe Alluvions et Craie a été considéré comme très perméable ($3.10^{-3}$ m/s). Un horizon intermédiaire de Craie altéré de perméabilité $3{,}5.10^{-4}$ m/s a également été considéré. Ainsi, afin de limiter les débits de pompage en fond de fouille, ces derniers ont été calculés en considérant une fiche hydraulique des parois de 20 m pour la gare Pont-de-Sèvres et de 16 m pour la gare Issy RER. Ces parois seront donc ancrées dans la Craie saine, formation pour laquelle la perméabilité retenue est $5.10^{-6}$ m/s.

Sur **le secteur du plateau d'Issy à Cachan**, il existe deux nappes : celle du Lutétien portée par les Argiles Plastiques et celle du Montien. Pour toutes les gares de ce secteur (Fort d'Issy – Vanves – Clamart, Champigny Centre, Bagneux et Arcueil Cachan) les enceintes des parois moulées sont ancrées dans les Argiles Plastiques (voire les Marnes de Meudon), formations très peu perméables. De plus il n'y a pas de nappe au niveau du fond de fouille des gares du secteur, hormis au droit de la gare Arcueil Cachan. Par conséquent, les débits calculés en fond de fouille sont très faibles.

Sur **le secteur du plateau de Villejuif**, plusieurs nappes sont distinguées : celle du Calcaire de Brie, des Sables de Fontainebleau et celle des Marnes supra-gypseuses. Les gares de ce secteur (Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon), ont leurs enceintes ancrées dans les Masses et Marnes du Gypse, formation peu perméable. La perméabilité retenue pour cette formation au droit des gares est de $1.10^{-7}$ m/s. Il en résulte des débits de pompage du fond de fouille très faibles.

Pour les deux secteurs suivants**, la plaine de Vitry et le plateau de Champigny**, le contexte hydrogéologique a conduit à la mise en œuvre d'injection de sol pour la plupart des gares de sorte à réduire autant que possible le débit d'épuisement.

Les gares du secteur de la **plaine de Vitry,** pouvant être regroupées en fonction de leurs caractéristiques, sont les suivantes :

- Les Ardoines, Le Vert-de-Maisons, Créteil L'Échât : une perméabilité globale caractéristique de l'aquifère du Lutétien a été considérée pour toutes ces gares comme supérieure à $5.10^{-5}$ m/s. En considérant une telle perméabilité, les débits de pompage du fond de fouille, sans protection particulière apparaissaient forts. Par conséquent, pour ces gares, les débits de pompage ont été évalués en calculant les débits d'infiltration au travers d'un radier injecté de 5 m d'épaisseur dans les Calcaires Grossiers prolongé à la base des parois moulées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur. La perméabilité attendue de ces radiers et jupes est de $1.10^{-6}$ m/s ce qui est une performance tout à fait atteignable dans ce contexte et pour ce type d'ouvrage. Néanmoins, le débit d'exhaure retenu, et présenté ci-après, a été calculé avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 1,5 à 2 sur la performance des injections de sol de sorte à couvrir la possibilité d'aléas géologiques locaux ne permettant pas de réaliser des injections de qualité homogène sur toute la surface des terrains injectés. Ces aléas sont notamment des hétérogénéités de perméabilité des terrains injectés liées à la fissuration naturelle ou à la présence de vides locaux potentiellement associés au phénomène de

dissolution du gypse. Ainsi, les débits d'exhaure présentés dans le tableau ci-après sont surévalués par sécurité.

- Vitry Centre : cette gare est caractérisée par la présence d'une paroi moulée ancrée dans le toit des Marnes et Caillasses, horizon dans lequel il est probable de rencontrer des horizons peu perméables. Ce scénario hydrogéologique a été retenu afin de bénéficier de ces horizons peu perméables naturels. Néanmoins, la perméabilité verticale retenue dans les Marnes et Caillasses pour évaluer le débit d'épuisement est bien supérieure à la perméabilité usuellement rencontrée dans cette couche. Le débit d'épuisement est donc surévalué pour couvrir le risque de rencontrer localement des fissures dans les Marnes et Caillasses.
- Saint-Maur Créteil : le scénario retenu est celui considérant une perméabilité de la Craie de $1.10^{-5}$ à $1.10^{-4}$ m/s (sans distinction entre la Craie saine et la Craie fracturée).
- Champigny centre : bouchon naturel formé par les Argiles Plastiques suffisamment stable pour ne pas prévoir de dispositif de mise hors d'eau du fond de fouille.

Deux gares sont présentes sur le secteur du **Plateau de Champigny** :

- Bry-Villiers-Champigny : l'hypothèse retenue est celle considérant une perméabilité moyenne des formations contenant la nappe de l'Éocène supérieur allant de $7.10^{-6}$ à $2.10^{-4}$ m/s ; les débits résultants peuvent atteindre 80 $m^3/h$ selon les hypothèses considérées ;
- Noisy-Champs : le fond de fouille est situé au-dessus du niveau de la nappe donc aucun dispositif de pompage n'est à prévoir.

Les tableaux des pages suivantes présentent les débits d'épuisement pour chaque ouvrage de la Ligne 15 Sud.

### *f. Synthèse des débits d'exhaure en phase travaux retenus par ouvrage*

Les Maîtres d'Œuvre ont utilisé les différentes méthodes de calcul de débit d'épuisement présentées dans les paragraphes précédents afin d'évaluer les débits résiduels selon différents cas de figure de dispositions constructives. Le choix de la méthode de calcul est réalisé en fonction de la complexité du milieu souterrain et les caractéristiques des ouvrages à représenter.

Les évaluations réalisées par les Maîtres d'œuvre sont sécuritaires dans la mesure où celles-ci devront permettre de dimensionner un système d'épuisement efficace et aboutir au choix d'une solution de rejet.

**Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase travaux (1/2)**

| PHASE TRAVAUX | Débit moyen ($m^3/h$) | Débit de pointe ($m^3/h$) | Durée de prélèvement (semaines) | Volume prélevé ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur | 15 | 25.1 | 17.4 | 42 600 |
| Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions | 41 | 85 | 83 | 571 200 |
| OA12 + rameau (ZAC SAEM) | 3 | 8 | 158.8 | 69 024 |
| OA10 + rameau (place de la Résistance) | 1 | 4.5 | 161.3 | 37 368 |
| Gare Issy RER | 27 | 31.4 | 25.6 | 115 680 |
| Émergence Issy RER C et connexion | 13 | 14 | 4 | 9 000 |
| OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse) | 1 | 3 | 195.5 | 41 496 |
| Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC) | 4 | 4 | 47.9 | 32 160 |
| OA 8 (Square Malleret Joinville) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 |
| OA7 (Fort de Vanves) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 |
| Gare Chatillon Montrouge (CHM) | 4 | 4 | 30.7 | 20 640 |
| OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien) | 2 | 5.5 | 73.0 | 23 580 |
| OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate) | 2 | 14 | 91.0 | 32 270 |
| Gare de Bagneux (BAG) | 4 | 4 | 34.7 | 23 347 |
| OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre) | 2 | 4 | 26.0 | 8 755 |
| Gare Arcueil Cachan (ACA) | 4 | 5 | 26.0 | 16 416 |
| OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle) | 1 | 5.5 | 99.0 | 24 305 |
| OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 |
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) | 4 | 4 | 95.7 | 64 320 |
| OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin) | 1 | 11 | 94.7 | 18 881 |
| Gare Villejuif Louis Aragon (VLA) | 4 | 4 | 47.8 | 32 160 |
| 1505S | 39 | 56 | 23.0 | 151 000 |
| P23/1501P (rue du génie) | 6 | 10 | 8.0 | 7 600 |
| Gare de Vitry Centre | 88 | 200 | 80.0 | 1 176 000 |
| P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas) | 31 | 54 | 6.0 | 32 000 |
| P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air) | 10 | 17 | 53.0 | 89 000 |
| PS21/1404S (rue Gabriel Peri) | 11 | 18 | 4.0 | 7 600 |
| Gare les Ardoines | 130 | 250 | 117.0 | 2 587 000 |
| P19/1302P Puits tunnelier Arrighi | 129 | 200 | 31.0 | 672 000 |
| P18/1301P (rue de Rome) | 46 | 79 | 7.0 | 54 000 |
| Gare de Vert-De-Maisons | 162 | 300 | 137.0 | 3 730 000 |

**Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase travaux (2/2)**

| PHASE TRAVAUX | Débit moyen ($m^3/h$) | Débit de pointe ($m^3/h$) | Durée de prélèvement (semaines) | Volume prélevé ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| P17/1201P (Université Créteil) | 35 | 61 | 7.0 | 41 000 |
| Gare de Créteil L'Echat | 155 | 250 | 68.0 | 1 785 000 |
| P16/1103P (stade F. Desmond) | 38 | 61 | 4.0 | 26 000 |
| P15/1102P (Av Ceinture) | | non significatif | - | - |
| P14/1101P (rue du Port Créteil) | 27 | 44 | 5.0 | 23 000 |
| Gare Saint Maur Créteil | 165 | 250 | 77.0 | 2 154 000 |
| P13/1003P (impasse Abbaye) | 38 | 65 | 7.0 | 45 000 |
| P12/1002P (av Charles Floquet) | 7 | 11 | 3.0 | 3 700 |
| P11/1001P | - | non significatif | - | - |
| Gare Champigny Centre | | non significatif | - | - |
| P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny) | 35 | 70 | 3.0 | 24 000 |
| P09/0901P | - | non significatif | - | - |
| Gare de Bry-Villiers-Champigny | 78.7 | 80 | 31 | 410000 |
| P08/0808P (av Henri Dunant Villiers) | - | non significatif | - | - |
| PSMR/0813S | - | non significatif | - | - |
| PS12/0811S (avenue Maurice Thorez) | - | non significatif | - | - |
| PS11/0810S (rue Gl Leclerc) | 20 | 25 | 2.0 | 6 600 |
| P07/807P (sentier des marins) Caverne | 35 | 35 | 61.0 | 359 000 |
| P07/807P (sentier des marins) Puits | 3 | 6 | 61.0 | 31 000 |
| P06/806P (rue Mozart) | - | non significatif | - | - |
| P05/805P (av Médéric Noisy le grand) | - | non significatif | - | - |
| P04/804P (place des Yvris) | - | non significatif | - | - |
| P03/803P (rue du Ballon) | - | non significatif | - | - |
| P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd) | - | non significatif | - | - |
| Gare Noisy-Champs | - | non significatif | - | - |
| P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne) | - | non significatif | - | - |

| | |
|---|---|
| **VOLUME TOTAL PRELEVE =** | **14 602 079** |
| **VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =** | **6 146 940** |
| **VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =** | **3 548 020** |

### *1.6.2.3 Présentation des systèmes d'épuisement d'eau de nappe pour réaliser les ouvrages en phase travaux et mesures associées*

Les travaux de la Ligne 15 Sud nécessiteront la mise en œuvre de dispositifs d'épuisement de fouille en phase travaux sur la majeure partie des ouvrages envisagés.

Les débits d'épuisement d'eaux souterraines ont été estimés pour chaque gare et chaque ouvrage annexe. Des dispositions constructives seront mises en œuvre afin de limiter autant que possible les débits à gérer en fond de fouille (parois moulées profondes ancrées dans des formations géologiques peu perméables comme la Craie saine ou les Argiles Plastiques de l'Yprésien, injections de sols de type jupes injectées, radiers injectés,etc…). Il sera toutefois nécessaire, pour travailler à sec et durant la phase travaux, de mettre en place des systèmes de captage temporaires qui permettront d'évacuer l'eau contenue dans les terrains terrassés et l'eau d'exhaure qui proviendra des terrains au sein desquels seront ancrées les fondations spéciales.

Ainsi, afin de gérer les eaux d'exhaure résiduelles attendues en fond de fouille en phase travaux, trois techniques différentes pourront être employées en fonction du contexte :

- puits de pompage ;
- pointes filtrantes ;
- tranchées drainantes.

La mise en place de puits de pompage sera privilégiée pour pomper l'eau dans des terrains assez perméables. Les puits de pompage peuvent permettre de pomper l'eau à une profondeur importante sous le fond de fouille à la différence des deux autres techniques.

La mise en place de pointes filtrantes est une technique adaptée aux terrains sablo-argileux peu à moyennement perméables. Cette technique ne peut être mise en œuvre que si la baisse de niveau d'eau dans les pointes n'excède pas 6 à 7 mètres car elle fonctionne avec une pompe à vide de surface.

La mise en œuvre de tranchées drainantes est une technique qui peut être envisagée pour pomper dans des terrains tendres, seule ou en complément des deux techniques présentées précédemment (puits de pompage / pointes filtrantes). Cette technique est souvent utilisée pour récupérer l'eau résiduelle de faible débit à faible profondeur sous le fond de fouille.

Ces différentes techniques sont donc complémentaires dans la mesure où elles permettent de répondre à des contextes techniques différents.

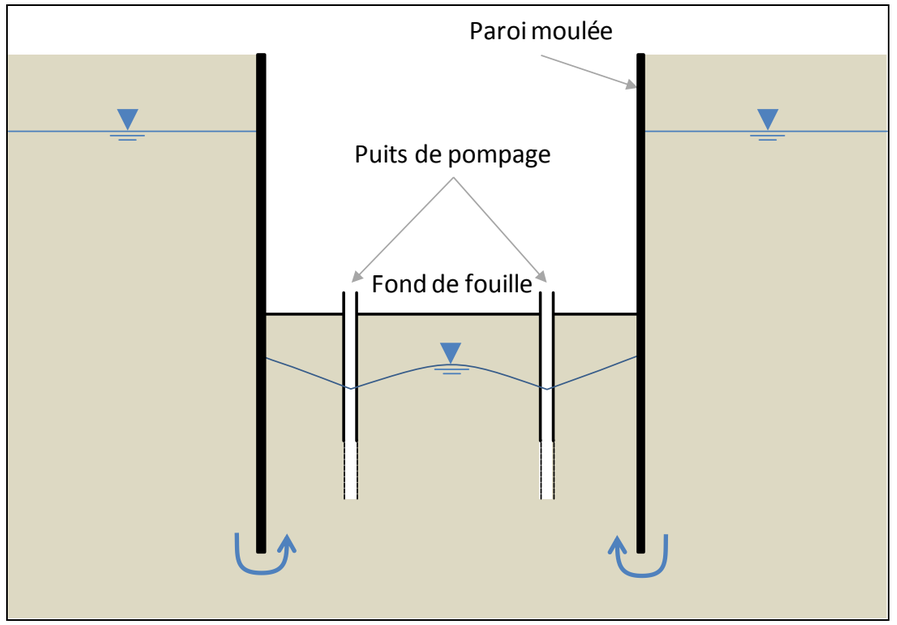



**Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par puits**
**(Source : BURGEAP)**

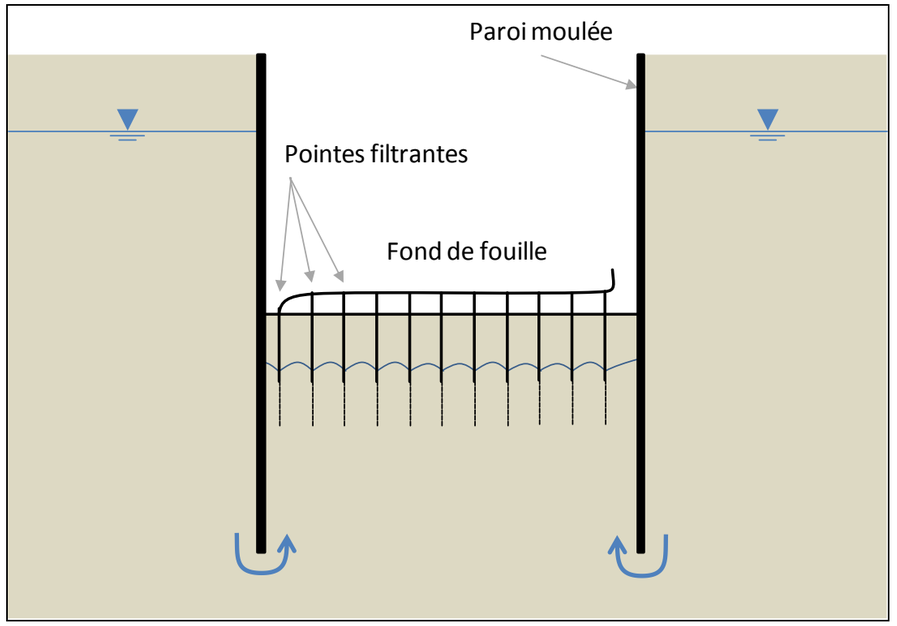



**Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par pointes filtrantes**
**(Source : BURGEAP)**

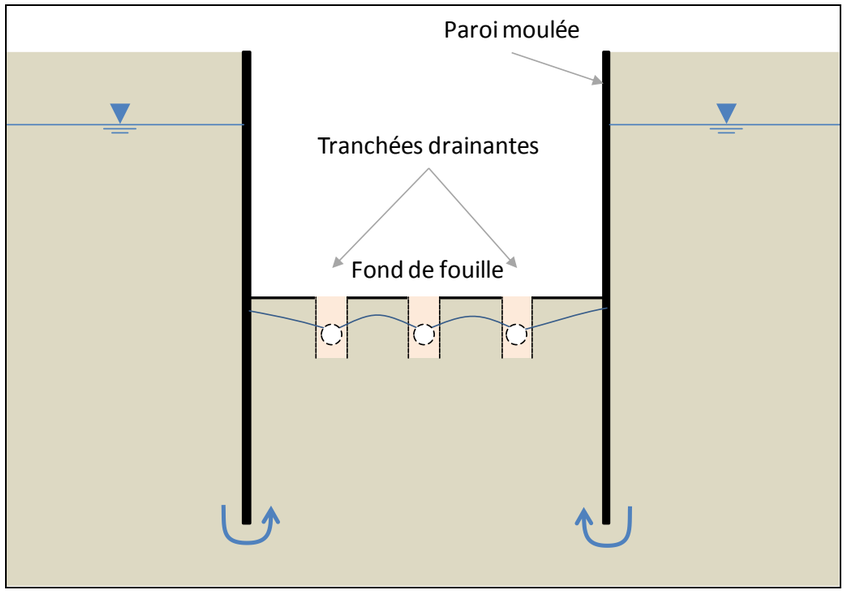



**Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par tranchées drainantes**
**(Source : BURGEAP)**

Les paragraphes suivants présenteront successivement les principes généraux qui seront pris en compte pour la mise en place d'un dispositif d'exhaure, puis les caractéristiques techniques principales de chacune des trois méthodes précitées. Il s'agit de méthodes usuelles de gestion des eaux souterraines pour les chantiers mises en œuvre couramment dans des travaux de ce type.

*a. Principes généraux*

Tous les ouvrages nécessaires à l'épuisement des fouilles seront réalisés dans les règles de l'art, conformément aux normes en vigueur et notamment :

- la norme NF X10-999 « Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisées par forages » d'avril 2007 et documents associés ;
- le guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau.

Le respect des normes permettra notamment aux ouvrages de pompages de ne pas être à l'origine d'entrainement de fines, ni à l'origine de transfert de polluants potentiels depuis la surface vers les nappes captées par l'intermédiaire des forages. Les ouvrages seront réalisés de manière à ne pas constituer des vecteurs de communication entre aquifères naturellement séparés.

Conformément à l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003, l'implantation des ouvrages sera telle qu'aucune installation susceptible d'altérer la qualité des eaux souterraines n'est située à proximité des points d'implantation. Les ouvrages seront en particulier implantés à plus de 200 m de toute décharge ou installation de stockage des déchets ménagers ou industriels et à plus de 35 m de stockages de produits phytosanitaires. Des stockages d'hydrocarbures et de produits chimiques seront nécessaires sur le chantier et pourront donc être situés à moins de 35 mètres des forages. Toutefois, ces stockages seront réalisés sur des aires étanches et bacs de rétention empêchant tout risque de migration de polluants vers les forages de pompage d'épuisement.

L'implantation définitive des ouvrages sera réalisée sur la base des résultats de DICT en écartant tout point présentant un risque de percement de réseau. Par ailleurs, les ouvrages de pompage seront implantés dans des chantiers délimités et surveillés au sein de structures étanches constitués par les parois moulées de sorte que ceux-ci ne peuvent présenter un risque de contamination d'eau souterraine par des installations existantes comme le précise l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003.

Les risques de percement de tout ouvrage d'assainissement collectif ou non collectif, de canalisations d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines seront par conséquent nuls.

*b. Mesures préventives pour préserver la qualité des eaux souterraines*

Lors des travaux de forage, des précautions seront prises pour prévenir les risques de pollution conformément aux règles de l'art, et ainsi éviter tout risque d'atteinte à la qualité des ressources en eau.

- ***Mesures pour éviter la mise en communication des aquifères et les infiltrations d'eaux superficielles dans les ouvrages***

Les ouvrages seront réalisés de telle manière à ce qu'ils ne puissent pas mettre en communication différents aquifères. Ils seront crépinés uniquement au droit de l'aquifère cible et les formations superficielles sus-jacentes seront isolées par un tubage plein dont l'espace annulaire sera cimenté jusqu'en surface. Cette cimentation permettra d'une part d'isoler l'aquifère cible des aquifères sus-jacents et d'autre part d'empêcher l'infiltration des eaux de surface vers les eaux souterraines.

Il convient de rappeler que les parois moulées isoleront déjà naturellement les aquifères et que de ce fait, les ouvrages d'épuisement ne pourront en aucun cas être susceptibles de mettre en communication les différents aquifères.

D'autre part, les ouvrages seront équipés d'une tête de protection hors-sol dépassant d'au moins 50 cm du terrain en cours de terrassement, et scellée dans une margelle en ciment (dalle de propreté) afin d'éviter toute intrusion d'eau superficielle. Les têtes des ouvrages seront également closes et cadenassées, empêchant ainsi toute intervention sur ces ouvrages, hors personnel autorisé pour la gestion, l'entretien et la maintenance du dispositif d'exhaure.

- ***Mesures pour prévenir les risques de pollution des nappes et/ou des sols pendant la phase des travaux***

Les moyens généraux prévus pour prévenir tout risque de pollution lors de la mise en place des dispositifs d'exhaure seront les suivants :

- délimitation des zones d'interventions et mise en place de clôtures de protection autour des chantiers ;
- éloignement des produits potentiellement polluants des forages ;
- surveillance des abords des ateliers de forage afin de détecter toute perte ou égoutture de produits potentiellement polluant (hydrocarbures) ;
- tenue d'un cahier de chantier par les entreprises, indiquant l'avancement des chantiers et les difficultés rencontrées ;
- nettoyage et entretien préalable du matériel et des engins préalablement à leur amenée sur les chantiers ;
- réalisation du plein des réservoirs des engins avant le début des chantiers ;

- stockage des hydrocarbures, des huiles et des graisses utilisés sur les chantiers sur des dispositifs de rétention éloignés des forages, de façon à éviter tout risque de fuite susceptible d'atteindre le réseau d'eaux pluviales ou les eaux souterraines ;

- mise à disposition de dispositifs de lutte contre l'écoulement de polluants ;

- gestion des eaux pluviales en phase chantier afin d'interdire leur pénétration dans les forages ;

- évacuation des déblais de forage ;

- en fin de travaux, rebouchage des ouvrages conformément aux règles de l'art et en respectant la norme NF X10-999. Les puits seront notamment comblés par un matériau inerte au droit de la zone saturée puis par une cimentation jusqu'en surface. Les pointes filtrantes seront quant à elles arrachées, les vides seront alors remblayés par un matériau inerte (en terrain consolidé). Pour les tranchées, les drains seront si possible arrachés, sinon, ils seront laissés en place.

Par ailleurs, en zone inondable, l'organisation du chantier prendra en compte le risque d'inondation par crue et des têtes étanches seront mises en place sur les puits de pompage.

Dans l'hypothèse d'un déversement accidentel d'un produit potentiellement polluant (hydrocarbures par exemple), un protocole de réaction pour le bon déroulement de l'intervention sera élaboré et scrupuleusement respecté en cas de crise. Il sera basé sur les principes suivants :

- arrêt de la source de pollution ;

- confinement des déversements et récupération immédiate, par terrassement, du maximum de terres polluées ;

- stockage immédiat et provisoire de ces terres sur une aire ou une benne étanche ;

- arrêt immédiat des postes à proximité de la zone de sinistre ;

- avertissement du maître d'ouvrage et des administrations compétentes, avec description sommaire de l'accident et évaluation du risque ;

- intervention d'une entreprise spécialisée pour l'évacuation des terrains pollués.

Une personne formée à l'appréciation du risque accidentel et capable d'organiser les premières interventions sera présente sur chaque site au cours des travaux de forage.

Des produits absorbants et membranes étanches seront tenus à disposition sur les différents sites pour les interventions d'urgence.

Enfin, tout incident ou accident ayant porté ou susceptible de porter atteinte à la qualité des eaux et les premières mesures prises pour y remédier seront déclarés au préfet dans les meilleurs délais.

### c. *Présentation des principaux dispositifs qui pourront être mis en œuvre*

- ***Puits de pompage***

La mise en place de puits de pompage est une technique d'épuisement de fouille particulièrement adaptée aux aquifères perméables et productifs comme la nappe de la Craie au niveau de la boutonnière de Boulogne-Billancourt.

Les puits de pompages seront réalisés à l'intérieur des enceintes de parois moulées. Leur nombre dépendra du débit d'exhaure à extraire et du débit unitaire prévisionnel par ouvrage.

Rappelons qu'en cas de pompage dans un aquifère profond, toutes les dispositions seront prises pour isoler l'aquifère cible des aquifères superficiels et ainsi éviter toute communication entre les différents aquifères traversés. Les puits de pompage seront donc conçus dans les règles de l'Art, en respectant la norme NF X10-999 « Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisées par forages » d'avril 2007, et l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau (cf. chapitre 1.1).

La méthode de forage sera adaptée à la nature géologique des terrains, à la profondeur à atteindre et au diamètre souhaité. Les fluides de forage utilisés (eau, air, boue…) répondront aux exigences de la sauvegarde et de la protection de l'environnement et seront conformes aux normes en vigueur. Les diamètres de foration et d'équipement seront choisis en fonction du débit d'exhaure prévisible par ouvrage, et de la vitesse d'entrée d'eau dans les crépines qui ne devra pas dépasser 3 cm/s.

Les puits de pompage seront crépinés uniquement au droit de l'aquifère cible. Le type de crépine, la forme, et la dimension des fentes seront adaptés aux terrains pour permettre le passage de l'eau sans entrainer de particules fines du terrain après développement des ouvrages. Un massif filtrant sera mis en place autour des crépines. Il sera constitué de graviers siliceux roulés, calibrés, lavés et désinfectés. L'épaisseur de massif filtrant devra respecter les valeurs indiquées dans la norme NF X 10-999, à savoir à minima 75 mm pour un puits de pompage, et 50 mm pour des ouvrages en petit diamètre comme des piézomètres de surveillance. Afin d'éviter de contaminer l'aquifère cible par les aquifères sus jacents ou par des eaux de surface, un bouchon d'argiles sera mis en place au-dessus du massif filtrant puis l'espace annulaire sera cimenté jusqu'en surface (à l'extrados du tube plein).

Chaque puits sera équipé d'une tête de protection hors sol cadenassée et d'une dalle de propreté. Au fur et à mesure de l'avancement des terrassements, les têtes de forage seront recépées.

Suite aux travaux de forage, les puits feront l'objet d'un développement afin d'éliminer le restes des fluides de forage et les éléments fins qui colmatent naturellement le terrain. Plusieurs méthodes de développement pourront être employées (air-lift, pompage alterné, développement à la pompe...), et seront maintenues jusqu'à obtenir une eau claire.

Chaque ouvrage fera ensuite l'objet de pompages d'essai (par paliers et longue durée) afin de vérifier ses capacités de production.

Enfin, conformément à l'arrêté du 11 septembre 2003, un rapport de fin de travaux sera communiqué au Préfet dans les deux mois maximum après les travaux de forage.

- ***Pointes filtrantes***

La mise en place de pointes filtrantes est une technique adaptée aux terrains sablo-argileux peu perméables, parce qu'il est possible économiquement et techniquement d'en réaliser un maillage assez serré (faible rayon d'action d'un puits classique dans des matériaux peu perméables).

Cette technique pourra être mise en place pour pomper l'eau d'exhaure dans une enceinte de paroi moulée lorsque les terrains concernés sont plutôt sablo-argileux. Cette technique ne peut être mise en œuvre que si la baisse de niveau d'eau dans les pointes n'excède pas 6 à 7 mètres car elle fonctionne avec une pompe à vide de surface.

Dans certains cas, elle pourra également être mise en place en plus des puits de pompage au démarrage de travaux d'épuisement, afin de désaturer plus rapidement les matériaux superficiels peu perméables (remblais ou les alluvions modernes de Seine par exemple).

Une pointe filtrante est un tube métallique ou plastique percé de très fines fentes de crépine. Comme pour un puits, le choix de l'ouverture des crépines est fonction de la granulométrie des terrains. Un massif de gravier additionnel peut être également mis en place afin de filtrer les éléments fins. La longueur du tube crépiné est généralement comprise entre 0,5 et 1,5 m. La pointe est prolongée jusqu'au sol par un tube plein. En général, sur un rideau de pointes, celles-ci sont espacées de 1 à 2 mètres environ (pour des matériaux fins comme les sables de Fontainebleau par exemple). Souvent, les pointes sont mises par lançage ou par forage. Le diamètre d'une pointe est de quelques centimètres (5 à 6). Elles sont branchées sur un collecteur, lui-même relié sur une pompe à vide.

La hauteur maximum d'aspiration d'une pointe filtrante est de l'ordre de 6-7 mètres (limite physique). Ainsi, en cas de terrassements sur des hauteurs importantes, les pointes filtrantes devront être réalisées à partir d'une cote de pré-terrassement calée au-dessus du niveau statique de la nappe. Et en cas d'épuisement sur des hauteurs importantes (supérieures à 4 m), il conviendra d'envisager plusieurs étages successifs ou privilégier des puits de pompage.

- ***Tranchées drainantes***

La mise en œuvre de tranchées drainantes est une technique qui peut être envisagée pour pomper dans des terrains tendres, seule ou en complément des deux techniques présentées précédemment (puits de pompage / pointes filtrantes). Cette technique est souvent utilisée pour récupérer l'eau résiduelle à faible profondeur sous le fond de fouille.

Il peut s'agir soit de tranchées drainantes périmétriques, soit d'un réseau de tranchées longitudinales. Généralement réalisées à la haveuse, elles disposent d'une largeur d'environ 0,6 m pour une profondeur maximale comprise entre 6 et 8 m maximum. Les tranchées sont équipées au fond d'un drain crépiné de diamètre adapté au débit à drainer, mis en place dans un massif de gravier filtre siliceux. Comme pour les puits et les pointes filtrantes, le choix de l'ouverture des crépines et la taille du massif filtrant est fonction de la granulométrie des matériaux traversés. Au-dessus du massif, les tranchées seront remblayées à la bentonite, jusqu'en surface, afin de préserver les eaux souterraines de toute infiltration d'eau de surface.

Toutes ces techniques sont classiques et sont couramment mises en œuvre par les entreprises spécialisées en épuisements de fouilles.

Enfin, rappelons que quel que soit le dispositif d'exhaure mis en place, des piézomètres de surveillance seront mis en place à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de parois moulées, afin de suivre les niveaux d'eau tout au long de la phase d'épuisement. Ce suivi sera exercé en continu à l'aide de sondes de mesures automatiques dans un réseau piézométrique constitué à minima de deux ouvrages par site et par aquifère impacté.

### *1.6.2.4 Effets piézométriques liés à la construction du tunnel en phase travaux*

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier qui est une méthode ne nécessitant aucun pompage. En effet, la pressurisation du front de taille fait obstacle à l'entrée de l'eau dans le tunnel. La mise en place de voussoirs en béton avec injection de mortier permet d'assurer l'étanchéité en arrière de la machine.

La technique du tunnelier permet d'éviter tout rabattement de nappe en créant une paroi étanche à l'avancement de l'excavation, du fait de la mise sous-pression de la chambre d'abattage.

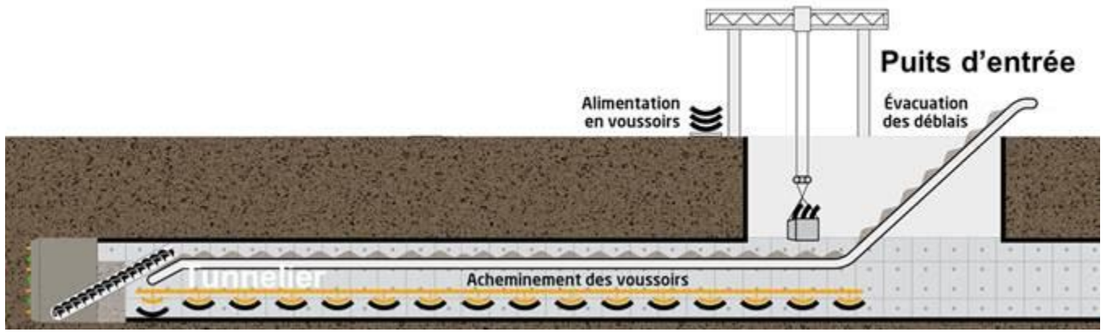



**Schéma de la construction du tunnel avec la technique du tunnelier**

**La construction du tunnel ne présente donc pas d'impact sur les nappes souterraines en phase travaux.**

### *1.6.2.5 Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux*

Durant la phase chantier, et malgré les dispositions constructives prises pour limiter les débits d'épuisement (parois moulées, jupes injectées, bouchons injectées), des débits non négligeables d'eau souterraines seront nécessairement prélevées pendant la phase de travaux. Par ailleurs, le planning prévisionnel global du chantier prévoit la réalisation de certaines gares voisines à la même période. Des pompages d'épuisement seront donc susceptibles d'être effectués en même temps dans un secteur géographique donné.

Pour toutes ces raisons, il a été décidé pour la Ligne 15 Sud de mettre en œuvre des modélisations hydrogéologiques en 3 trois dimensions à une échelle suffisamment large pour intégrer de possibles effets cumulés entre ouvrages. Le contexte hydrogéologique étant varié et non homogène au droit de la Ligne 15 Sud, 2 modèles hydrogéologiques mitoyens ont été réalisés :

- un premier modèle hydrogéologique situé au niveau de la boutonnière de Boulogne-Billancourt. Le secteur modélisé est caractérisé par la présence d'un seul aquifère bicouche (alluvions et Craie) très productif, une nappe à faible profondeur et l'existence de multiples exploitations d'eaux souterraines. Ce modèle permet d'évaluer les impacts du tunnel et des ouvrages depuis le puits d'accès du tunnelier de l'île Monsieur jusqu'à la gare Issy RER ;

- un second modèle dont l'extension latérale est comprise entre la rive droite de la Seine à Issy-les-Moulineaux et le versant sud de la Marne vers Noisy-le-Champ. Ce modèle comprend deux secteurs distincts :

  - le secteur Ouest entre Issy-Les-Moulineaux et la Bièvre est caractérisé par la présence de la nappe des Calcaires Grossiers partiellement saturée et de productivité modérée ; le tunnel et les ouvrages traverseront cette nappe ;

  - le secteur Est entre la vallée de la Bièvre à l'ouest et le versant sud de la Marne vers Noisy-le-Champ, caractérisé par la présence d'un aquifère productif et captif constitué par les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier sous couvert des formations plus récentes comme les Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen puis les alluvions de la Seine et de la Marne. Compte tenu de la position profonde du projet, les débits d'épuisement attendus sont assez importants malgré les solutions de réduction prévues. Dans ce secteur de plaine alluviale, le niveau de la nappe est par ailleurs peu profond.

**Ces deux modèles ont été réalisés afin de permettre de quantifier les effets piézométriques attendus liés aux pompages d'épuisement en phase travaux pour toutes les gares présentant des débits d'épuisement non négligeables. Cela concerne les gares situées sur les secteurs de la boutonnière de Boulogne-Billancourt et de la plaine de Vitry.**

Les deux modèles ont été construits sur la base du logiciel FEFLOW 6.2 qui est un code de calcul numérique aux éléments finis, basé sur un maillage triangulaire Ce type de maillage est particulièrement bien adapté aux projets de construction souterrains car il permet une représentation fine des structures enterrées comme les parois moulées.

La modélisation hydrogéologique comprend 4 principales étapes :

- la schématisation conceptuelle ;
- la construction ;
- le calage ;
- les simulations.

La schématisation conceptuelle consiste à analyser le contexte hydrogéologique au regard du projet afin de déterminer, entre autres :

- l'étendue du modèle à construire ;
- les couches qui doivent être représentées ;
- les conditions à appliquer aux bordures du modèle et à l'intérieur (cours d'eau en relation avec les eaux souterraines par exemple).

Il a été décidé la construction de modèles vastes permettant la prise en compte de possibles effets cumulés entre pompages d'épuisement, les relations nappe-rivière, les relations entre aquifères superposés et la présence d'exploitations d'eau souterraine constituant un enjeu vis-à-vis de l'effet piézométrique possible des débits d'épuisement.

La construction du modèle consiste à représenter la géométrie des différentes couches « hydrogéologiques » qui jouent un rôle dans les écoulements à représenter. Cette géométrie a été représentée de manière précise au droit du tracé grâce à l'apport des sondages des missions géotechniques G1 et G2. Pour le reste des domaines modélisés, les sondages de la banque de données du sous-sol ont été analysés et interprétés de sorte à pouvoir interpoler la géométrie des couches sur tout le domaine modélisé. Le maillage du modèle est également dessiné lors de cette phase de construction (éléments de calcul plus fins aux bordures des ouvrages et plus larges dans les secteurs les plus éloignés du modèle). Enfin, des propriétés hydrogéologiques, comme la perméabilité, sont attribuées à chacune des couches modélisées. Ces paramètres sont initialement définis sur la base d'une synthèse de l'ensemble des données existantes dans le secteur d'étude. Les sources de données principales qui ont été exploitées sont les données issues de la thèse d'Aurélie Lamé, les données issues des archives de BURGEAP et les résultats des pompages d'essai menés lors des missions de reconnaissance géotechnique par la Société du Grand Paris.

Le calage consiste à restituer avec le modèle un état piézométrique de référence déterminé pour chaque couche hydrogéologique sans le projet. Ces états piézométriques de référence ont été définis grâce aux mesures piézométriques réalisées lors des missions géotechniques G1 et G2 complétées par des données bibliographiques (résultats de mesures piézométriques issus de la BSS et des archives de BURGEAP). La première étape de calage est effectuée en régime permanent, c'est-à-dire que en simulant un état stable. L'état piézométrique de référence est considéré comme un état stabilisé, sans effets transitoires dus par exemple à l'arrêt de pompages ou une crue de la Seine. En cas de divergence entre l'état piézométrique de référence et l'état piézométrique simulé, certains paramètres sont ajustés (par exemple les perméabilités) afin d'obtenir une représentation satisfaisante de l'état piézométrique de référence. Les ajustements se doivent d'être réalisés dans des limites « raisonnables », définis grâce à l'analyse des données sources concernant les paramètres. Certains paramètres sont bien connus d'autres moins car difficile à mesurer sur le terrain. En complément de cette étape de calage en régime permanent, des calages en régime transitoire reproduisant les effets piézométriques liés au passage de crues de la Seine ont été réalisés. Cette fois ci, l'objectif consiste à reproduire avec le modèle l'évolution piézométrique dans le temps. Le facteur de colmatage des rivières est le principal paramètre du modèle permettant d'ajuster le modèle à ces observations. .

Enfin, l'étape de simulation consiste à intégrer dans le modèle les structures enterrées du projet (tunnel, parois moulées, jupes et fonds injectés). La perméabilité des éléments représentant ces structures sont adaptées (perméabilité très faibles pour le tunnel et les parois moulées, et modérément faibles pour les jupes et fonds injectés). Pour la phase travaux, un dénoyage des ouvrages concernés est simulé en imposant dans le modèle la cote d'épuisement souhaitée. Le modèle restitue le débit nécessaire à cet épuisement et permet de visualiser l'effet piézométrique résultant (abaissement du niveau des nappes par exemple).

Les simulations ont été effectuées en régime permanent qui suppose des pompages de durée infinie. Cette approche tend à surestimer les impacts car les pompages d'épuisement seront en réalité temporaires.

En complément de l'étape de simulation, des tests de sensibilité sont réalisés sur certains paramètres hydrodynamiques de sorte à quantifier l'influence de ces paramètres sur les résultats. En effet, certains paramètres sont bien connus d'autres moins car difficiles à mesurer sur le terrain. Les tests de sensibilité sont réalisés dès l'étape de calage ou avec un scénario de simulation. De nombreux tests ont été réalisés en particulier avec le modèle 2 au niveau de la plaine de Vitry car de nombreux paramètres hydrodynamiques entrent en jeu dans ce secteur.

**Dans le secteur de plaine de Vitry, les simulations de l'effet piézométrique ont été réalisées en retenant un cas probable et un cas extrême sur les débits d'épuisement nécessaires à la mise hors d'eau du chantier. Le cas probable traduit l'effet piézométrique attendu en retenant des performances normales pour les dispositions constructives prévues pour limiter les débits d'épuisement tels que les jupes et les fonds injectés. Le cas extrême tient compte de performances dégradées de ces dispositifs en raison d'aléas géologiques susceptibles d'influer sur la performance et la qualité des injections. Le cas extrême est celui intégrant les débits d'épuisement retenus par les maitres d'œuvre.**

**Le secteur de la boutonnière de Boulogne étant bien connu et présentant peu d'aléas géologiques, il n'a pas été nécessaire de réaliser des simulations avec plusieurs cas de figure sur la performance attendue des dispositions constructives permettant de limiter les débits d'épuisement.**

Aucune simulation spécifique n'a été réalisée pour la phase définitive car les débits d'infiltration prévus sont trop faibles pour engendrer des impacts significatifs.

En complément de ces modèles et pour le cas particulier de la gare de Bry-Villiers-Champigny qui présente un débit d'épuisement significatif en phase travaux dans une nappe superficielle (Eocène supérieur), l'impact piézométrique du pompage d'éopuisement a été évalué par calcul semi-analytique grâce au logiciel TIGRE (BRGM).

Le logiciel TIGRE (Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements résultant d'un ensemble de puits de pompage situés dans une nappe souterraine homogène. La méthode basée sur la théorie des images, utilise une solution analytique : les calculs sont réalisés directement, sans aucune discrétisation du temps ou de l'espace, par superposition de l'influence de chaque puits et limite selon la formule de Theis.La modélisation numérique permet d'évaluer les effets sur les niveaux de nappe des débits d'épuisement. L'impact, quant à lui est évalué en déterminant les conséquences de ces modifications piézométriques sur :

- les phénomènes de tassement au sein des couches sensibles et donc sur les risques de désordre sur le bâti ;
- les risques d'accélération des processus de dissolution de gypse ;
- la migration d'éventuels polluants ;
- la ressource en eau et les exploitations d'eau souterraine.

Certaines conséquences peuvent être évaluées de manière assez précise sur la base de formules analytiques simples. C'est par exemple le cas de l'évaluation du tassement consécutif à une baisse piézométrique. D'autres phénomènes comme le risque de dissolution du gypse sont par contre plus difficiles à évaluer quantitativement. Dans ce cas une approche qualitative est proposée.

Une présentation simplifiée de chaque modèle et de la démarche utilisée est présentée en première partie de chacun des secteurs associés.

### *1.6.2.6 Impacts hydrogéologiques sur le secteur de la boutonnière de Boulogne (Modèle 1) – Annexe 4*

a. *Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux*

***Modèle conceptuel et limites du domaine***

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur les figures ci-contre. L'extension du modèle répond à une logique hydrogéologique (limites d'alimentation sur tout le pourtour du modèle, excepté au nord où l'extension est superposée à une ligne de séparation des eaux, c'est-à-dire une limite sans apports).

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité représente environ 6,2 km de long sur 5,5 km de large, soit une surface de l'ordre de 34 km².

À l'intérieur même du domaine hydrogéologique, les alluvions anciennes et la craie se comportent, du point de vue piézométrique, comme un seul et même aquifère, à l'exception des zones, au nord, où ces deux formations sont séparées par les Marnes de Meudon et les Argiles Plastiques.

Les sorties d'eau du domaine hydrogéologique considéré sont la Seine, les prélèvements pour l'alimentation en eau (géothermie essentiellement) et surtout les drainages de mise hors d'eau d'infrastructures (RATP, parkings souterrains, autres infrastructures).

Les échanges entre la nappe et la Seine sont contrôlés par le paramètre de colmatage, spécifié le long des berges et du lit du fleuve. La valeur du facteur de colmatage a fait l'objet, entre autres, du calage du modèle.

La Seine a été représentée comme un potentiel imposé à la cote 26,73 m NGF (hors crue).

Enfin, les prélèvements connus et déclarés ont été pris en compte dans le modèle hydrogéologique. Les prélèvements connus mais non déclarés ont également été pris en compte. Des prélèvements en nappe supplémentaires ont dû être imposés de manière à reproduire correctement les dépressions piézométriques observées au centre de la boucle de Boulogne.




**Limites du domaine modélisé**
**(Source : BURGEAP)**

***Couches géologiques représentées***

Le modèle géologique comprend toutes les couches géologiques situées entre le terrain naturel et la craie. Il comprend donc les unités stratigraphiques suivantes :

- Alluvions modernes ;
- Alluvions anciennes ;
- Argiles Plastiques (érodées au droit du projet) ;
- Marnes de Meudon (érodées au droit du projet) ;
- Craie fracturée perméable ;
- Craie saine peu perméable.

La base du modèle géologique est donc constituée par la Craie peu perméable.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble de la boucle de Boulogne a été établie sur la base des éléments suivants :

- données issues des reconnaissances géologiques G1 et G2 menées par la SGP au droit du tronçon ;
- base de données de la BSS ;
- archives internes de Burgeap.

Sur la base de ces données, les altitudes du toit et du mur de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été cartographiées et introduites dans la géométrie du modèle.

Le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est caractérisé par la présence de nombreuses infrastructures souterraines atteignant la nappe (parking de bureaux notamment). Une représentation dans le modèle des infrastructures souterraines, en particulier au droit des ZAC de Boulogne-Billancourt et d'Issy-Les-Moulineaux a donc été réalisé afin de prendre en compte l'existence d'obstacles aux écoulements souterrains. Le recensement des infrastructures a été réalisé sur la base des archives de BURGEAP qui a suivi de nombreuses études dans ces secteurs.

***Opérations de calage du modèle***

Une opération de calage en régime permanent a consisté à reproduire une piézométrie de référence pour la nappe des alluvions et de la craie. Cette piézométrie de référence est jugée stable car elle a été mesurée en l'absence notamment d'une crue de la Seine.

Ce calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres, dont :

- la perméabilité horizontale des alluvions anciennes et de la craie fracturée ;
- les volumes pompés par des puits « fictifs », justifiés par la présence d'importantes dépressions piézométriques.

Le calage en régime permanent suppose les hypothèses suivantes :

- les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace à l'exception de la craie fracturée ;
- la perméabilité de la craie fracturée est variable suivant les situations : valeur faible sous recouvrement, valeur intermédiaire hors recouvrement mais éloigné de la Seine, valeur forte à proximité immédiate du lit mineur de la Seine. Cette gradation de perméabilité rend compte de la progression de la fracturation de la craie plus la distance à la Seine est faible.

En complément, le modèle a été calé en régime transitoire. Le calage en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire les transmissions d'onde de crues de Seine dans l'aquifère qui ont été enregistrées en quatre points de la boucle, en bordure de Seine (Pont de Saint-Cloud, Parc André Citroën, entre le pont d'Issy et le pont de Billancourt, au pont d'Issy).

Le calage en régime transitoire a ainsi été réalisé en ajustant les paramètres suivants :

- le coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine ;
- la porosité des alluvions modernes.

En effet, outre la transmissivité de l'aquifère, qui a été calée en régime permanent, ce sont ces deux paramètres qui conditionnent essentiellement l'évolution piézométrique de la nappe du complexe alluvions-craie lorsque la Seine est sujette à une crue.

***Paramètres hydrodynamiques retenus***

Les valeurs de perméabilités retenues à l'issue des opérations de calage sont les suivants :

| | Perméabilité horizontale (m/s) | Perméabilité verticale (m/s) |
|---|---|---|
| **Alluvions modernes** | $1.10^{-5}$ | $5.10^{-7}$ |
| **Alluvions anciennes** | $3.10^{-3}$ | $1.10^{-4}$ |
| **Argiles plastiques de l'Yprésien** | $6.10^{-5}$ | $2.10^{-9}$ |
| **Marnes de Meudon** | $1,7.10^{-5}$ | $1,7.10^{-6}$ |
| **Craie perméable** | $3.10^{-3}$ | $3.10^{-3}$ |
| **Craie peu perméable** | $5.10^{-6}$ | $5.10^{-6}$ |

**Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques**
**(Source : BURGEAP)**

Les opérations de calage en régime transitoire ont par ailleurs conduit à la mise en place d'un colmatage géographiquement différencié entre l'amont de l'ile Seguin d'une part et l'aval de l'ile Seguin. L'importance des pompages en nappe dans le secteur amont de l'île Seguin, auraient vraisemblablement attirés des particules fines de la Seine vers l'aquifère et auraient donc accroit le colmatage du lit de la Seine.

| | Coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine ($s^{-1}$) |
|---|---|
| Amont de l'ile Seguin | $8.10^{-8}$ |
| Aval de l'ile Seguin | $1.10^{-5}$ |

**Facteur de colmatage de la Seine obtenu après calage du modèle en régime transitoire**
**(Source : BURGEAP)**

Les paramètres hydrodynamiques retenus à la fin du processus de calage traduisent bien la forte productivité de l'aquifère de la craie et des alluvions dans ce secteur et sont tout à fait cohérents avec les résultats des multiples pompages d'essai dont dispose BURGEAP.

Un pompage d'essai mené pour le compte de la SGP au droit de la gare ISSY RER est d'ores et déjà disponible. La transmissivité de la craie a été déterminée entre 5,5 $10^{-2}$ m²/s et $9.10^{-2}$ $m^2/s$ suivant les piézomètres d'observation ce qui conduit à une perméabilité moyenne de craie comprise entre $4,5.10^{-3}$ m/s et $7,5.10^{-3}$ m/s. Ces valeurs confirment la très bonne perméabilité de la craie.

Les valeurs issues du pompage d'essai sont supérieures à la valeur retenue dans le modèle. Il est possible toutefois que la perméabilité de la craie déterminée par pompage d'essai soit légèrement surestimée, du fait notamment que l'interprétation du pompage d'essais est fait abstraction de l'influence probable des alluvions.

**Des informations plus détaillées et complémentaires sur le modèle n°1 peuvent être consultées dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe 4.**

*b. Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines*

- ***Présentation des simulations***

Sur ce secteur, des pompages d'épuisement significatifs en phase travaux seront réalisés pour la construction des gares Pont-de-Sèvres et Issy-RER et de leur émergences et connexions. Pour mémoire, il a été évalué par le maître d'œuvre un débit de pompage d'épuisement de 85 $m^3/h$ pour la gare Pont-de-Sèvres et de 45 $m^3/h$ pour la gare Issy-RER (connexions et émergences comprises). Ces deux ouvrages sont situés dans un contexte hydrogéologique analogue représenté par un aquifère bi-couches très productif d'alluvions anciennes de Seine et de craie.

Les solutions constructives prévues et les principales caractéristiques des ouvrages sont rappelées dans le tableau suivant :

| | Solution constructive retenue pour limiter le débit d'épuisement | Cote et hauteur de dénoyage de la nappe à l'intérieur des parois moulées | Débit d'épuisement estimé (avec connexions) |
|---|---|---|---|
| Gare Pont-de-Sèvres | Parois moulées ancrées de 20 m dans la craie saine | Dénoyage à -5 NGF soit sur une hauteur de 32 m | 85 $m^3/h$ |
| Gare Issy-RER | Parois moulées ancrées de 16 m dans la craie saine | Dénoyage à 7 NGF soit sur une hauteur de 19 m | 45 $m^3/h$ |

**Caractéristiques principales des pompages d'épuisement des gares du secteur de la boutonnière de Boulogne**

Les simulations effectuées pour évaluer l'impact de ces deux gares ont été réalisées en reproduisant dans le modèle les caractéristiques techniques énoncées ci-avant à savoir la profondeur d'ancrage des parois moulées et la cote d'épuisement à atteindre.

Les simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses suivantes :

- les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible dans la mesure où celles-ci sont pratiquement imperméables. Le débit d'épuisement est restitué en appliquant à l'intérieur des parois moulées une cote de dénoyage imposée à la nappe ;

- les simulations ont été réalisées en régime permanent uniquement et pour un niveau de Seine normale étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable vis-à-vis des exploitations d'eau souterraine ;

- le planning prévisionnel des travaux prévoit la réalisation de ces deux gares de manière concomitante. Les simulations ont donc été réalisées en appliquant le dénoyage maximal au sein de chacune des deux gares de sorte à évaluer les éventuels effets cumulés entre elles ;

- les ouvrages annexes du secteur ne seront pas à l'origine de débits d'épuisement significatifs, la durée de pompage sera de plus très courte. Ils n'ont donc pas été représentés dans le modèle car ils ne sont pas susceptibles d'engendrer des impacts significatifs.

- les structures souterraines connues occultant tout ou partie de l'aquifère sont représentées dans le modèle de sorte à évaluer les éventuels effets cumulés entre le projet et l'occupation du sous-sol. Certaines infrastructures prises en compte dans le modèle ne sont pas encore réalisées dans la mesure où elles sont encore en phase de projet. Elles ont tout de même été représentées par mesure de précaution ;

- les exploitations souterraines recensées existantes dans le secteur modélisé sont représentées. Un grand projet de géothermie sur nappe est actuellement en cours de réalisation porté par l'entreprise IDEX. Ce projet important prévoit la réalisation de 10 forages constitués de 4 forages de pompage et de 6 forages d'injection pour un débit de pointe de 1500 $m^3$/h. Compte tenu de l'importance de ce projet et du fait qu'il n'est pas encore en fonctionnement, deux simulations ont été réalisées : avec et sans ce projet. L'implantation des forages IDEX reste approximative.

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

- ***Résultat des simulations***

Les débits restitués par le modèle sont donnés dans le tableau suivant.

| | **Débit d'épuisement restitué par le modèle (avec connexions)** |
|---|---|
| Gare Pont-De-Sèvres | 75 $m^3$/h |
| Gare Issy-RER | 50 $m^3$/h |

**Débits d'épuisement restitués par le modèle en régime permanent**

Les débits d'épuisement restitués par le modèle sont tout à fait cohérents avec les évaluations réalisées par le Maître d'œuvre avec des méthodes de calcul simplifiées.

Les figures suivantes présentent l'effet piézométrique des pompages d'épuisement sur la nappe des alluvions et de la Craie. Ces figures ont été établies par comparaison entre l'état initial (sans projet) et l'état simulé avec les gares en cours de pompage. Pour l'évaluation de l'effet piézométrique tenant compte du projet IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), un état piézométrique initial « futur » a été simulé dans un premier temps. Pour réaliser ce nouvel état de référence initial, le projet IDEX a été simulé à son régime d'exploitation maximal.

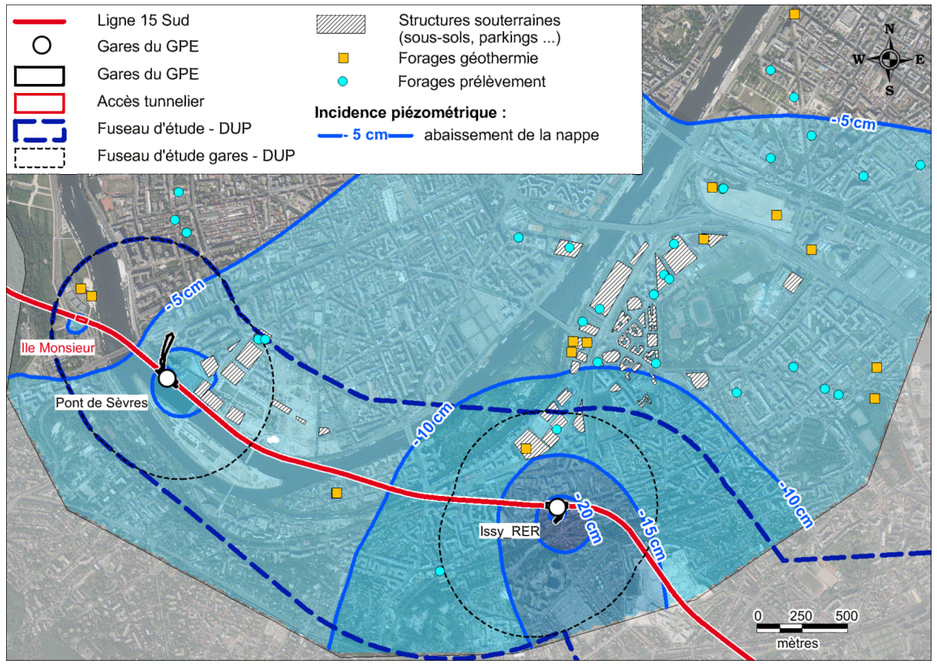
Les figures suivantes intègrent :

- les courbes d'iso-rabattement induit par le projet par rapport à l'état initial. Il s'agit de la baisse piézométrique provoquée par les pompages d'épuisement ;

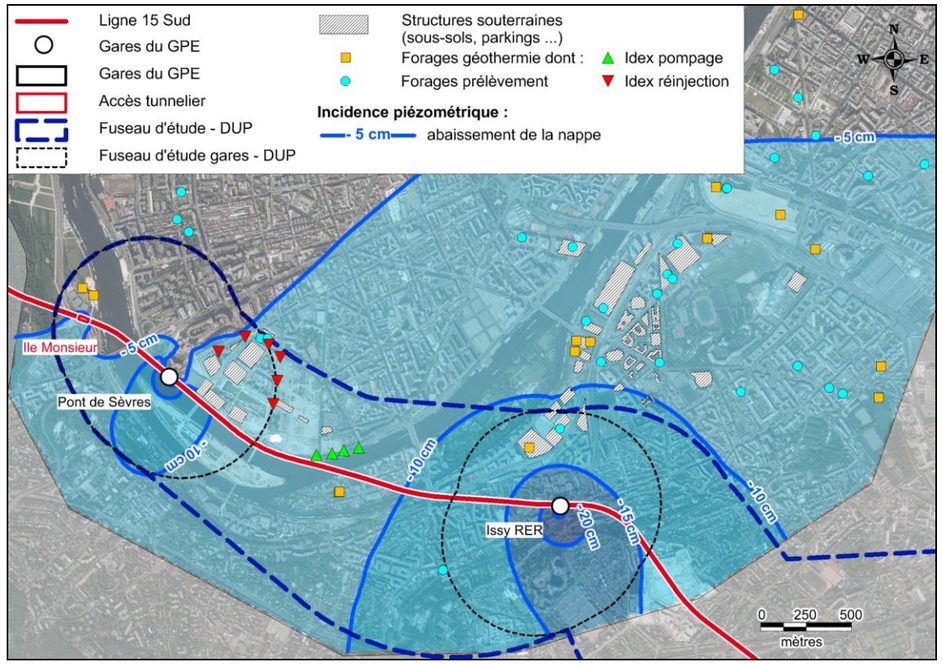
- les exploitations d'eaux souterraines représentées ;

- les infrastructures connues pénétrant dans l'aquifère.

L'abaissement de la nappe dû au pompage d'épuisement se trouve très limité au niveau de la gare de pont de Sèvres (cf. première figure de la page suivante).




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la boutonnière de Boulogne – Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la boutonnière de Boulogne – En considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Il apparait, quelques soit le scénario retenu (avec ou sans projet IDEX), que les pompages d'épuisement réalisés durant les travaux auront un impact très réduit sur le niveau de la nappe des alluvions et de la craie. En effet, à proximité immédiate des ouvrages, l'effet piézométrique ne sera que de quelques dizaines de centimètres. Il est inférieur à 10 cm sur la majorité de la boutonnière de Boulogne-Billancourt.

Le contexte hydrogéologique de ce secteur est bien connu de par les nombreux ouvrages souterrains qui ont déjà été réalisés. En conséquence, les évaluations d'impact proposées présentent une très bonne fiabilité. Les pompages d'essai en cours (notamment sur la gare de Pont de Sèvres) permettront de préciser la profondeur du toit de la craie peu perméable qui est susceptible de varier de plusieurs mètres. Ces résultats d'essai permettront notamment d'ajuster la cote d'ancrage de la paroi moulée de sorte à créer un frein sensible aux écoulements tel que simulé ici.

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

**En définitive, sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un très faible impact piézométrique grâce à la profondeur d'ancrage des parois moulées qui permet de limiter significativement les venues d'eau à l'intérieur des ouvrages**

**Ainsi, aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future (y compris projet IDEX) n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux.**

**Ces faibles impacts piézométriques n'auront par ailleurs aucune conséquence sur la stabilité du bâti alentour.**

### c. *Impacts de la baisse du niveau d'eau engendré par les pompages d'épuisement en phase travaux sur le bâti*

Certaines couches géologiques peuvent être sujettes à des phénomènes de tassement engendrés par la baisse du niveau piézométrique. Dans le secteur d'étude, c'est en particulier le cas de certaines couches superficielles comme :

- les alluvions modernes que rencontrés à proximité des cours d'eau ;
- les remblais d'anciennes gravières.

Les alluvions anciennes, sablo-graveleuses, qui sont présentes au droit des plaines alluviales sont quant à elles peu sensibles à ce phénomène de tassement.

L'objectif de cette analyse est de quantifier le tassement induit dans certaines couches sensibles à la baisse de niveau piézométrique calculée par le modèle hydrogéologique. Elle est réalisée en évaluant par calcul un tassement qui est fonction de la baisse de niveau d'eau d'une part et des propriétés géotechniques de la couche sensible d'autre part.

Le tassement est calculé tout d'abord en valeur absolue, il s'agit d'une baisse du niveau du sol en un point donné. Ensuite, le second paramètre qui est analysé est le tassement différentiel. Il s'agit de la différence de tassement entre deux points proches, il s'agit donc d'une pente. Ce critère est utilisé pour évaluer le risque associé par l'effort mécanique induit par des tassements non homogènes entre deux appuis d'un bâtiment.

Enfin, les tassements prévisionnels calculés en valeur absolue et différentiels sont comparés à des seuils de tolérance définis pour chaque type de bâti. Le risque de désordre apparaît comme faible si la valeur calculée est inférieure au seuil de tolérance.

Le risque de désordres sur le bâti engendré par des tassements est surtout conditionné par des tassements différentiels et beaucoup moins par les tassements en valeur absolue. Les tassements induits par des baisses piézométriques sont homogènes sur de grande distances car les cônes de dépression créés par les débits d'épuisement sont évasés comme l'a montré les simulations.

C'est donc principalement le critère de tolérance du bâti aux tassements différentiels qu'il convient de vérifier.

Les simulations réalisées sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt montrent que l'effet piézométrique des pompages en phase travaux sera très réduit (quelques dizaines de centimètres au maximum).

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

Aux environs proches de  la gare d'Issy-RER, les formations concernées par la baisse de niveau d'eau sont des alluvions anciennes qui ne sont pas particulièrement sensibles aux phénomènes de tassement induit par une baisse de niveau de l'eau.

Au droit de la gare Pont-de-Sèvres, le niveau de la nappe phréatique baigne les alluvions modernes qui peuvent être sujettes à des phénomènes de tassement liés à une baisse de niveau d'eau. Néanmoins, compte tenu des faibles impacts attendus, il n'est pas à craindre de tassements sensibles. Par ailleurs, ce secteur et toute la ZAC Seguin ont fait l'objet récemment de nombreux pompages d'épuisement de fond de fouille de débit analogues. Les efforts mécaniques subis par les alluvions modernes liées à ces pompages divers ont donc déjà contribués à les « consolider ».

**Dans le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu. Il n'y donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.**

### d. *Impacts des pompages d'épuisement sur les migrations de pollution d'eaux souterraines*

Les pompages d'épuisement vont créer temporairement des modifications des conditions d'écoulement des nappes qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la migration des pollutions existantes en particulier au niveau des nappes alluviales superficielles.

Le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt est potentiellement concerné par ce phénomène car il présente des débits d'épuisements en phase travaux non négligeables.

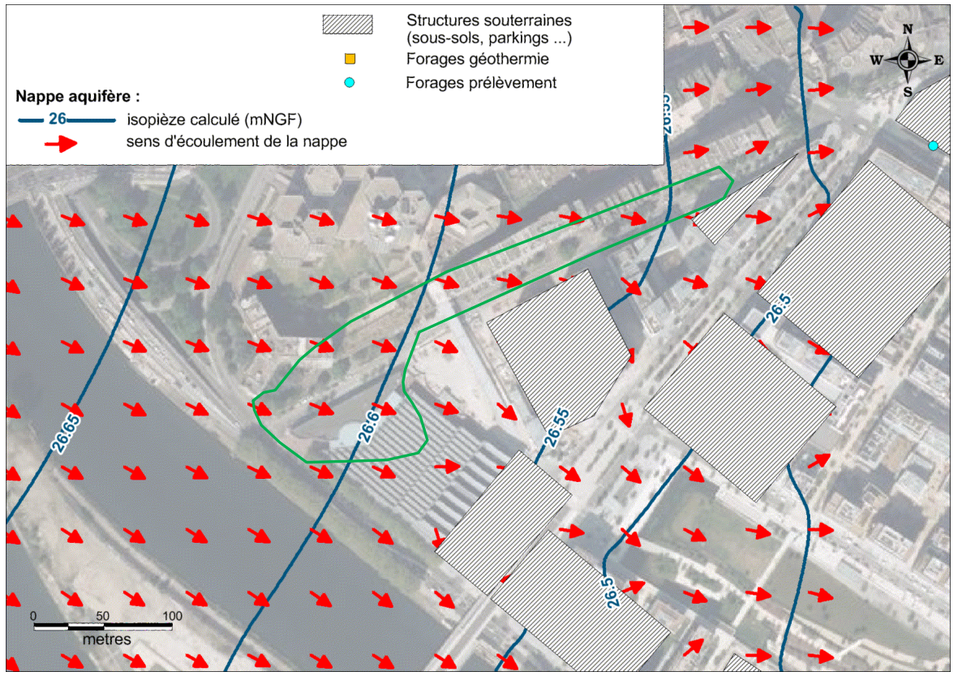
L'impact des pompages d'épuisement en termes de migration potentielle de pollutions existante a été évalué sur la base d'une analyse des modifications des conditions d'écoulement calculées avec le modèle hydrogéologique dans le secteur sensible à proximité de la gare Pont de Sèvres.

Les figures suivantes présentent les directions d'écoulement en situation initiale et en phase travaux lors des opérations de pompage à proximité de la gare de Pont-de-Sèvres où une pollution historique des eaux souterraines aux COHV a été mise en évidence grâce aux résultats des analyses d'eau publiées sur le site ADES. Cette zone potentiellement contaminée est représentée en vert sur les figures.

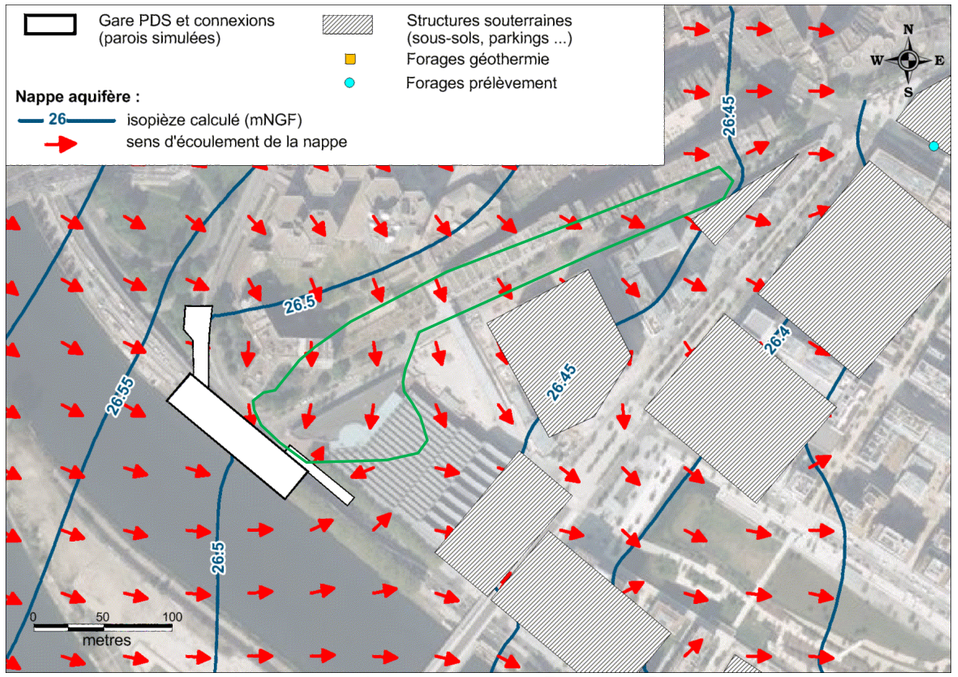
La présence de COHV à des teneurs dépassant les seuils de l'OMS est confirmée par les analyses réalisées par la Société du Grand Paris sur deux piézomètres mis en place au droit du site (cf 2.9.3.5 de la pièce B1).

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

La pollution constatée concerne la nappe des alluvions. Aucun prélèvement n'a été réalisé dans la nappe profonde dans la craie saine dans lesquelles seront ancrées les parois moulées et qui est susceptible d'être de meilleure qualité.




**Directions d'écoulement à proximité de la gare de Pont de Sèvres en phase travaux - Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Directions d'écoulement à proximité de la gare de Pont de Sèvres en phase travaux - Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Le pompage d'épuisement va entraîner des modifications locales des directions d'écoulement et une partie de la zone potentiellement polluée est incluse dans le cône d'appel de la gare.

Il est donc possible que la qualité de l'eau prélevée se dégrade au cours du temps. Ceci étant, La dilution limitera nettement la contamination potentielle de l'eau d'exhaure car la zone polluée ne concerne qu'une faible partie de la zone d'appel.

De même, les analyses réalisées par la Société du Grand Paris ont mis en évidence la présence de teneur en COHV dépassant les valeurs de référence au niveau de la gare d'Issy RER, sur deux piézomètres.

Comme pour la gare de Pont de Sèvres, le pompage d'épuisement au droit de cette gare va entrainer des modifications des directions d'écoulement et donc la possibilité de migration des polluants au niveau de la gare d'Issy RER. Toutefois, la zone polluée ne concernant qu'une partie de la zone d'appel, la dilution limitera nettement la contmaination de l'eau de pompage.

La qualité de l'eau souterraine sera mesurée au droit de ces futures gares avant le début des travaux et sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV.

Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur le chantier de ces deux gares, avant le rejet.

*e. <u>Conclusions sur le secteur de la boutonnière de Boulogne</u>*

Sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un **très faible effet piézométrique**.

**Aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future (y compris le projet de géothermie porté par la société IDEX) n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux.**

Dans ce secteur, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu : il n'y donc **pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène**.

L'impact des pompages d'épuisement **en termes de migration potentielle de pollution existante** a été évalué grâce au modèle hydrogéologique (modèle 1) sur le secteur sensible, à proximité de la gare Pont de Sèvres.

La pollution constatée près de cette gare concerne la nappe des alluvions.

Le pompage d'épuisement va entraîner des modifications locales des directions d'écoulement et une partie de la zone potentiellement polluée est incluse dans le cône d'appel de la gare. Il est donc possible que la qualité de l'eau prélevée se dégrade au cours du temps. Cependant, la dilution limitera nettement la contamination potentielle de l'eau d'exhaure car la zone potentiellement polluée ne concerne qu'une faible partie de la zone d'appel.

**La qualité de l'eau souterraine sera mesurée au droit de la future gare avant le début des travaux et sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV.**

**Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur le chantier avant le rejet.**

### *1.6.2.7 Impacts hydrogéologiques sur le secteur d'Issy à Cachan*

Ce secteur couvre la zone entre le plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux, et la rivière Bièvre, à Cachan. La réalisation des gares de ce secteur (Fort d'Issy Vanves Clamart, Chatillon-Montrouge, Bagneux et Arcueil-Cachan) et des ouvrages annexes intermédiaires ne nécessiteront pas la réalisation de pompage d'épuisement de débits significatifs. En effet, les ouvrages seront terrassés sous protection de parois moulées ancrées dans les formations peu perméables de l'Yprésien ou dans la Craie et les Marnes de Meudon sous-jacente. Les débits moyens sont tous inférieurs à 5 $m^3$/h pour la phase travaux.

Pour les gares Fort d'Issy–Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux, les parois moulées seront ancrées dans la Craie dont le niveau de nappe est inférieur au fond de fouille. Ainsi, les parois moulées constitueront un obstacle total aux écoulements souterrains.

Pour la gare d'Arcueil-Cachan, les parois moulées seront également ancrées dans la Craie dont le niveau est légèrement supérieur au fond de fouille. Sous le fond de fouille, une épaisseur résiduelles de formations peu perméables yprésiens conséquente créera un bouchon naturel hydraulique empêchant toute venues d'eaux significative.

Les ouvrages annexes situés entre ces gares auront des caractéristiques analogues.

Les analyses d'eau souterraine réalisées au droit des gares ont mis en évidence la présence de phase flottante d'hydrocarbure au sud-ouest de la gare d'Issy-Vanves-Clamart, et en aval de la gare de Bagneux (cf. 2.9.3.5 de la pièce B1) Toutefois, les débits d'épuisement étant quasi nuls au droit de ces gares, les écoulements souterrains ne seront que très peu modifiés : aucun impact sur la migration de polluants n'est donc à prévoir.

Une exploitation souterraine a été recensée dans le secteur : il s'agit du doublet géothermique captant la nappe de l'Albien au droit du Fort d'Issy. La nappe de l'Albien est considérée comme une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable de la ville de Paris ;certains forages à l'Albien peuvent être utilisés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine en cas de crise. En raison de la profondeur importante de l'aquifère (aux alentours de 700 m de profondeur), la vulnérabilité de cette nappe sera considérée comme nulle pendant la phase de travaux.

**Pour le secteur du plateau d'Issy à Cachan, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Aucune simulation n'apparaît donc nécessaire pour ces ouvrages.**

**Ces effets piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.**

### 1.6.2.8 Impacts hydrogéologiques sur le secteur du Plateau de Villejuif

Ce secteur occupe la partie centrale de l'aire d'étude, entre la vallée de la Bièvre, à Cachan, et le Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine. La réalisation des gares (Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon) et ouvrages annexes de ce secteur ne nécessite également aucun débit d'épuisement significatif.

La gare de Villejuif IGR sera réalisée sous protection d'une paroi moulée ancrée dans les Marnes d'Argenteuil empêchant les venues d'eau venant des nappes superficielles et de la nappe de Pantin. Le fond de fouille de l'ouvrage sera situé dans les Masses et Marnes du Gypse désaturées.

Pour la gare Villejuif Louis Aragon, les parois moulées seront ancrées dans les Masses et Marnes du gypse désaturées. Aucun débit résiduel n'est attendu, ainsi il n'est pas attendu de modifications locales des directions d'écoulement.

Malgrès la présence de cuves potentiellement enterrées à moins de 100  de la gare de Villejuif Louis Aragon, (cf. 2.9.3.5 de la pièce B1), aucun impact n'est à prévoir sur la migration de potentiels polluants dans la nappe.

**Pour le secteur du plateau de Villejuif, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Aucune simulation n'apparaît donc nécessaire pour ces ouvrages.**

**Ces effets piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.**

### 1.6.2.9 Impacts hydrogéologiques sur le secteur de la Plaine de Vitry (Modèle 2) – Annexe 5

Ce secteur, occupant les vallées de la Seine et de la Marne, couvre la zone allant du Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine, jusqu'au contrebas du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Marne. Les gares faisant partis de ce secteur sont : Vitry centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil l'Echat Saint-Maur-Créteil et Champigny centre.

Dans cette zone, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil, et sur les Calcaires Grossiers du Lutétien de Créteil à Champigny-sur-Marne.

Ce secteur présente **un niveau de sensibilité important** compte tenu :

- de la présence d'une nappe productive essentiellement contenue dans les formations du Lutétien ;
- de la présence de niveaux de gypse anté-ludien ;
- de la présence locale d'horizons sensibles aux phénomènes de tassement ;
- de la présence de zones où les eaux souterraines sont localement contaminées.

a. *Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux*

***Modèle conceptuel et limites du domaine***

Sur tout ce linéaire, le tunnel traverse une grande partie de la série géologique parisienne et plusieurs nappes superposées :

- nappe de la Craie ;
- nappe des Sables yprésiens ;
- nappe du Calcaire Grossier et des Marnes et Caillasses ;
- nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen ;
- nappe alluviale de la Seine et de la Marne en particulier au niveau de la plaine de Vitry.

Le tunnel et certaines gares interceptent également et localement des nappes plus superficielles (nappe des sables de Fontainebleau, nappe du Marno-Calcaire de Brie, nappe des Marnes de Pantin, nappe du calcaire de Champigny ou des Masses et Marnes du gypse).

Le contexte hydrogéologique est donc particulièrement riche et complexe. De fait, le modèle ne représente que les principales nappes interceptées par le projet à savoir :

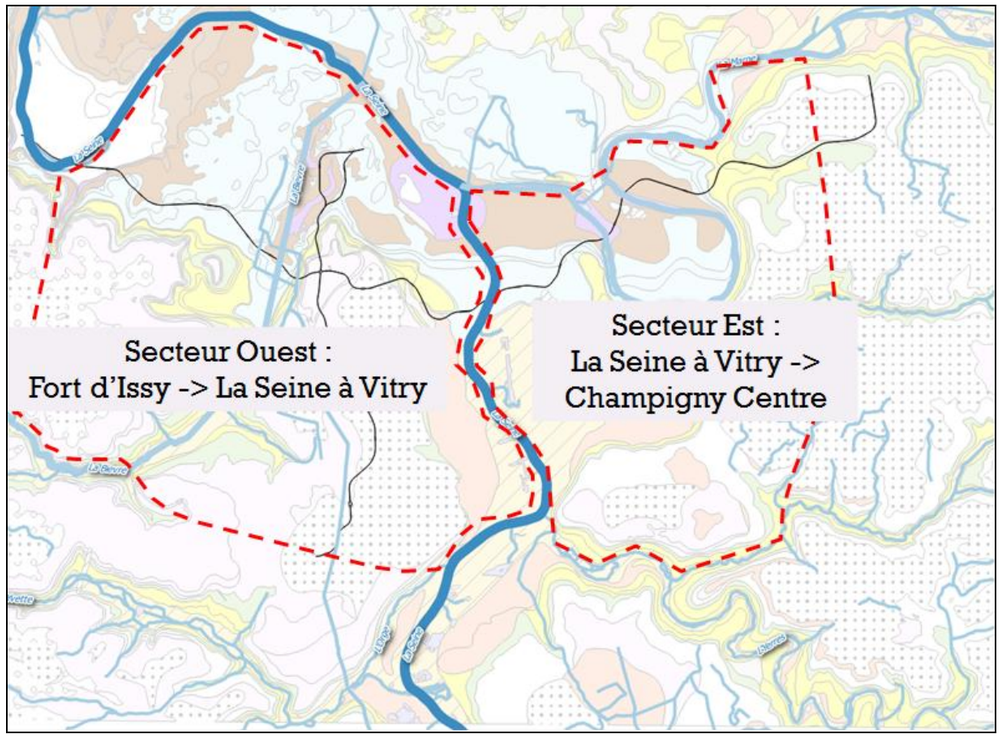
- la nappe de la Craie ;
- l'ensemble des Sables yprésiens, Calcaire Grossier et Marnes et Caillasses ;
- les nappes du Marno-calcaire de Saint-Ouen et nappes alluviales en vallées de Seine et de Marne.

Les emprises ont été choisies afin de représenter des portions suffisamment larges de la ligne dans le but :

- d'évaluer les effets cumulés éventuels des pompages résiduels en phase travaux des ouvrages ;

- mais également d'évaluer l'effet barrage du tunnel en lui-même et des gares associés.

Les limites des modèles sont des limites « naturelles » (cours d'eau, ligne de séparation des eaux, front d'alimentation d'aquifères régionaux) (cf. figure de la page ci-dessous) dans les aquifères superficiels, et des limites d'alimentation régionales dans les nappes plus profondes. La recharge par la pluie a été sectorisée suivant le contexte hydrogéologique.




**Limites du domaine modélisé**
**(Source : BURGEAP)**

***Couches géologiques représentées***

Le modèle permet de représenter les couches suivantes :

- unités du quaternaire (alluvions, colluvions, remblais, limons de plateau) ;
- le Marno-calcaire de Saint-Ouen et localement les couches supérieures ;
- les Sables de Beauchamp discrétisés en trois couches pour représenter les sables de Beauchamp intermédiaires de perméabilité réduite ;
- les Marnes et Caillasses ;
- les Calcaires Grossiers « supérieurs » (perméables) ;
- les Calcaires Grossiers « inférieurs » (glauconieux et peu perméables) ;
- les Sables du Cuisien et autres sables supérieurs de l'Yprésien recouvrant les Fausses Glaises ;
- les Fausses Glaises ;
- les Sables d'Auteuil ;
- les Argiles Plastiques ;
- les Sables inférieurs (comprenant également le cendrier de Paris, les niveaux graveleux ou de silex situé à la base de l'Yprésien, les horizons individualisés de sables silteux, etc.) ;
- les Marnes de Meudon ;
- la Craie fracturée ;
- la Craie saine.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble des domaines a été établie sur la base des éléments suivants :

- données issues des reconnaissances géologiques G1 et G2 menées par la SGP au droit du tronçon ;
- base de données de la BSS ;
- archives internes de Burgeap.

Sur la base de ces données, les altitudes de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été cartographiées, de manière à disposer, pour toutes ces surfaces, de leur cote altimétrique en tout point de l'espace dans le modèle.

***Opérations de calage du modèle***

Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire des hauteurs piézométriques de référence établies pour les nappes alluviales, du Lutétien, de l'Yprésien et des calcaires de Meudon et de la craie. Ces piézométries de référence sont issues de l'interprétation des mesures piézométriques effectués par la SGP au droit du tronçon et des mesures disponibles dans la bibliographie (BSS et archives BURGEAP notamment).

Le calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres hydrodynamiques, dont notamment les perméabilités horizontales du Lutétien et de la craie, et les perméabilités verticales des Marnes et Caillasses, des Calcaires Grossiers glauconieux, de l'Yprésien et des Marnes de Meudon. Les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace et sont les mêmes dans les deux secteurs.

Au-delà de la restitution des charges piézométriques en valeur absolue, le calage en régime permanent avait pour objectif également de restituer correctement :

- les directions et gradient d'écoulement locaux au droit de chaque gare pour les nappes concernées ;
- les différences de charge entre nappes superposées : entre nappe de la craie et nappe lutétienne d'une part et entre nappe lutétienne et nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen d'autre part. La restitution de ces différences de charge permet notamment de caler les perméabilités verticales des couches géologiques régissant les échanges verticaux entre ces nappes.
- En complément, le modèle a été calé en régime transitoire. Le calage en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire l'effet piézométrique lié au passage d'ondes de crues de la Seine et de la Marne dans l'aquifère. Ce calage requière d'ajuster les coefficients de colmatage le long des cours d'eau.

***Paramètres hydrodynamiques retenus***

Les principaux paramètres hydrodynamiques retenus à l'issue des opérations de calage sont les suivants :

| | Perméabilité horizontale (m/s) | Perméabilité verticale (m/s) |
|---|---|---|
| **Alluvions modernes de Seine et de Marne** | $5.10^{-6}$ | $5.10^{-7}$ |
| **Alluvions anciennes de Seine et de Marne** | Entre $1,3.10^{-3}$ et $2.10^{-3}$ | Entre $1,3.10^{-4}$ et $2.10^{-4}$ |
| **Marno-calcaire de Saint-Ouen** | $1,8.10^{-4}$ | $3,6.10^{-7}$ |
| **Sables de Beauchamp supérieurs** | $1.10^{-5}$ | $1.10^{-7}$ |
| **Sables de Beauchamp moyens** | $1.10^{-7}$ | $5.10^{-9}$ |
| **Sables de Beauchamp inférieurs** | $1.10^{-5}$ | $1.10^{-7}$ |
| **Marnes et Caillasses** | $2,3.10^{-4}$ | $5.10^{-7}$ |
| **Calcaire Grossier** | $8,1.10^{-5}$ | $8,1.10^{-5}$ |
| **Calcaire Grossier inférieur** | $1,5.10^{-8}$ | $1,5.10^{-9}$ |
| **Sables supérieurs** | $3.10^{-4}$ | $3.10^{-5}$ |
| **Fausses glaises** | $5.10^{-6}$ | $5.10^{-7}$ |
| **Sables d'Auteuil** | $3.10^{-4}$ | $3.10^{-5}$ |
| **Argiles plastiques** | $1.10^{-8}$ | $1.10^{-10}$ |
| **Sables inférieurs** | Entre $5.10^{-6}$ et $4.10^{-4}$ suivant faciès | Entre $5.10^{-7}$ et $8.10^{-6}$ suivant faciès |
| **Marnes de Meudon** | $1,2.10^{-7}$ | $1,2.10^{-9}$ |
| **Craie fissurée** | Entre $2.10^{-4}$ et $3.10^{-3}$ (vallée de la Seine à Issy) | Entre $2.10^{-4}$ et $3.10^{-3}$ (vallée de la Seine à Issy) |
| **Craie saine** | $5.10^{-6}$ | $5.10^{-7}$ |

**Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques**
**(Source : BURGEAP)**

Les restitutions des amplitudes d'ondes de crue en nappe ont été établies en appliquant les colmatages des berges et du lit du fleuve donnés dans le tableau suivant.

Les opérations de calage en régime transitoire ont conduit à la mise en place d'un colmatage plus important vers Paris et plus faible dans les vallées de la Marne et la vallée de la Seine en amont de la confluence. Ceci est vraisemblablement lié à la présence de nombreux pompages en nappe à Paris, conduisant les fines à migrer de la Seine vers l'aquifère dont elles comblent et donc colmatent les vides.

| | Coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine ($s^{-1}$) |
|---|---|
| La Seine à Issy et Boulogne | $3,0.10^{-7}$ |
| La Seine à Paris (en aval de la confluence Seine-Bièvre) | $4,4.10^{-7}$ |
| La Seine à Paris (entre les confluences Seine-Bièvre et Seine-Marne) | $3,0.10^{-6}$ |
| La Seine en amont de la confluence Seine-Marne | $1,0.10^{-5}$ |
| La Marne | $1,3.10^{-5}$ |

**Facteur de colmatage de la Seine et de la Marne obtenu après calage du modèle en régime transitoire**
**(Source : BURGEAP)**

**Des informations plus détaillées et complémentaires sur le modèle n° 2 peuvent être consultées dans le rapport complet de modélisation fournit en annexe.**

*b. Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines*

***Rappel des enjeux du secteur***

Les débits d'épuisement évalués sur ce secteur pour les gares et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que jupes et fonds injectés.

**En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.**

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n° 2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

- ***Rappel des solutions constructives intégrées au projet pour limiter les débits d'épuisement et présentation des simulations réalisées***

Les solutions constructives prévues et les principales caractéristiques des ouvrages sont rappelées dans le tableau suivant :

| | Solution constructive retenue pour limiter le débit d'épuisement | Cote et hauteur de dénoyage de la nappe à l'intérieur des parois moulées | Débit d'épuisement estimé |
|---|---|---|---|
| **Gare Vitry-Centre** | Parois moulées ancrées de quelques mètres au toit des Marnes et Caillasses de perméabilité réduite | Dénoyage à 20,5 m NGF soit sur une hauteur de 10m | 200 $m^3/h$ |
| **Puits tunnelier Arrighi** | Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur) | Dénoyage à -2 m NGF soit sur une hauteur de 32m | 200 $m^3/h$ |
| **Gare Les Ardoines** | Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur | Dénoyage à 4,5 m NGF soit sur une hauteur de 26m | 250 $m^3/h$ |
| **Gare Le Vert De Maisons** | Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur) | Dénoyage à -8 m NGF soit sur une hauteur de 37m | 300 $m^3/h$ |
| **Gare Créteil L'Échat** | Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur | Dénoyage à 11,5 m NGF soit sur une hauteur de 19m | 250 $m^3/h$ |
| **Gare Saint-Maur Créteil** | Parois moulées ancrées dans la craie saine sur 10 m sous le radier | Dénoyage à -20 m NGF soit sur une hauteur de 47m | 250 $m^3/h$ |

**Caractéristiques principales des pompages d'épuisement des gares du secteur de la vallée de la Seine et de Marne**

La gare de Champigny-Centre ne présentera pas de débits d'épuisement significatifs car elle sera réalisée sous protection de parois moulées ancrées dans les formations peu perméables de l'Yprésien. **Elle n'a donc pas fait l'objet de simulations.**

Le puits tunnelier Arrighi a fait l'objet de simulations dans la mesure où cet ouvrage annexe a une surface importante et est susceptible de présenter un débit d'épuisement significatif. **En revanche, les autres ouvrages annexes du secteur ne seront pas à l'origine de débits d'épuisement importants et seront réalisés sur une courte durée. Ils n'ont donc pas fait l'objet de simulations spécifiques car les débits d'épuisement nécessaires pour réaliser ces ouvrages ne sont pas de nature à entrainer des impacts importants.**

**Les simulations effectuées pour évaluer l'impact de la réalisation des gares ont été effectuées en reproduisant dans le modèle les caractéristiques techniques énoncées ci-avant ; à savoir la profondeur d'ancrage des parois moulées, la présence d'injections de sol et la cote d'épuisement à atteindre.** La profondeur de cette cote d'épuisement est appliquée sur une couche géologique suffisamment profonde à l'intérieur de la fouille pour assurer la stabilité mécanique des horizons peu perméables éventuellement présents immédiatement sous le fond de fouille comme les sables de Beauchamp par exemple.

Les simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses suivantes :

- Les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible dans la mesure où celles-ci sont pratiquement imperméables ;
- Les simulations ont été réalisées en régime permanent uniquement et pour un niveau de Seine normale étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable vis-à-vis des exploitations d'eau souterraine ;

Les débits d'exhaure retenus et présentés dans le tableau ci-avant a été calculé avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 1,5 à 2 de manière à couvrir la possibilité d'aléas géologiques locaux ne permettant pas de réaliser des injections de qualité homogène sur toute la surface des terrains injectés. Ces aléas sont notamment des hétérogénéités de perméabilité des terrains injectés liées à la fissuration naturelle ou à la présence de vides locaux potentiellement associés au phénomène de dissolution du gypse.

Pour la gare de Vitry-Centre ne nécessitant pas la mise en œuvre d'injection, la perméabilité verticale retenue dans les Marnes et Caillasses pour évaluer le débit d'épuisement est nettement supérieure à la perméabilité usuellement rencontrée dans cette couche. Le débit d'épuisement est donc surévalué pour couvrir le risque de rencontrer localement des fissures dans les Marnes et Caillasses.

Le débit d'épuisement de la gare de Saint-Maur-Créteil dépendra également de la perméabilité naturelle locale de la craie profonde.

La craie, lorsqu'elle est recouverte d'un épais recouvrement tertiaire comme au droit de la gare Saint-Maur-Créteil, est généralement modérément productive sur une épaisseur limitée (quelques mètres) puis devient franchement peu productive car très peu fissurée.

Toutefois, des chantiers profonds d'assainissement réalisés aux alentours de l'axe de l'anticlinal de Meudon (à environ 500 mètres) ont rencontrés localement des fractures ouvertes profondes dans la craie pouvant apporter des venues d'eau significatives qui ont nécessités des traitements par injection de ciment. Ces observations ont conduit à considérer que l'existence de ces failles profondes dans la craie était une conséquence mécanique de la formation de l'anticlinal. De ce fait, le risque de rencontrer des fractures profondes est vraisemblablement conditionné par la distance à l'axe de l'anticlinal.

La gare de Saint-Maur-Créteil étant relativement éloignée de l'axe de l'anticlinal (environ 1200 mètres), l'existence de failles profondes dans la craie au droit de la gare est un aléa peu probable.

Toutefois, le débit d'épuisement en phase travaux a été évalué avec une marge de sécurité importante pour tenir compte notamment de la possible présence de craie particulièrement

productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances.

**Ainsi, les débits d'épuisement annoncés pour les gares dans le tableau ci-avant reflètent des cas extrêmes liés à des aléas géologiques non prévisibles.**

Pour la quantification des impacts, un premier scénario a été considéré afin d'évaluer les effets piézométriques cumulés entre ouvrages durant la période du chantier où les débits d'épuisement seront les plus importants**. Il s'agit donc de la phase du chantier la plus pénalisante en termes d'effet piézométrique à l'échelle du secteur de la plaine de Vitry**.

- Une première simulation a été réalisée avec le modèle en retenant des performances d'injection de sol et des perméabilités de terrain considérés comme vraisemblables ; il s'agit du **cas de figure probable**. Ce cas de figure conduit à des débits d'épuisement nettement inférieurs à ceux présentés dans le dossier, en raison des coefficients de sécurité retenus par les Maitres d'Œuvre.

- Dans un second temps, une simulation a été réalisée en restituant pour chaque ouvrage le débit d'épuisement sécuritaire retenu par le maître d'œuvre. Cette simulation reflète les effets piézométriques attendus dans un **cas de figure extrêmement défavorable** en termes d'aléas géologiques.

**Les résultats obtenus avec ces deux cas de figure sont présentés ci-après.**

L'analyse fine du planning prévisionnel du chantier a permis de définir ce scénario de simulation qui présente le plus fort débit instantanément et le plus d'effets cumulés potentiels à l'échelle du tronçon. Ceci étant, toutes les gares ne seront pas réalisées de manière concomitante. En effet, le pic de pompage d'épuisement local au droit de certaines gares est susceptible de se produire avant ou après la phase critique qui a fait l'objet de la première simulation. En conséquence, le scénario qui présente instantanément le plus gros débit d'épuisement cumulé n'est pas nécessairement celui qui est susceptible de présenter le plus d'effets piézométriques en tout point du secteur. **C'est pourquoi, 3 autres scénarios de simulation complémentaires ont été définis qui correspondent à trois autres phases du chantier permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal en tout point. Pour ces 3 autres scénarios de simulation, seul le cas de figure extrême a été considéré c'est-à-dire celui obtenu avec les débits d'épuisement sécuritaires retenus par le maître d'œuvre.**

- ***Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE PROBABLE***

**Cette situation est représentative de la période où le plus gros débit d'épuisement sera prélevé simultanément sur l'ensemble du secteur.**

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Cette situation prévoit donc un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vert-de-Maisons et Créteil-L'Echat. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

| Ouvrages | Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées | Débit d'épuisement ($m^3/h$) |
|---|---|---|
| **Vitry Centre** | 25% | 6 |
| **Puits Arrighi** | pas d'épuisement (0%) | 0 |
| **Les Ardoines** | 40% | 65 |
| **Le Vert de Maisons** | **100%** | 102 |
| **Créteil L'Échat** | **100%** | 104 |
| **Saint-Maur-Créteil** | pas d'épuisement (0%) | 0 |
| **DEBIT TOTAL** | | **277** |

**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure probable)**

La simulation a été réalisée en retenant les paramètres hydrodynamiques suivants :

- une perméabilité vraisemblable des jupes et fonds injectés à savoir $1.10^{-6}$ m/s ;

- une perméabilité des parois moulées de $1.10^{-10}$ m/s ;

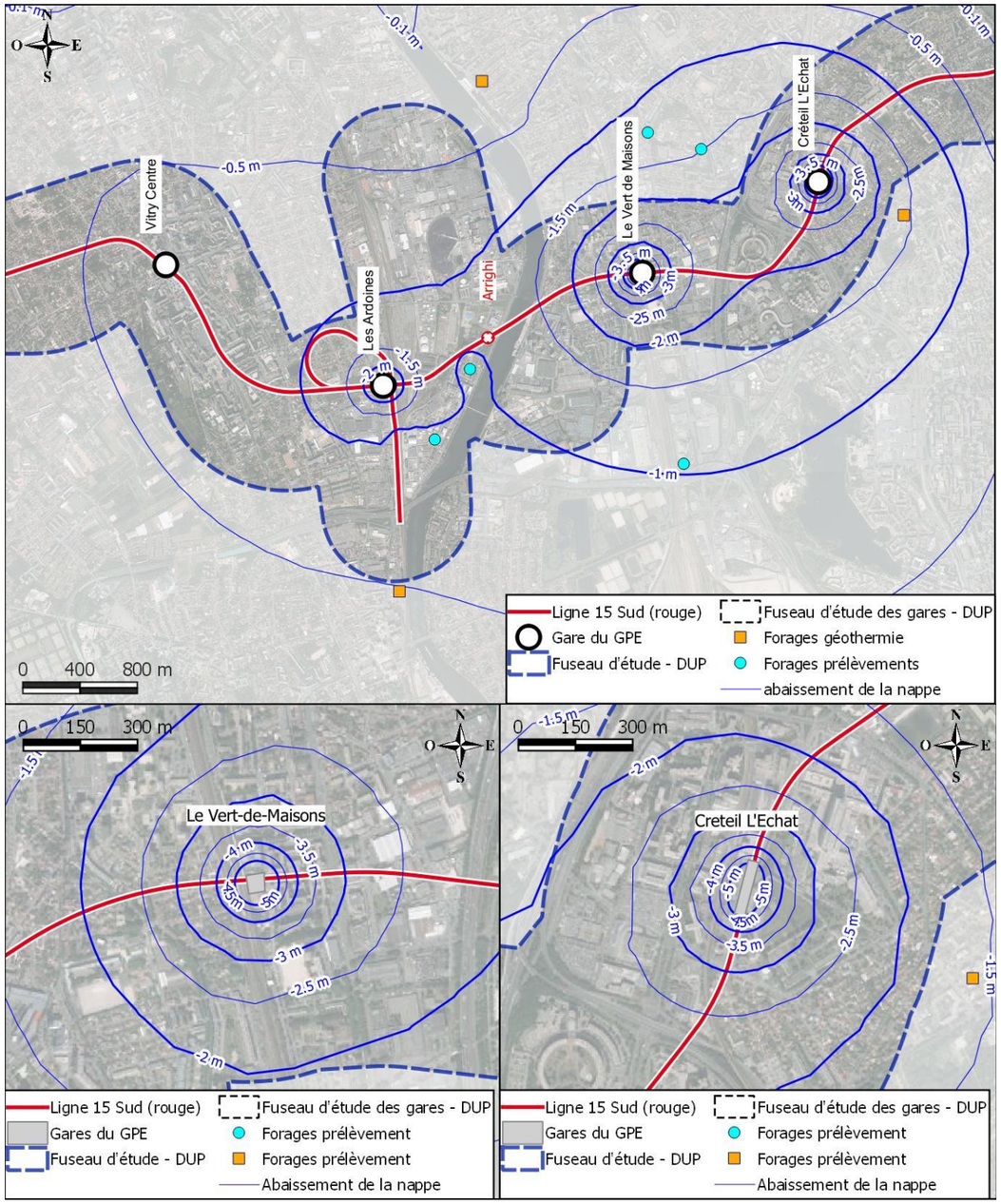
- une perméabilité verticale vraisemblable des Marnes et Caillasses obtenu après calage du modèle à savoir $5.10^{-7}$ m/s.

**Il s'agit de paramètres vraisemblables ; les résultats de la simulation donnent donc des effets piézométriques qui sont probables.**

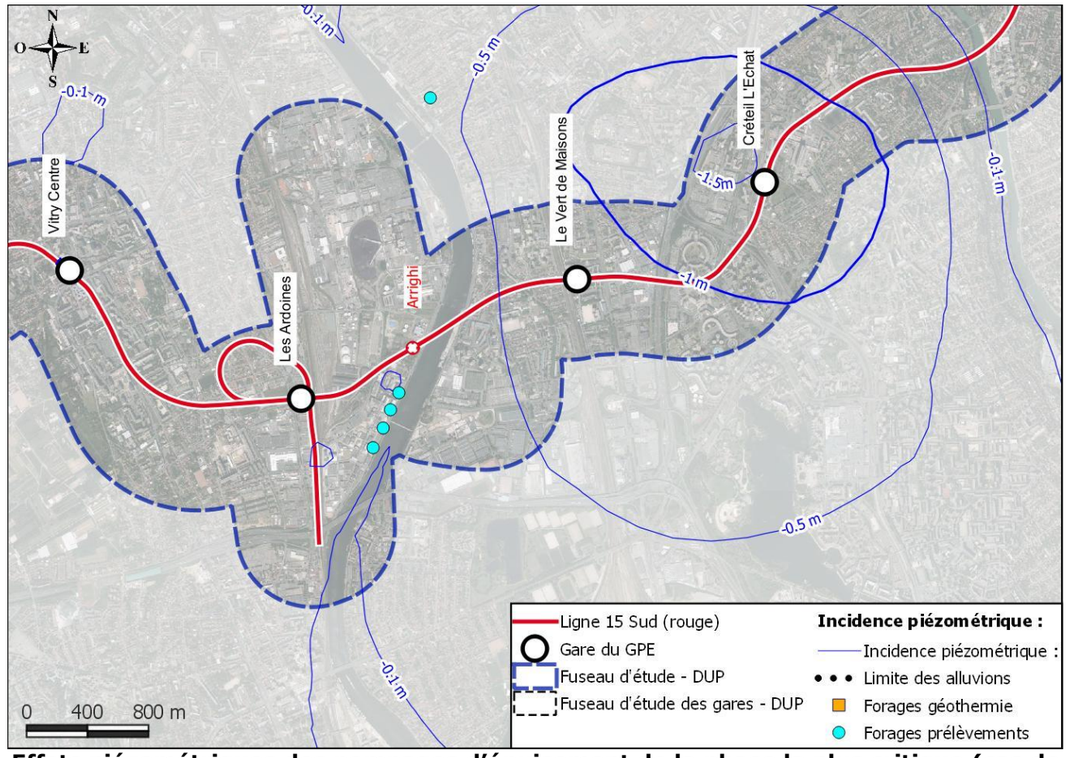
Le tableau précédent présente les débits d'épuisement restitués par le modèle. Le débit total prélevé atteint 277 $m^3/h$ dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

**Il s'agit de débits vraisemblables pour ce type d'ouvrage.**

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons et Créteil-l'Echât avec des abaissements atteignant 5 mètres.

Le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée de Vert-de-Maisons. Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire considérablement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. **L'effet piézométrique est réduit significativement de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.**

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 5 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées dans les Calcaires Grossiers. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. **Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée de manière significative.**

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 11 km$^2$, soit une distance autour des gares comprises entre 0,3 km (les Ardoines) et 1.5 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 1,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

| **SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS PROBABLE) : 277 m³/h** | | | |
|---|---|---|---|
| **Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses** | **Surface (Km2)** | **Débit m3/h** | **Flux mm/an** |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m | 1,4 | 31 | 197 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m | 7,8 | 82,2 | 93 |
| **Apport des cours d'eau au débit pompé** | **Débit (m³/h)** | | |
| Apport par la Seine | 23 | | |
| Apport par la Marne | 14 | | |
| Apport total par les cours d'eau | **37** | | |

**Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure probable)**

**<u>Principaux résultats du de la phase la plus critique (cas de figure probable)</u>**

**L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 5 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L' Echât.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 0,3 km environ (Gare des Ardoines) et 1,5 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 8 km².**

**L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.**

**Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 13 % du débit pompé.**

- ***<u>Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE EXTREME</u>***

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;
- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de $5.10^{-7}$ m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

**Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.**

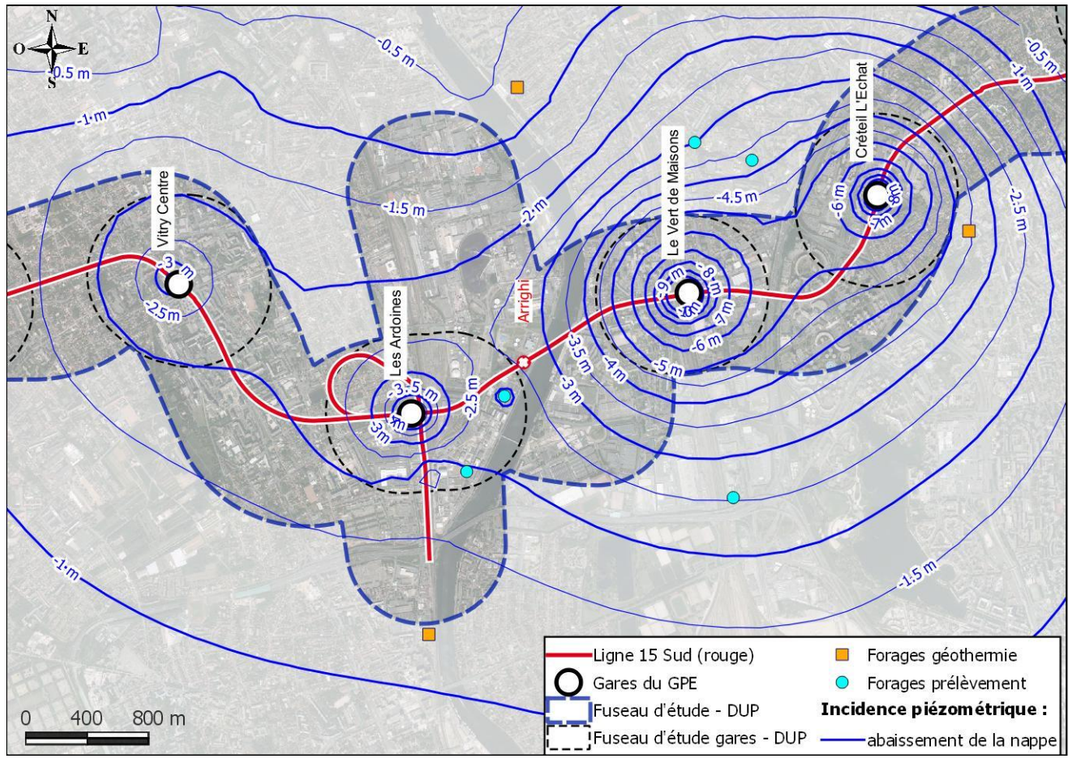
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

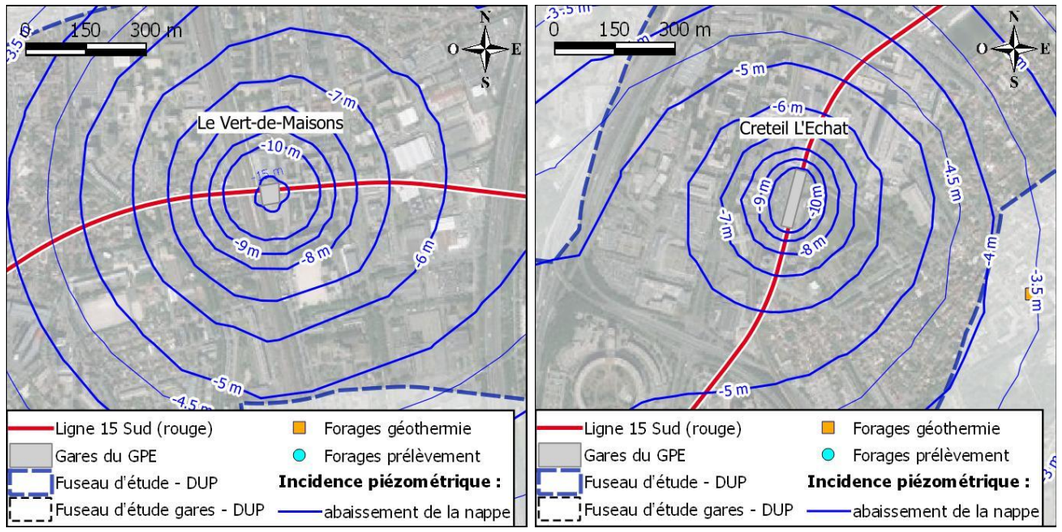
| **Scénario** | **Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées** | **Débit d'épuisement (m³/h)** |
|---|---|---|
| **Vitry Centre** | 25% | 60 |
| **Puits Arrighi** | 0% | 0 |
| **Les Ardoines** | 40% | 105 |
| **Le Vert de Maisons** | **100%** | 295 |
| **Créteil L'Echat** | **100%** | 206 |
| **Saint-Maur-Créteil** | 0% | 0 |
| **DEBIT TOTAL** | | **666** |

**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure extrême)**

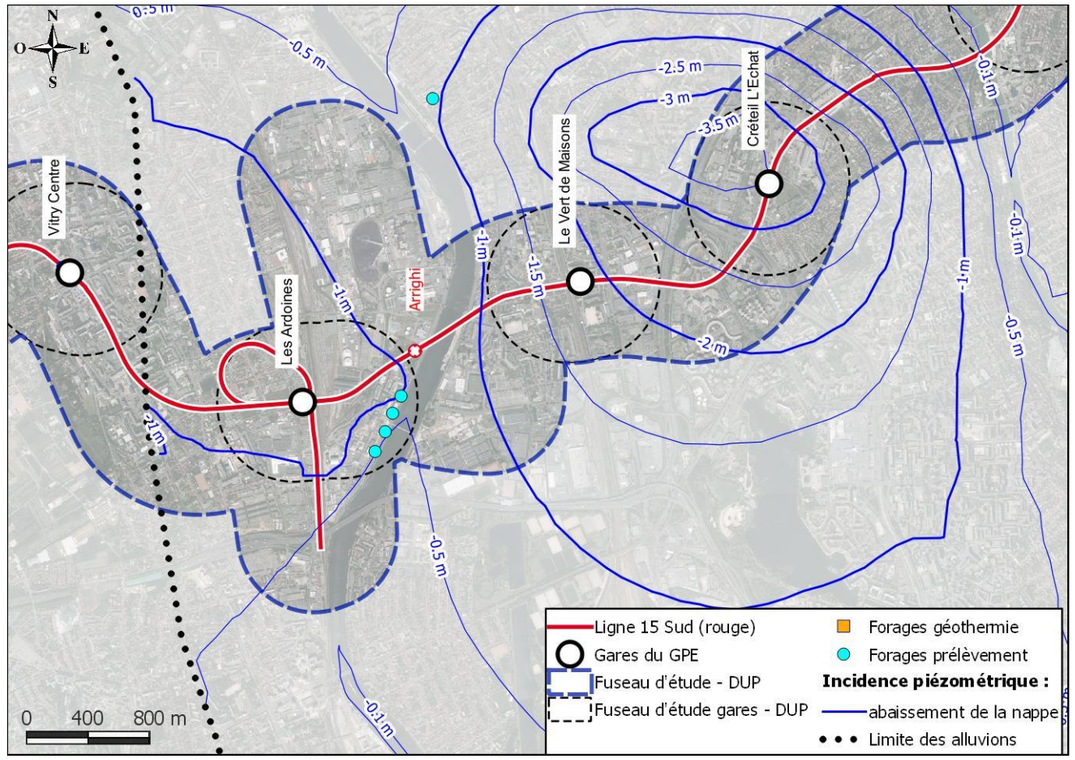
Le débit total prélevé atteint 666 m³/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 10 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 40 km$^2$, soit une distance autour des gares comprises entre 1 km (Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et

Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 3,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

| **SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS DEFAVORABLE EXTREME) : 666 $m^3/h$** | | | |
|---|---|---|---|
| **Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses** | **Surface ($Km^2$)** | **Débit $m^3/h$** | **Flux mm/an** |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m | 4,0 | 229 | 506 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m | 15,6 | 412 | 231 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m | 22,5 | 536 | 209 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m | 39,3 | 667 | 149 |
| **Apport des cours d'eau au débit pompé** | **Débit ($m^3/h$)** | | |
| Apport par la Seine | 114 | | |
| Apport par la Marne | 41 | | |
| Apport total par les cours d'eau | **155** | | |

**Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure extrême)**

**Principaux résultats de la phase la plus critique (cas de figure extrême)**

**L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 et 10 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L'Echât respectivement.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 40 $km^2$.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.**

**Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 25 % du débit pompé.**

- ***Scenario complémentaire 1 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares de Vitry-Centre et des Ardoines : CAS DE FIGURE EXTREME***

**Ce scénario complémentaire 1 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vitry Centre et Les Ardoines. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.**

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

| **Ouvrages** | **Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu** |
|---|---|
| **Vitry Centre** | **100%** |
| **Puits Arrighi** | pas d'épuisement (0%) |
| **Les Ardoines** | **100%** |
| **Le Vert de Maisons** | 50% |
| **Créteil L'Échat** | 25% |
| **Saint-Maur-Créteil** | 60% |

**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage**

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le Maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;
- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de $5.10^{-7}$ m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

**Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.**

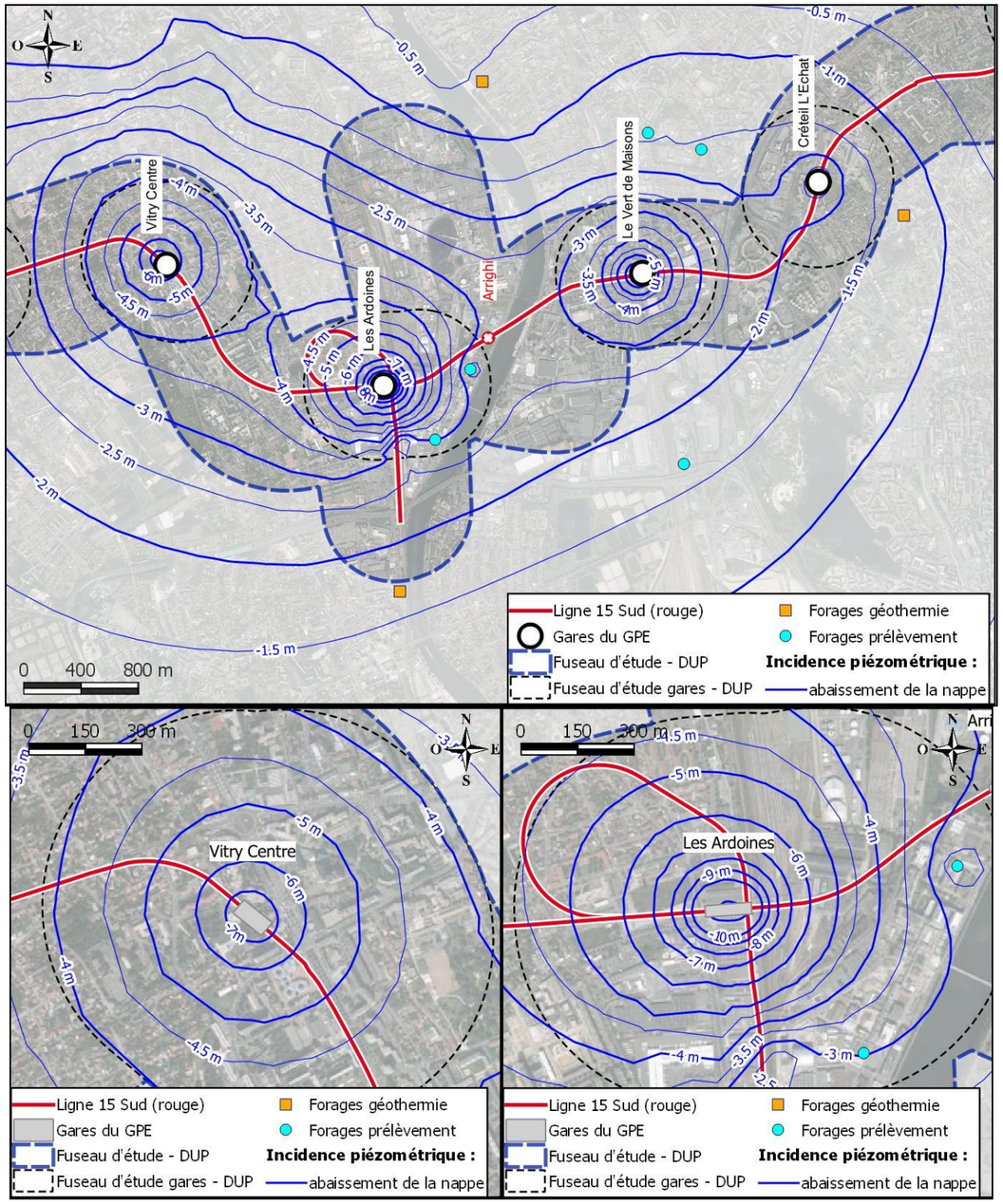
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

| Scénario | Scénario 1<br>Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées | Débit d'épuisement ($m^3/h$) |
|---|---|---|
| **Vitry Centre** | 100% | 144 |
| **Puits Arrighi** | 0% | 0 |
| **Les Ardoines** | 100% | 267 |
| **Le Vert de Maisons** | 50% | 150 |
| **Créteil L'Echât** | 25% | 42 |
| **Saint-Maur-Créteil** | 60% | 6 |
| **DEBIT TOTAL** | | **611** |

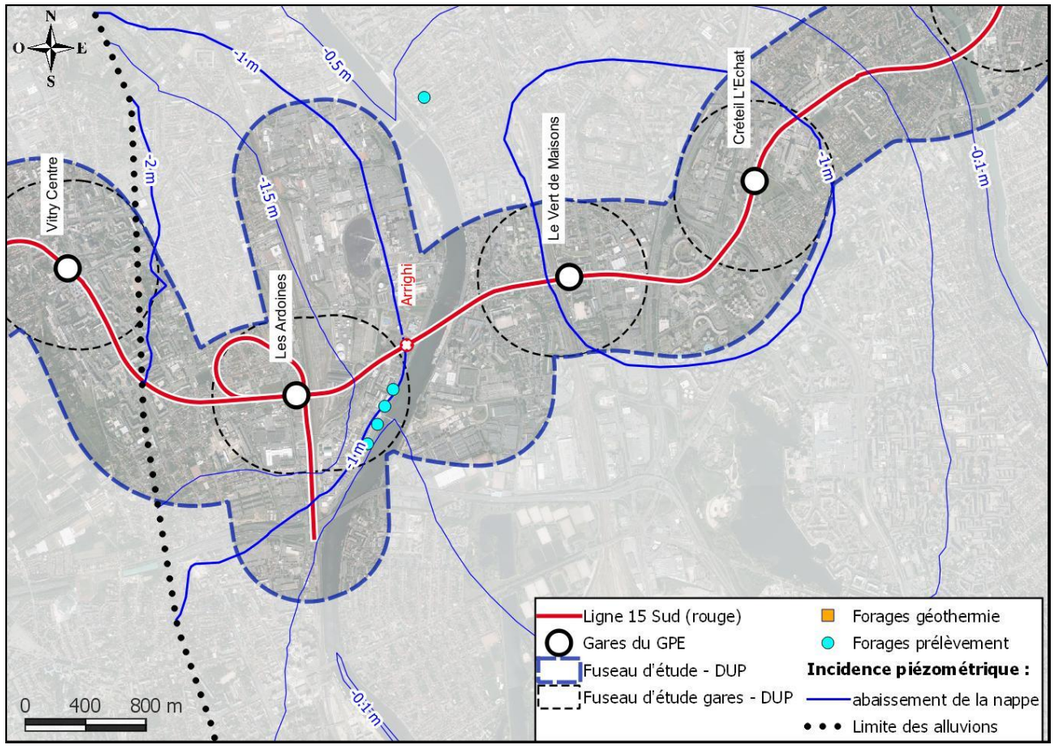
**Débits d'épuisement restitués pour le scénario 1**

Le débit total prélevé atteint 611 $m^3/h$ dont 605 $m^3/h$ dans la nappe du Lutétien.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein du Calcaire Grossier et au sein des alluvions.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées des gares de Vitry Centre et des Ardoines avec des abaissements atteignant :

- 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre (le dénoyage est de 10 mètres au sein de la paroi moulée) ;

- 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées au niveau des Ardoines (le dénoyage est de 26 m au sein de la paroi moulée).

Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. C'est particulièrement significatif pour la gare des Ardoines. Le débit d'épuisement de la gare de Vitry Centre peut toutefois être considéré comme particulièrement prudent dans la mesure où il est restitué avec une perméabilité verticale particulièrement élevée dans les Marnes et Caillasses. Pour la gare des Ardoines, c'est essentiellement la performance de la jupe injectée et du fond injecté qui seront mis en place en prolongement de la paroi moulée qui conditionneront le débit d'épuisement et donc l'abaissement piézométrique résiduel.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

L'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 37 km$^2$ autour des gares, soit à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echât) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1 mètre entre la Seine et la Marne et 1,5 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux ;

| **SCENARIO 1 : 611 m3/h** | | | |
|---|---|---|---|
| **Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses** | **Surface (Km$^2$)** | **Débit m$^3$/h** | **Flux mm/an** |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m | 1,8 | 66 | 322 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m | 5,6 | 121 | 190 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m | 13,5 | 177 | 115 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m | 36,6 | 280 | 67 |
| **Apport des cours d'eau au débit pompé** | **Débit (m$^3$/h)** | | |
| Apport par la Seine | 97 | | |
| Apport par la Marne | 14 | | |
| Apport total par les cours d'eau | **111** | | |

**Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 1**

**<u>Principaux résultats du Scénario 1</u>**

**L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre et de 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées des Ardoines.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echat) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 37 km$^2$.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.**

**Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 15% du débit pompé.**

- ***Scenario complémentaire 2 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares du Vert-De-Maisons et de Saint-Maur-Créteil : CAS DE FIGURE EXTREME***

**Ce scénario complémentaire 2 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares du Vert de Maisons et de Saint-Maur-Créteil. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.**

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

| Ouvrages | Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu |
|---|---|
| **Vitry Centre** | 50% |
| **Puits Arrighi** | pas d'épuisement (0%) |
| **Les Ardoines** | 75% |
| **Le Vert de Maisons** | **100%** |
| **Créteil L'Échat** | 0% |
| **Saint-Maur-Créteil** | **100%** |

**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage**

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;

- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de $5.10^{-7}$ m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

**Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.**

Pour la gare de Saint-Maur-Créteil, le débit retenu par le maître d'œuvre traduit un aléa géologique particulier à savoir une fissuration locale profonde et anormalement importante de la craie entrainant temporairement la nécessité de réaliser un pompage d'épuisement important. Il n'est pas possible de prendre en compte ce cas de figure particulier qui n'est pas transposable en termes de paramètres de modélisation. Le modèle global a été construit en retenant un schéma hydrogéologique usuellement retenu pour la craie sous recouvrement tertiaire à savoir quelques mètres de craie modérément productive puis une craie saine peu perméable. De ce fait, le débit résiduel restitué par le modèle est nécessairement nettement inférieur à celui proposé par le maître d'œuvre. Ainsi, le débit d'épuisement en phase travaux pour cette gare a été évalué pour tenir compte de la possible présence de craie particulièrement productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances. En ce sens, les résultats issus du modèle en termes d'impact piézométrique et de débit d'épuisement stabilisé peuvent être considérés comme fiables.

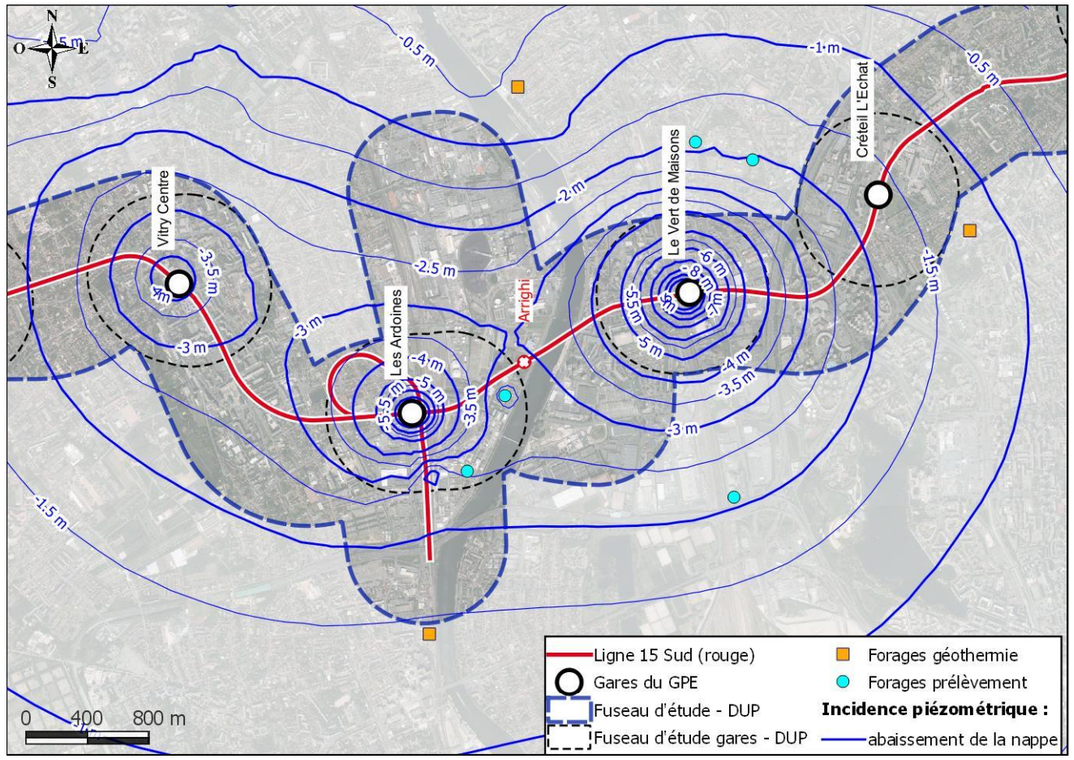
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés :

| Scénario | Scénario 2<br>Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées | Débit d'épuisement ($m^3/h$) |
|---|---|---|
| **Vitry Centre** | 50% | 89 |
| **Puits Arrighi** | 0% | 0 |
| **Les Ardoines** | 75% | 202 |
| **Le Vert de Maisons** | 100% | 279 |
| **Créteil L'Echat** | 0% | 0 |
| **Saint-Maur-Créteil** | 100% | 7 |
| **DEBIT TOTAL** | | **577** |

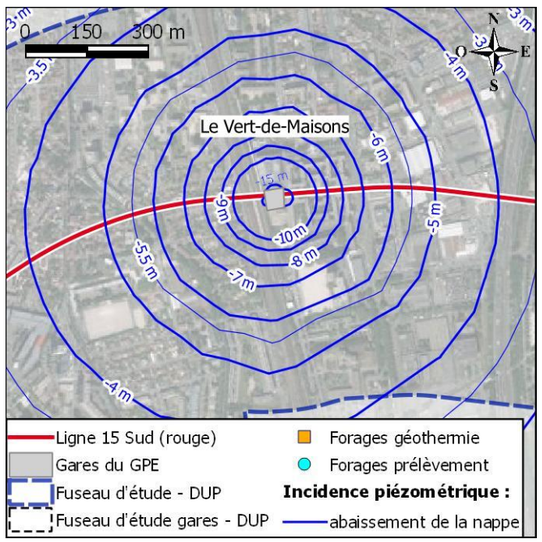
**Débits d'épuisement restitués pour le scénario 2**

Le débit total prélevé atteint 577 $m^3/h$ dont 570 $m^3/h$ dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses et 7 $m^3/h$ dans la nappe de la craie.

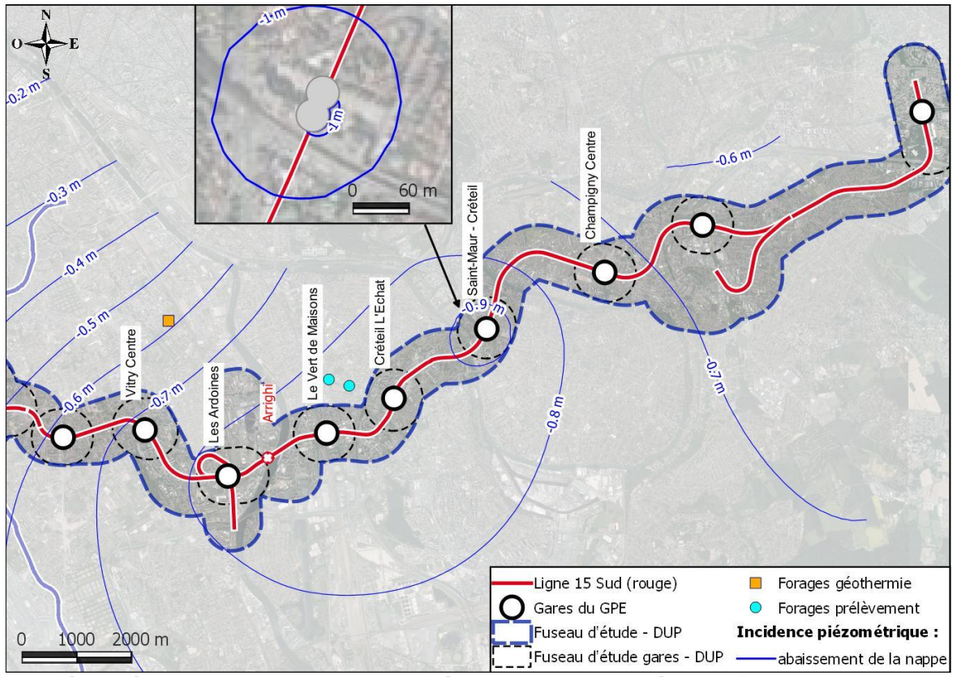
Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier, des alluvions et de la nappe de la craie.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe de la craie au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 30 km$^2$, soit à 3 km autour des gares considérées dans ce scénario comme faisant l'objet d'opérations d'épuisement. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1,5 mètre entre la Seine et la Marne et 1 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

| **SCENARIO 2 : 577 m$^3$/h** | | | |
|---|---|---|---|
| **Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses** | **Surface (Km$^2$)** | **Débit m$^3$/h** | **Flux mm/an** |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m | 0,9 | 44 | 419 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m | 3,3 | 138 | 362 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m | 10,4 | 249 | 210 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m | 30,0 | 363 | 106 |
| **Apport des cours d'eau au débit pompé** | **Débit (m$^3$/h)** | | |
| Apport par la Seine | 100 | | |
| Apport par la Marne | 16 | | |
| Apport total par les cours d'eau | **116** | | |

**Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 2**

Dans la nappe de la craie au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil, l'effet piézométrique résiduel est très réduit à proximité de la paroi moulée. Il atteint environ 1 mètre pour un dénoyage de 47 mètres au sein de l'enceinte de parois moulées. L'effet piézométrique est globalement de faible amplitude à distance de la gare.

**Principaux résultats du Scénario 2**

**L'abaissement du niveau de la nappe de la Craie serait au maximum de 1 mètre environ à proximité de la gare de Saint-Maur Créteil, et de 0,5 m à 5 km de cette station.**

**L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 mètres à proximité immédiate des parois moulées Vert-De-Maisons.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance de 3 km environ autour des opérations d'épuisement considérées pour ce scénario (Gares de Vitry Centre, Ardoines, Vert de Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 30 km$^2$.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vert-de-Maisons. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.**

**Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 20% du débit pompé.**

***Scenario complémentaire 3 : effets piézométriques maximaux à proximité du puits d'accès du tunnelier Arrighi : CAS DE FIGURE EXTREME***

**Ce scénario complémentaire 3 prévoit un débit maximal d'épuisement au niveau du puits d'accès du tunnelier « Arrighi ». Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de cet ouvrage.**

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

| **Ouvrages** | **Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu** |
|---|---|
| **Vitry Centre** | 0% |
| **Puits Arrighi** | **100%** |
| **Les Ardoines** | pas d'épuisement (0%) |
| **Le Vert de Maisons** | 40% |
| **Créteil L'Échat** | pas d'épuisement (0%) |
| **Saint-Maur-Créteil** | 0% |

**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage**

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable.

**Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.**

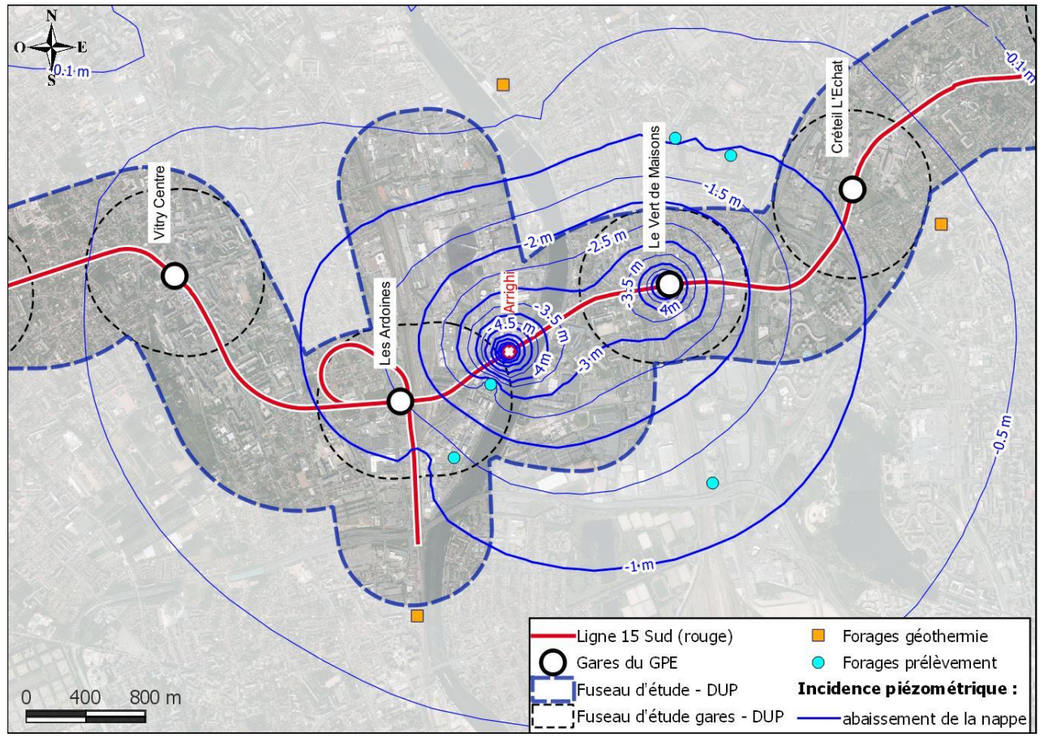
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

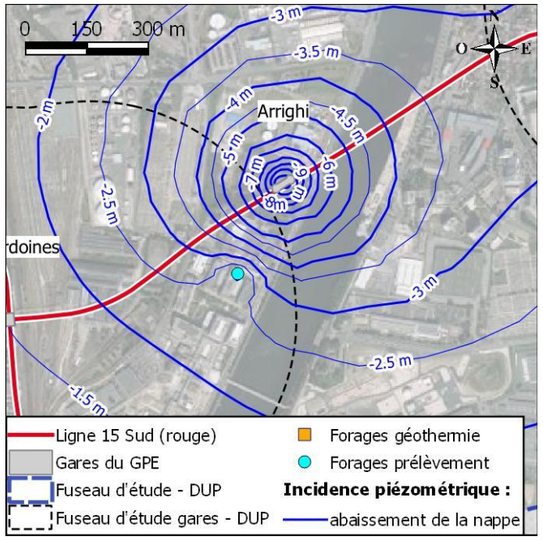
| Scénario | Scénario 3<br>Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées | Débit d'épuisement ($m^3/h$) |
|---|---|---|
| **Vitry Centre** | 0% | 0 |
| **Puits Arrighi** | 100% | 197 |
| **Les Ardoines** | 0% | 0 |
| **Le Vert de Maisons** | 40% | 120 |
| **Créteil L'Echat** | 0% | 0 |
| **Saint-Maur-Créteil** | 0% | 0 |
| **DEBIT TOTAL** | | **308** |

**Débits d'épuisement restitués pour le scénario 3**

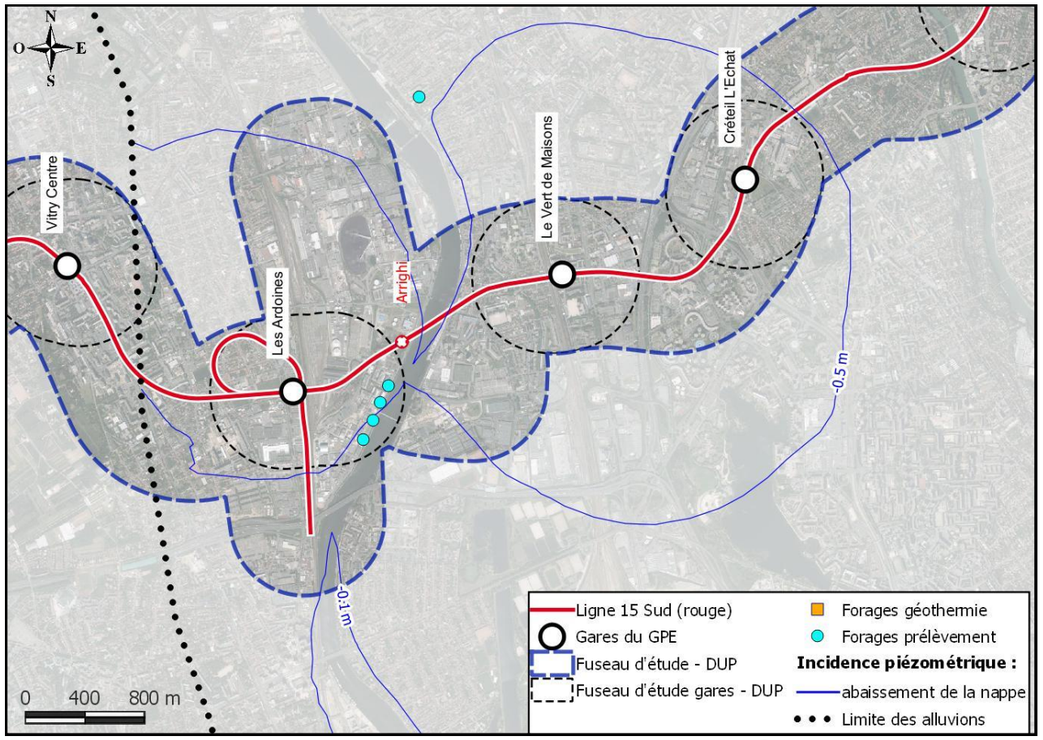
Le débit total prélevé atteint 308 $m^3/h$ dans la nappe du Calcaire grossier.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées du puits Arrighi avec des abaissements atteignant 11 mètres (le dénoyage est de 32 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif. Il est toutefois nettement moins important que les autres scénarios.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 8,5 km$^2$, soit à une distance de 2 km autour du Puits Arrighi et de la gare Vert-de-Maisons.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique est assez limité. Il atteint 0,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le moins important.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

| **SCENARIO 3 : 308 m$^3$/h** | | | |
|---|---|---|---|
| **Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses** | **Surface (Km$^2$)** | **Débit m$^3$/h** | **Flux mm/an** |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m | 0,2 | 12 | 451 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m | 0,9 | 37 | 365 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m | 2,6 | 74 | 252 |
| Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m | 8,3 | 117 | 123 |
| **Apport des cours d'eau au débit pompé** | **Débit (m$^3$/h)** | | |
| Apport par la Seine | 39 | | |
| Apport par la Marne | 8 | | |
| Apport total par les cours d'eau | **47** | | |

**Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 3**

**<u>Principaux résultats du Scénario 3</u>**

**L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées du puits tunnelier Arrighi.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance de 2 km environ autour des opérations d'épuisement considérées pour ce scénario (Puits Arrighi, Gare de Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 8,5 km$^2$.**

**L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,5 m environ à 2 km autour du Puits Arrighi et de la Gare de Vert-de-Maisons. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.**

**Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 15% du débit pompé.**

- ***Tests de sensibilité***

Les tests de sensibilité ont consistés à faire varier une sélection de paramètres hydrodynamiques majeurs sur un scénario de simulation précis. La sensibilité du modèle est déterminée en comparant les résultats de ce scénario de simulation avec et sans modifications du paramètre testé. Le scénario de simulation qui a été retenu pour les tests est le premier scénario car c'est celui qui présente le plus d'effets piézométriques.

Les paramètres qui ont été testés sont :

- le colmatage des cours d'eau (test 1). Le colmatage des cours d'eau influence directement la qualité des échanges nappe-rivière. Le colmatage retenu dans le modèle d'origine a été callé afin de reproduire correctement ces ondes de crues observées dans des piézomètres. Ces observations proviennent de sites compris entre la confluence et Paris. Les informations relatives au colmatage de la Seine et la Marne en amont de la confluence sont rares et ont donc été extrapolées à partir des données aval. Un test qui suppose une relation hydraulique sans colmatage entre la nappe et les cours d'eau a été réalisé afin de tester l'incertitude du modèle sur cette lacune. Un suivi d'onde de crue disponible en amont du modèle semble par ailleurs indiquer que le colmatage de la Marne est très limité ;

- La perméabilité horizontale des principaux horizons aquifères (test 2). La perméabilité horizontale des principaux aquifères retenue dans le modèle peut être considéré comme vraisemblable. Un test de sensibilité sur ce paramètre a été réalisé en considérant une perméabilité horizontale plus faible des terrains, ce qui est représentatif de conditions plutôt défavorables pour ce paramètre à l'échelle du modèle ;

- La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire (test 3). La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire est un des paramètres principaux qui conditionne les relations entre la nappe du Calcaire grossier (où sont pratiqués les pompages) et la nappe des alluvions.

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des tests de sensibilité.

| Site | Usage | Fiche BSS disponible | Nappe captée | Type de nappe | Nom du forage | Localisation | Débits actuels et besoins de pompage | Débit maximum testé | Rabattement maximal au débit de pointe testé (m) | Baisse maximale du niveau piézométrique engendré par le | Modification du gradient d'écoulement |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **BIO SPRINGER Maisons-Alfort** | Eau industrielle | non | inc. | inc. | F2 | Partie Nord-Est du site | Débit total d'exploitation de 170 m³/h (24/24 et 7/7), la majorité du prélèvement étant pompé à parts égales par deux puits (à priori le F6 et le F15). | inc. | inc. | -3 m | Sans objet compte tenu de l'usage |
| | | oui | Lutétien, Yprésien, Craie | captive | F3 | Partie Est du site | | inc. | inc. | -3 m | |
| | | oui | Yprésien | captive | F4 | Partie Nord du site | | inc. | inc. | -3 m | |
| | | oui | Lutétien, Yprésien, Craie | captive | F6 | Centre du site | | 140 | -11,5 | -3,5 m | |
| | | oui | Lutétien, Yprésien, Craie | captive | F15 | Partie Sud du site | | 170 | -40 | -4 m | |
| **SANOFI Vitry-Sur-Seine** | Eau industrielle | oui | Lutétien (a priori) | captive | à priori 219-3X-0320 F | Partie Ouest du site | Débit de pointe de l'ordre de 100 m³/h, de mai à octobre environ, prélevé à partir d'un seul ouvrage | F : 96 m³/h F2 : 225 m³/h | F : -42,5 m F2 : -29,45 m | -3 m | Sans objet compte tenu de l'usage |
| | Confinement | non | Alluvions | semi-captive | Forages 1 à 4 | Le long de la bordure Est du site (le long de la Seine). | Environ 12 m³/h au total sur tous les puits | inc. | inc. | -0,5 m | Baisse du gradient de 4°/₀₀ à l'état initial à 1°/₀₀ en phase chantier. L'orientation des écoulements qui était sud-est devient nord-est, et reste globalement dirigée vers la Seine. |
| **RESIDENCE DU COLOMBIER Créteil** | Géothermie | oui | Lutétien | captive | F1-Puits de pompage | Est-nord-est du site | Débit de pointe de 110 m³/h | 101 | -8,79 | -3 m | Augmentation du gradient de 1 °/₀₀ à 5 °/₀₀. La direction du gradient, qui est nord-ouest à l'état initial, devient ouest pendant le projet. |
| | | | | | F2-Puits de rejet | Ouest – sud-ouest du site | | | | | |
| **CENTRE AQUATIQUE Alfortville** | Géothermie | non | Sables inférieurs | captive | Puits de pompage | inc. | Débit de pointe de 100 m³/h | inc. | -13 | -0,5 m | Le gradient et son orientation sont inchangés. |
| | | | | | Puits de rejet | inc. | | | | | |
| **MEDIATHEQUE Alfortville** | Géothermie | non | Sables inférieurs | captive | Puits de pompage | inc. | Débit de pointe 40 m³/h | inc. | inc. | -0,5 m | Le gradient et son orientation sont inchangés. |
| | | | | | Puits de rejet | inc. | | | | | |
| **ARTELIA Choisy-le-Roi** | Géothermie | non | Lutétien | captive | Puits de pompage | Sud-est du site | Débit de pointe de 60 m³/h | inc. | inc. | -1,7 m | Augmentation du gradient de 0,8 °/oo à 1,7°/oo. La direction du gradient, qui est nord-est à l'état initial, devient nord pendant le projet. |
| | | | | | Puits de rejet | Nord-ouest du site | | | | | |
| **MANUFACTURE DES LUNETTES Sucy-en-Brie** | Géothermie | non | Lutétien | captive | Puits de pompage | Sud du site | Débit de pointe 70 m³/h | inc. | inc. | -0,4 m | Le gradient et son orientation sont inchangés. |
| | | | | | Puits de rejet | Nord du site | | | | | |
| **EHPAD Ivry** | Géothermie | non | Craie | captive | Puits de pompage | | Débit de pointe de 45 m³/h. Volume annuel de 8000 m³ | inc. | inc. | -0,4 m | Le gradient et son orientation sont inchangés. |
| | | | | | Puits de rejet | | | | | | |
| **INCINERATEUR Créteil** | Eau industrielle | oui | Lutétien | captive | inc. | | Débit moyen de 10 m³/h | 75 | -2,6 | -1,5 m | Sans objet compte tenu de l'usage |
| **F1 (ARROSAGE) Alfortville** | Arrosage | oui | alluvions | semi-captive | inc. | | | inc. | inc. | -1,5 m | Sans objet compte tenu de l'usage |
| **SAINT GOBAIN Sucy-en-Brie** | Eau industrielle | oui | Lutétien | captive | inc. | | Débit moyen de 22 m³/h | 80 | -23,9 | -0,5 m | Sans objet compte tenu de l'usage |
| **COINDEROUX Ivry** | Eau industrielle | oui | alluvions | libre ou semi- | inc. | | Débit de pointe 56 m³/h | 56 | -1 | -0,3 m | Sans objet compte tenu de l'usage |

**Synthèse des effets piézométriques sur les prélèvements recensés dans le périmètre d'incidence piézométrique de la plaine de Vitry**

Les données disponibles sur les exploitations d'eau souterraine listées dans le tableau suivant ont été analysées afin de traduire les effets piézométriques en impact sur chaque site. Les résultats des simulations montrent que les mesures de réduction prévues telles que les parois moulées et les injections de sol (jupes injectées et fonds injectés) ne permettent pas de réduire totalement l'impact du projet sur certaines exploitations. Dans ce cas, des mesures spécifiques complémentaires sont prévues et décrites ci-après.

- **BIO SPRINGER (Maisons-Alfort) :**
  - Évaluation de l'impact : Des données précises sur le forage F15 (courbe caractéristique et micro-moulinet) permettent d'estimer que le débit maximal exploitable de 170 m3/h serait réduit à 160 m3/h soit une baisse du débit maximal exploitable de 6% sur ce forage. La capacité totale de production des deux principaux forages exploités par l'usine excède, a priori, largement le besoin. L'abaissement piézométrique engendré par les travaux ne devrait donc pas compromettre la fourniture du débit recherché. L'abaissement piézométrique supplémentaire entrainera une légère augmentation de la consommation électrique des pompes de forage (environ 20 000 KWh par an calculé avec un débit de pointe de 170 $m^3$/h et un rendement de la pompe de 0,85).

- **SANOFI (Vitry-Sur-Seine)** – prélèvement pour l'alimentation en eau industrielle :
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du site. Néanmoins, au regard des débits maximums testés, l'abaissement piézométrique engendré par le projet ne devrait pas compromettre la fourniture du débit recherché par les forages exploités.
    L'abaissement piézométrique supplémentaire entrainera une légère augmentation de la consommation électrique des pompes de forage (puissance supplémentaire de 1 KW calculé au débit de 100 $m^3$/h et un rendement de la pompe de 0,85).

- **SANOFI (Vitry-Sur-Seine)** – unité de dépollution (barrière hydraulique) :
  - Évaluation de l'impact : La direction d'écoulement restera inchangée ce qui ne devrait pas perturber significativement l'opération de confinement. Ce point sera toutefois vérifié avec les spécialistes intervenant sur le site de SANOFI et en fonction des objectifs du pompage de confinement.
  - Mesures complémentaires spécifiques envisageables: Une information et une concertation sera proposée à SANOFI afin de - permettre aux spécialistes missionnés par SANOFI de vérifier que le dispositif de confinement restera efficace en tenant compte des modifications piézométriques prévues et d'envisager, si nécessaire, des dispositifs complémentaires spécifiques comme de nouveaux piézomètres de surveillance ou de nouveaux points de pompage.

- **RESIDENCE DU COLOMBIER (Créteil**) :
  - Évaluation de l'impact : L'analyse des diagraphies au micro-moulinet réalisées sur les forages montre que l'abaissement piézométrique supplémentaire ne risque pas de dénoyer les premières venues d'eau au débit maximal d'exploitation. L'abaissement piézométrique supplémentaire induit par le projet ne devrait donc pas nuire à la fourniture du débit maximal souhaité.
    À l'état initial, les deux ouvrages (pompage et injection) sont orientés perpendiculairement à la direction de l'écoulement. En tenant compte de l'abaissement piézométrique induit par le projet, le puits de réinjection serait décalé vers l'aval piézométrique, c'est-à-dire dans une meilleure position que la position initiale pour éviter le recyclage hydraulique.
    L'abaissement piézométrique du projet entrainera une légère surconsommation électrique du forage et donc une très légère baisse de la performance globale du système (augmentation d'environ 1,1 KW de la puissance électrique de la pompe immergée calculé au débit de pointe et avec un rendement de pompe de 0,85).

- **CENTRE AQUATIQUE (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.
  - Le gradient piézométrique et son orientation restent inchangés. Aucun impact n'est donc attendu sur le recyclage hydraulique du doublet.

- **MEDIATHEQUE (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.
  - Le gradient piézométrique et son orientation restent inchangés. Aucun impact n'est donc attendu sur le recyclage hydraulique du doublet.

- **ARTELIA (Choisy-le-Roi) :**
  - Évaluation de l'impact : Par manque d'informations il n'est pas possible d'évaluer précisément l'impact du projet sur la capacité de production de l'ouvrage de pompage. Toutefois, l'abaissement piézométrique calculé sur ce site est modéré ce qui ne devrait pas nuire à la fourniture du débit recherché. L'augmentation du gradient et sa réorientation sont plutôt susceptibles de diminuer le risque de recyclage thermique entre le puits de pompage et le puits de réinjection.

- **MANUFACTURE DES LUNETTES (Sucy-en-Brie) :**
  - Évaluation de l'impact : L'effet piézométrique engendré par le projet est modéré et ne risque pas d'impacter le fonctionnement du système.

- **EHPAD (Ivry) :**
  - Évaluation de l'impact : L'effet piézométrique engendré par le projet est modéré et ne risque pas d'impacter le fonctionnement du système.

- **INCINERATEUR (Créteil) :**
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du forage. Néanmoins, au regard de la bonne productivité du forage, l'abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre la fourniture du débit recherché. Une très légère surconsommation électrique de la pompe du forage est à prévoir.

- **F1 (ARROSAGE) (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du forage. Compte tenu de la faible épaisseur de la nappe des alluvions, l'abaissement piézométrique engendré par le projet est susceptible d'engendrer une baisse significative de la capacité maximale du pompage.

- **SAINT GOBAIN (Sucy-en-Brie) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.

- **COINDEROUX (Ivry) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.

Les parois moulées et les injections de sol (jupes injectées et fonds injectés) prévues pour la réalisation des ouvrages sont des mesures de réduction qui permettront de limiter les débits d'épuisement et les abaissements piézométriques associés durant la phase de travaux mais pas de les annuler complètement. Des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne.

**Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensées.** Pour certaines exploitations, des impacts mineurs sont possibles comme une augmentation de la consommation électrique des pompes de forage. Les données disponibles sur quelques exploitations ne permettent pas de statuer définitivement sur l'impact attendu.

**Dans ce cadre, une information sera réalisée auprès des responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet et des mesures compensatoires spécifiques seront proposées de manière concertée.**

**Mesures proposées en cas d'impacts avérés :**

- Information et concertation avec l'exploitant
- Diagnostic éventuel de l'état des forages (essais par paliers)
- Opérations de régénération des forages si nécessaire
- Compensation financière pour la surconsommation électrique si nécessaire.

- ***Conclusions générales sur les simulations des débits d'épuisement en phase travaux sur le secteur de la plaine de Vitry***

Les débits d'épuisement évalués sur ce secteur pour les gares et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que parois moulées, jupes et fonds injectés.

**En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.**

Plusieurs scénarios d'épuisement ont été définis sur la base du planning prévisionnel du chantier. **Ces scénarios correspondent aux instants les plus critiques du chantier en termes d'intensité de pompages d'épuisement**, c'est-à-dire aux moments où des débits d'épuisement importants sont susceptibles d'être simultanés et d'engendrer des effets cumulés.

**Ces scénarios représentent donc des phases d'avancement du chantier.** Ils ont été définis de sorte à représenter les phases les plus critiques du chantier pour chaque ouvrage gare devant faire l'objet d'un débit d'épuisement significatif.

Ces scénarios ont donc permis de réaliser des simulations hydrodynamiques permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal attendu dans les nappes du secteur à savoir la nappe alluviale, la nappe du Lutétien et la nappe de la craie.

Globalement, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne dans la nappe du Lutétien malgré les dispositions constructives prévues. Ces abaissements piézométriques se répercutent par drainance dans la nappe alluviale mais l'abaissement piézométrique dans la nappe alluviale est atténué du fait de la présence de niveaux peu perméables séparant la nappe alluviale de la nappe du Lutétien sous-jacente. La nappe de la craie est quant à elle peu impactée.

**Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensés.** Pour certaines exploitations, des impacts mineurs sont possibles comme une augmentation de la consommation électrique des pompes de forage. Les données disponibles sur quelques exploitations ne permettent pas de statuer définitivement sur l'impact attendu.

**Dans ce cadre, une information sera réalisée auprès des responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet et des mesures compensatoires spécifiques seront proposées de manière concertée.**

Les effets piézométriques issus du modèle ont été également exploités afin d'évaluer les impacts attendus du projet vis-à-vis de différents phénomènes tels que les conséquences de l'abaissement du niveau des nappes sur : le bâti, le phénomène de dissolution du gypse, sur la qualité des eaux souterraines. **L'impact relatif à ces différentes thématiques est évalué dans des chapitres spécifiques ci-après. L'impact est évalué sur la base des résultats obtenus avec les scénarios de simulation qui sont les plus défavorables pour la thématique concernée.**

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

*c. Impacts de la baisse du niveau d'eau engendré par les pompages d'épuisement en phase travaux sur le bâti*

De même que sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, certaines couches géologiques superficielles sont susceptibles de tasser en raison d'une baisse de niveau piézométrique. Le risque de tassement peut être approché par une formule de calcul prenant en compte la baisse du niveau d'eau calculé grâce aux résultats du modèle hydrogéologique.

Ce tassement éventuel est calculé tout d'abord en valeur absolue, il s'agit d'une baisse du niveau du sol en un point donné. Ensuite, le second paramètre qui est analysé est le tassement différentiel. Il s'agit de la différence de tassement entre deux points proches, il s'agit donc d'une pente. Ce critère est utilisé pour évaluer le risque engendré par l'effort mécanique induit par des tassements non homogènes entre deux appuis d'un bâtiment.

Enfin, les tassements prévisionnels calculés en valeur absolue et différentiel sont comparés à des seuils de tolérance définis pour chaque type de bâti. Le risque de désordre apparaît comme faible si la valeur calculée est inférieure au seuil de tolérance.

Le risque de désordres sur le bâti engendré par des tassements est surtout conditionné par des tassements différentiels et beaucoup moins par les tassements en valeur absolue. Les tassements induits par des baisses piézométriques sont homogènes sur de grandes distances car les cônes de dépression créés par les débits d'épuisement sont évasés comme l'ont montré les simulations.

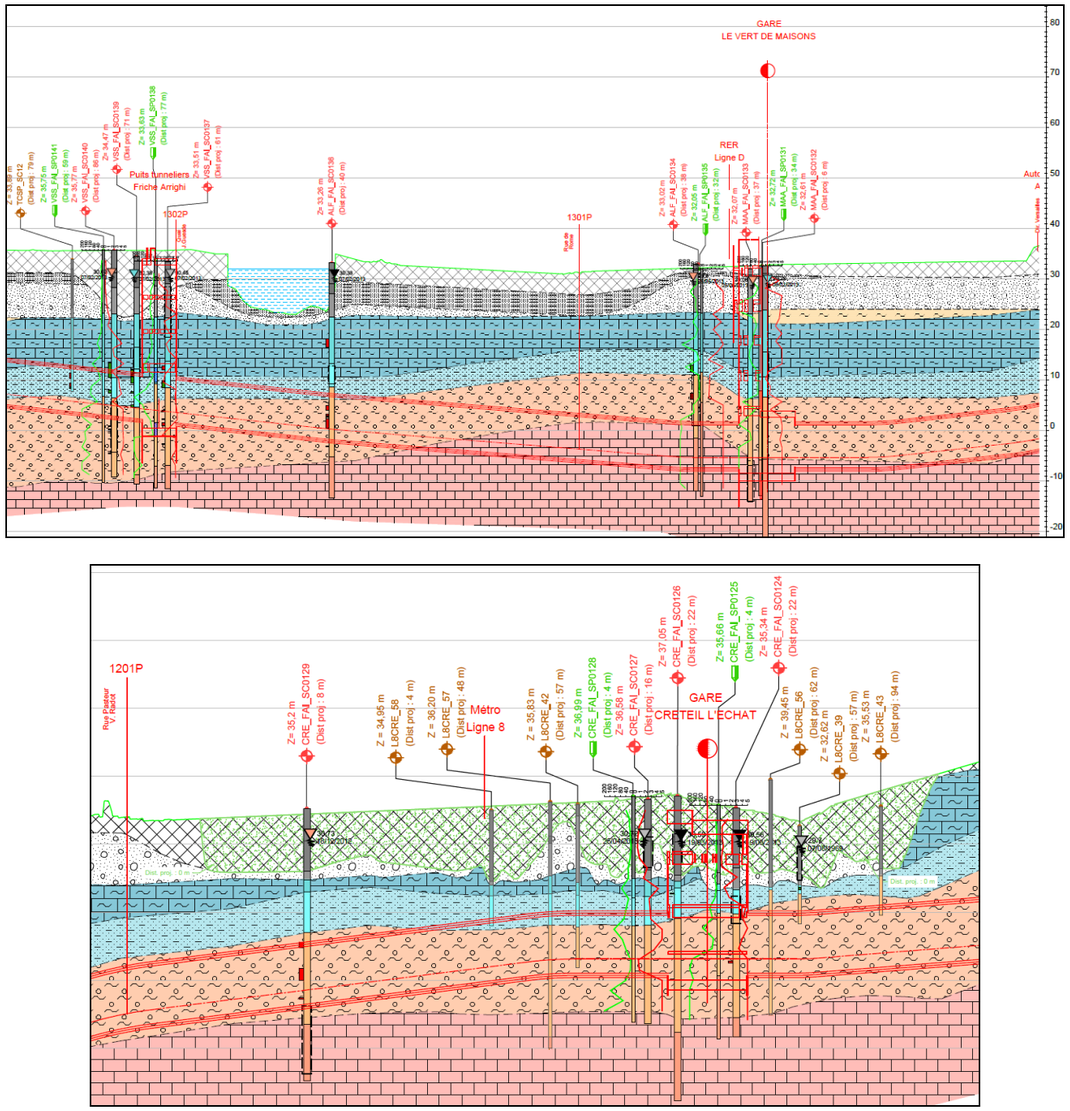
C'est donc principalement le critère de tolérance du bâti aux tassements différentiels qu'il convient de vérifier.

Le long du profil (où les abaissements piézométriques sont les plus importants), deux zones sont sensibles aux phénomènes de tassement des formations superficielles liés à l'abaissement piézométrique :

- entre le puits tunnelier Arrighi et la gare Vert-de-Maisons dans les remblais de gravière et dans les alluvions modernes de Seine partiellement en eau sur une distance de 1400 mètres ;

- au droit des remblais d'anciennes gravières rencontrées surtout aux alentours de la gare de Créteil L'Echât sur une distance de 1200 mètres.

Les figures suivantes sont des extraits du profil géotechnique qui présentent les secteurs où sont rencontrées des formations superficielles potentiellement sensibles aux tassements induits par un abaissement piézométrique.




**Zones de sensibilité de la plaine de Vitry aux phénomènes de tassement des formations superficielles induits par un abaissement piézométrique**
**(Figure issue du profil géotechnique établi par SYSTRA)**

Sur ces deux zones, l'évaluation du tassement induit a été réalisée sur la base de la formule analytique suivante :

$$\Delta s = \Delta u . \alpha . H / Em$$

Avec :

- Δs = tassement en mètres ;
- Δu = Variation de contrainte due au rabattement de la nappe en Mpa ;
- α : Coefficient rhéologique du sol ;
- H : Épaisseur de la couche considérée sous nappe ;
- Em : Module pressiométrique en Mpa.

Un module pressiométrique moyen de 5 MPa a été retenu pour l'ensemble des remblais et des alluvions modernes, de façon indifférenciée (source Maîtrise d'œuvre).

Les hauteurs de nappe saturées retenues pour les calculs (H) sont :

- 8 mètres dans les remblais à l'ouest du puits tunnelier Arrighi ;
- 6 mètres dans les alluvions modernes entre le puits tunnelier Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- 4 mètres dans les remblais de part et d'autre de Créteil L'Echat.

**L'abaissement piézométrique qui a été considéré est celui calculé en considérant la phase la plus critique du chantier c'est-à-dire la phase durant laquelle les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants. Le calcul a été réalisé sur la base de l'abaissement piézométrique probable simulé avec les paramètres hydrodynamiques vraisemblables des couches géologiques et des injections de sol. Il a été également réalisé en considérant le cas extrême qui permet de restituer les débits d'épuisement élevés retenus par le maître d'œuvre en raison d'aléas géologiques.**

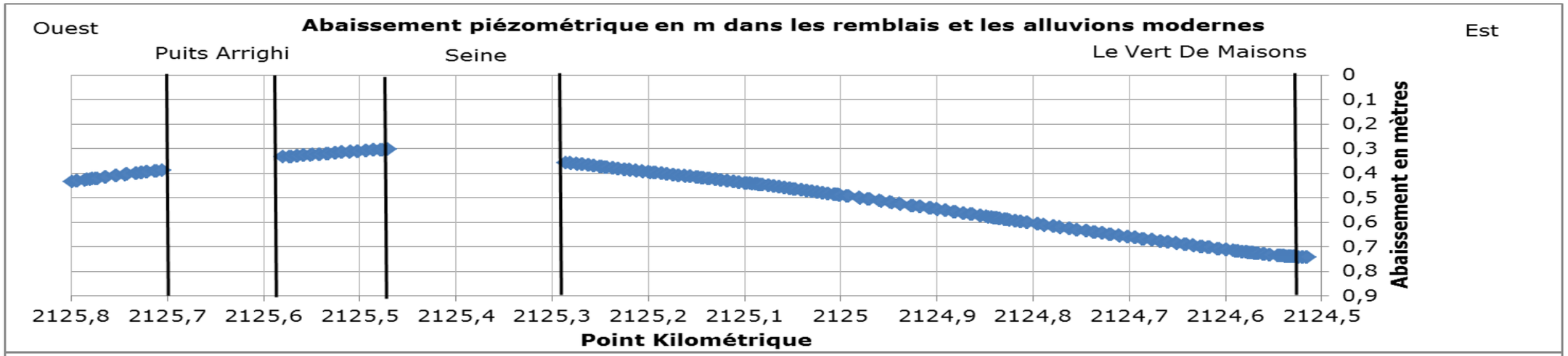
**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

Le calcul de tassement induit a été réalisé avec une feuille Excel et la formule précédemment citée.

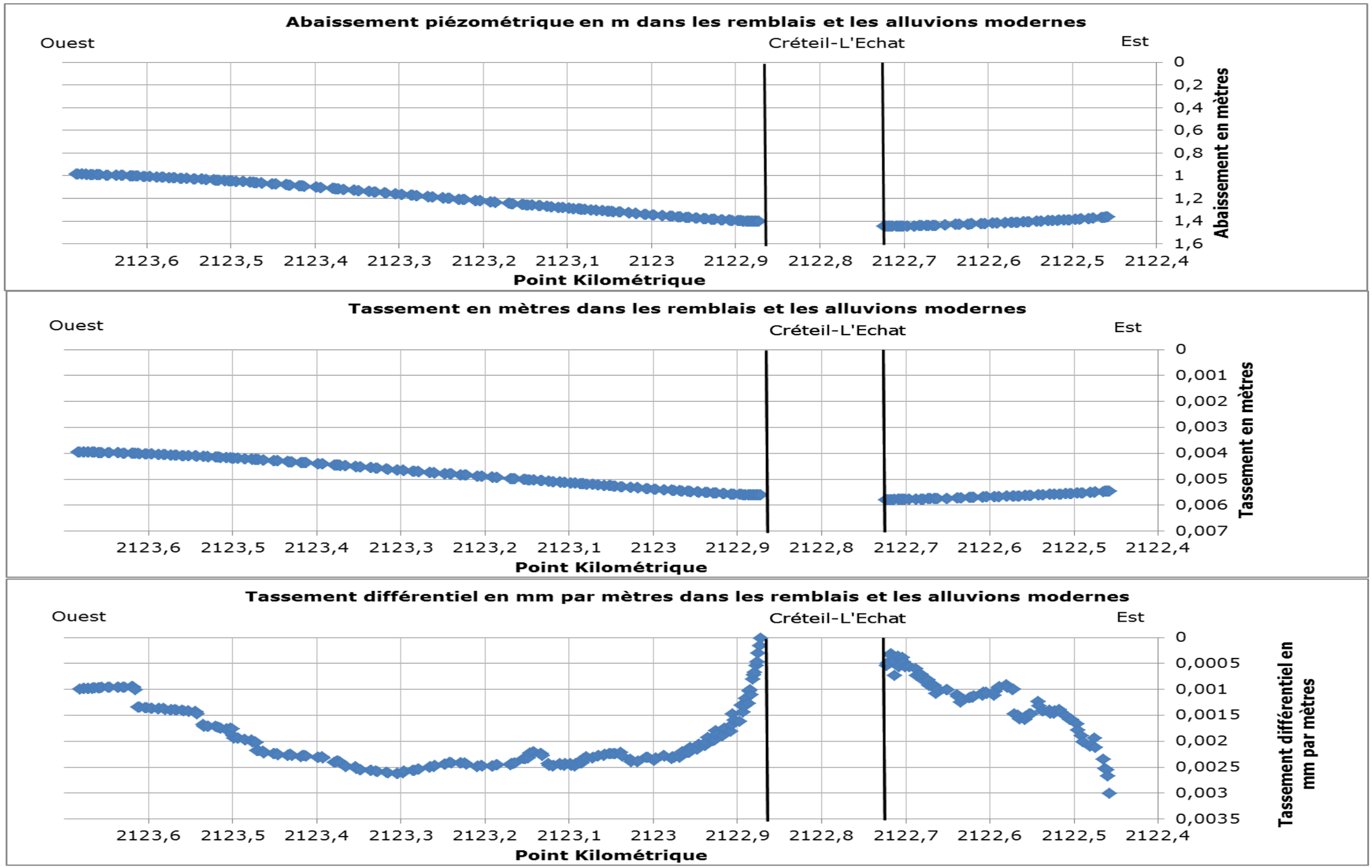
Il n'a pas été réalisé de calculs de tassements liés à l'abaissement piézométrique dans les couches profondes car :

- d'une part, celles-ci montrent des bonnes caractéristiques mécaniques au regard des modules pressiométriques retenus par le maître d'œuvre ;
- dans les couches sableuses yprésiennes éventuellement plus sensibles, l'abaissement piézométrique reste limité.

Les résultats des calculs dans les secteurs sensibles sont présentés dans les figures suivantes. Le premier graphique donne l'abaissement piézométrique calculé par le modèle hydrogéologique. Le graphique suivant donne le tassement calculé en valeur absolue. Le troisième graphique superposé donne le tassement différentiel c'est-à-dire la pente du tassement.




**Évaluation du tassement potentiel dans les formations superficielles entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons (phase la plus critique - cas probable)**




**Évaluation du tassement potentiel dans les formations superficielles aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat (phase la plus critique - cas probable)**

Ces évaluations réalisées avec un abaissement piézométrique **« probable »** montrent que :

- le tassement maximal potentiel est de **0,6 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- le tassement maximal potentiel est de **0,7 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat ;
- le tassement différentiel sur ces deux zones est extrêmement limité. Il ne dépasse pas **0,005 mm/m**.

**Les tassements liés au rabattement de nappe sont partout inférieurs à 7 mm, ce qui est inférieur aux seuils d'impacts fonctionnels et structurels sur l'environnement bâti.**

Le calcul réalisé en considérant un abaissement piézométrique **« extrême »** donne :

- un tassement maximal potentiel est de **1 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- un tassement maximal potentiel est de **1,35 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat ;
- un tassement différentiel sur ces deux zones extrêmement limité. Il ne dépasse pas **0,01 mm/m**.

**Le tassement différentiel qui est le paramètre le plus sensible pour des fondations est très limité.**

Ces évaluations sont réalisées selon des hypothèses sécuritaires qui sont :

- un abaissement piézométrique identique dans les alluvions anciennes et les alluvions modernes et les remblais de sablières. Si la perméabilité est nettement plus faible dans les remblais et les alluvions modernes, l'abaissement piézométrique serait moindre et donc le tassement moindre ;
- un calcul réalisé pour une baisse de niveau d'eau particulièrement défavorable pour chaque secteur ;
- des calculs réalisés en régime permanent d'écoulement.

Il s'agit donc d'un calcul qui traduit un risque de tassement potentiel mais pas nécessairement un tassement réel qui pourrait être beaucoup plus faible.

**Ainsi le risque de désordre induit par des phénomènes de tassement liés aux abaissements piézométriques dans les formations superficielles apparaît comme faible.**

Malgré tout, dans les phases ultérieures de dimensionnement, le maître d'œuvre réalisera un modèle géotechnique détaillé d'étude du tassement avec des paramètres mécaniques complémentaires issus des reconnaissances géotechniques en cours et à venir, de manière à vérifier les calculs préliminaires réalisés et présentés dans le présent rapport.

L'abaissement piézométrique calculé dans les zones sensibles constituées par les remblais d'anciennes sablières et les alluvions modernes est susceptible d'entrainer un tassement de ces couches qui a été évalué avec des hypothèses sécuritaires.

Les calculs réalisés montrent que le tassement potentiel est en tout point inférieur au tassement maximal admissible pour le bâti. Le tassement différentiel (pente du tassement) qui est le critère prépondérant pour juger du risque de désordre sur les structures est quant à lui largement inférieur au seuil de risque.

**Au regard de ces résultats, le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux apparaît faible dans la plaine de Vitry.**

### d. *Impact des pompages d'épuisement sur les phénomènes de dissolution du gypse*

Le phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien dépend :

- de la quantité d'eau ou flux susceptible de traverser et d'être au contact du gypse,
- de la vitesse de circulation des eaux au contact des formations gypseuses ;
- de la concentration dans l'eau des éléments constitutifs du gypse (sulfates et calcium) et donc du potentiel de dissolution du gypse de cette eau.

Les vitesses de circulation des eaux souterraines vont être accélérées du fait des pompages d'épuisement. Les solutions constructives de réduction du débit prévues permettent de limiter ce phénomène d'accélération des écoulements souterrains mais ne peuvent l'annuler totalement.

Dans le secteur de la **plaine de Vitry**, principalement concerné par ce phénomène, les prélèvements d'eau souterraine nécessaires aux travaux seront pratiqués dans la nappe des Calcaires Grossiers et des Marnes et Caillasses grâce aux parois moulées et non pas directement dans les nappes d'eau superficielle. Naturellement, l'eau souterraine contenue dans cette nappe lutétienne ne présente pas un potentiel de dissolution du gypse fort car elle renferme calcium et sulfates en concentrations notables (localement proches de la saturation en gypse) du fait de la présence de gypse anté-ludien.

Ceci étant, les pompages d'épuisement vont entrainer des phénomènes de drainance descendante c'est-à-dire provoquer un transfert d'eau depuis la nappe alluviale superficielle, vers la nappe du Lutétien. Ce phénomène de drainance est conditionné par la faible perméabilité verticale de l'ensemble Marnes et Caillasses, Sables de Beauchamp, Marno-calcaire de Saint-Ouen et par les conditions aux limites du système. Ce phénomène de réalimentation par la nappe superficielle peut potentiellement favoriser des phénomènes de dissolution de gypse anté-ludien car les nappes superficielles présentent généralement des potentiels de dissolution du gypse relativement élevés dans la mesure où elles sont peu chargées en calcium et sulfates, donc non saturée vis-à-vis du gypse.

En définitive, les pompages d'épuisement, malgré les solutions de réduction des débits d'épuisement prévus, sont susceptibles de favoriser le phénomène de dissolution du gypse. De par la complexité des phénomènes en jeu, il est difficile de quantifier précisément les conséquences de ces pompages d'épuisement.

Toutefois, le risque de créer des vides de dissolution significatifs susceptibles de créer des désordres paraît limité pour les raisons suivantes :

- le phénomène de dissolution du gypse reste lent à l'échelle des travaux prévus. Les pompages d'épuisement seront réalisés sur des périodes de 1 à 2 ans ce qui est une période relativement courte pour engendrer des dissolutions significatives. En effet, la solubilité du gypse dans l'eau est de 2,5 g/l environ, c'est-à-dire que dans les conditions du milieu souterrain, la dissolution du gypse est limitée à 2,5 g par litre d'eau. Il faut donc une longue période et une grande quantité d'eau pour dissoudre des masses importantes de gypse;

- les épaisseurs de gypse anté-ludien identifiées grâce aux sondages des reconnaissances géotechniques sont assez réduites : au maximum de 1 à 2 mètres, et ne semblent pas continues entre les sondages. L'article « Observations géologiques sur les accidents de dissolution de gypse » rédigé par M. Toulemont indique que la hauteur cumulée de gypse, indispensable à la formation d'un fontis de volume moyen, doit être supérieur à 7 mètres. Par ailleurs, d'après les résultats des sondages issus des missions géotechniques, les bancs de gypse ne semblent pas continus. Une partie seulement de la quantité d'eau traversant par drainance les Marno-calcaires de Saint-Ouen et les Marnes et Caillasses est susceptible d'être en contact avec des niveaux gypseux ;

- des travaux d'injection préliminaires sont prévus au droit des ouvrages où le contexte géologique présente des zones de fragilité liée aux cavités pouvant résulter, entre autres, de la présence de vides de dissolution du gypse.

Par ailleurs, au niveau de Maisons-Alfort à proximité du projet et dans un contexte géologique similaire, un pompage industriel important est pratiqué dans le Calcaire Grossier depuis des dizaines d'années. Ce pompage existe au moins depuis les années 1960. En 1966, le document du BRGM « *BRGM DSGR 66 A66* » indique un débit de pompage de 250 $m^3$/h. Les documents de la BSS indiquent, quant à eux, un débit de 500 $m^3$/h répartis sur 4 forages.

Aujourd'hui ce pompage est toujours actif au débit de 170 $m^3$/h sur le site de l'usine BIO SPRINGER. Or, aucun désordre connu attribuable à des phénomènes de dissolution du gypse anté-Ludien n'est recensé dans ce secteur, même en présence avérée de bancs de gypse sur ce secteur, d'après les sondages géotechniques réalisés par la Société du Grand Paris. Ainsi, ce retour d'expérience permet de relativiser fortement le risque de désordres liés au phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien. En effet, dans la mesure où un pompage important est déjà pratiqué au sein du même aquifère depuis des dizaines d'années à un débit comparable au débit unitaire évalué pour chaque gare dans la plaine de Vitry, sans être à l'origine de désordres connus, les pompages d'épuisement qui seront pratiqués provisoirement dans la plaine de Vitry ne seront pas, non plus, à l'origine de désordres. Le volume prélevé durant la phase travaux dans la zone sensible aux phénomènes de dissolution du gypse anté-Ludien, c'est-à-dire entre Vitry-Centre et Champigny-Centre, sera de 12 500 000 $m^3$ (en retenant les débits extrêmes retenus par les Maitres d'œuvres) sur une période d'environ 3 ans. À titre comparatif, le volume pompé depuis 1965 sur le site industriel de Maisons-Alfort est de l'ordre de 90 000 000 $m^3$ (200 $m^3$/h sur 50 ans) soit 7 fois plus.

L'incidence des pompages d'épuisement de la phase travaux sur le phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien contenu dans le Marno-calcaire de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp et les Marnes et Caillasses est difficile à quantifier précisément. De manière qualitative, les pompages d'épuisement vont toutefois créés provisoirement un environnement plus favorable à ce phénomène de dissolution du gypse.

**Néanmoins, le risque de désordre sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.**

*e. <u>Impacts des pompages d'épuisement sur les migrations de pollution d'eaux souterraines</u>*

Les pompages d'épuisement vont créer temporairement des modifications des conditions d'écoulement des nappes qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la migration des pollutions existantes en particulier au niveau des nappes alluviales superficielles.

Le secteur de la plaine de Vitry est potentiellement concerné par ce phénomène car il présente des débits d'épuisement en phase travaux non négligeables.

Pour ce secteur, l'impact des pompages d'épuisement en termes de migration potentielle de pollutions existante a été évalué sur la base d'une analyse des modifications des conditions d'écoulement calculées avec le modèle 2.

L'analyse des résultats des simulations réalisées montrent que les effets piézométriques les plus importants sont principalement situés :

- en rive gauche de la Seine entre la gare des Ardoines et du puits tunnelier Arrighi. Pour cette zone, les scénarii 1 et 3 apparaissent comme les plus défavorables ;

- le long du tracé entre la Seine et la Marne entre les gares. Pour cette zone, les résultats des simulations pour la phase la plus critique (cas de figure extrême) apparaissent comme les plus défavorables.

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

Dans le rapport d'état initial, l'interprétation des fiches BASOL et BASIAS a permis de juger de manière qualitative du risque de pollution du milieu souterrain au droit des sites recensés en fonction de différents critères comme le type d'activité, la présence d'installations à risque, le type de stockage, le type de produits utilisés, le volume stocké et l'état de réhabilitation.

La plus forte densité de sites BASOL et BASIAS est recensé dans l'ancienne zone industrielle située en rive gauche de Seine et délimitée sur les figures ci-après. Des sites BASOL et BASIAS sont également présents dans le fuseau d'étude entre la Seine et la Marne mais en moindre quantité.

L'analyse qualitative effectuée montre que le risque principal de pollution du milieu souterrain est situé au niveau de la zone industrielle en rive gauche de Seine. Il est donc très probable que l'eau souterraine soit contaminée localement en particulier dans la nappe alluviale qui est la plus vulnérable.

La plupart de ces sites BASOL et BASIAS entre la Seine et la Marne présente un risque de pollution du milieu souterrain considéré comme faible à négligeable.

En complément, au droit de la plaine de Vitry, l'analyse des données disponibles sur le site ADES menée lors de la définition de l'état initial a montré l'existence de secteurs présentant des pollutions de nappe historiques en rive gauche de la Seine principalement en COHV et en hydrocarbures. Sur le reste du secteur, les données ADES disponibles ne permettent pas de mettre en évidence de pollutions de nappe. Toutefois, peu de piézomètres de contrôle sont référencés entre la Seine et la Marne.

Les analyses d'eau souterraine sur l'ensemble des ouvrages de ce secteur ne sont pas disponiblees. Toutefois, les premièrs résultats d'analyses disponibles, apparaissent sécurisants :

- au droit de l'ouvrage Friche Arrighi, seules des traces d'hydrocarbures et de COHV ont été mesurées ;

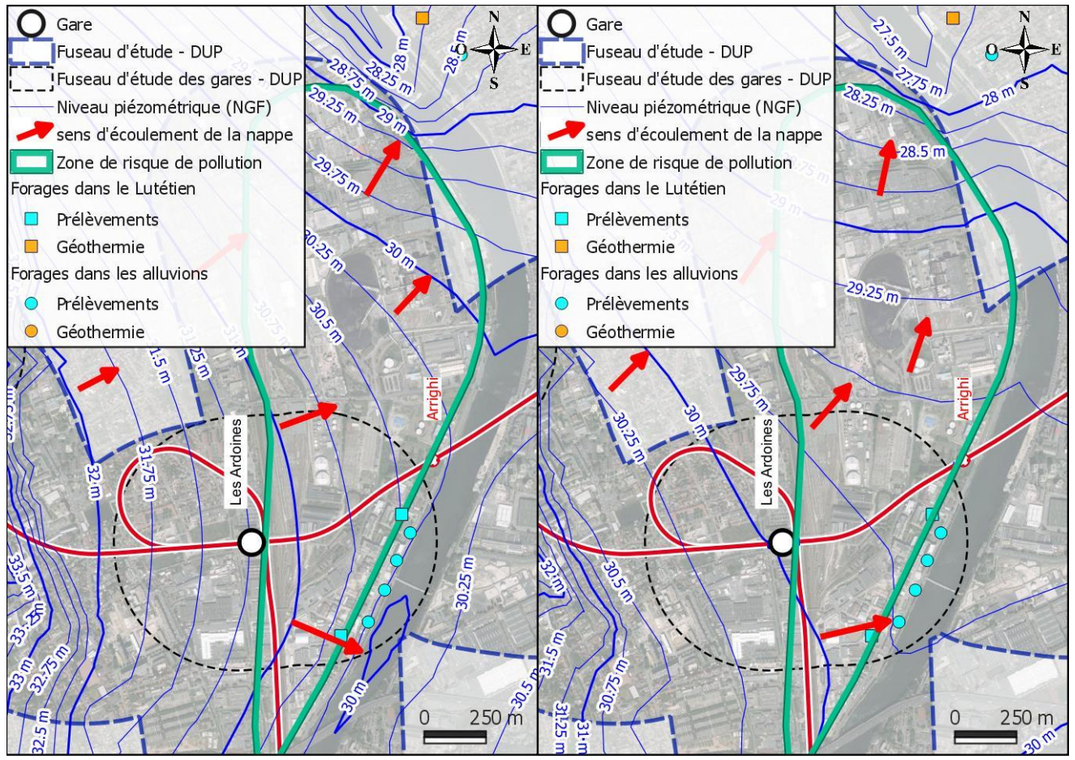
- au droit de la gare Créteil l'Echat, des HAP ont été identifiés mais à de faibles concentrations ;

- au droit de la gare de Champigny centre, des hydrocarbures, BTEX et tétracholoréthylène ont été mis en évidence dans les eaux, les débits pompés étant non significatifs, le risque de migration de ces polluants est nul.

Les pompages d'épuisement, si leur effet atteint une zone historiquement polluée, sont susceptibles de créer temporairement des changements dans les directions et gradients d'écoulements souterrains pouvant entrainer des modifications dans l'évolution de la migration des pollutions existantes aussi bien horizontalement au sein d'une même nappe que verticalement entre deux nappes superposées.

Les figures suivantes montrent les gradients et directions d'écoulement des eaux souterraines dans la nappe alluviale dans la situation de référence et en cours de travaux au niveau de la rive gauche de la Seine vers Vitry-sur-Seine où des pollutions ponctuelles de la nappe superficielle sont avérées. La situation en cours de travaux a été établie dans le cadre du scénario 1 et dans le cas de figure le plus extrême, c'est-à-dire le plus défavorable.

Les directions d'écoulement restent très proches de la situation de référence mais les gradients sont réduits notamment dans le secteur de la friche Arrighi. **L'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le déplacement horizontal des zones de pollution au sein de la nappe des alluvions devrait donc être limitée. Les directions de propagation resteront globalement les mêmes, en revanche les vitesses d'écoulement qui sont proportionnelles au gradient seront localement réduites.**




**Directions d'écoulement dans les alluvions à proximité de la gare des Ardoines et de la friche Arrighi dans la situation de référence (à gauche) et en phase travaux (à droite) pour le cas de figure le plus extrême**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Au droit du tracé dans la plaine de Vitry, la nappe du Calcaire grossier est relativement bien séparée de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions.

Néanmoins, la nappe du Calcaire grossier qui sera majoritairement influencée par les pompages d'épuisement sera tout de même réalimentée en partie par la nappe alluviale sus-jacente. Des écoulements souterrains descendants de la nappe alluviale vers la nappe du Calcaire grossier seront donc engendrés temporairement par les pompages d'épuisement.

Il est donc possible que, localement, de l'eau contaminée issue de la nappe superficielle atteigne la nappe du Calcaire grossier sous-jacente qui est probablement de meilleure qualité car elle bien protégée naturellement. Il est difficile de quantifier précisément ce risque dans la mesure où la qualité des nappes est globalement mal connue et les vitesses de transferts des différents type de polluants difficile à appréhender en l'état des connaissances.

Néanmoins, il n'est pas attendu d'impacts significatifs lié à une migration verticale d'éventuelles pollutions de la nappe dans la mesure où :

- le phénomène de dilution réduirait considérablement la charge polluante au sein du Calcaire grossier. Une extension approximative de la zone présentant des pollutions ponctuelles de la nappe superficielle est représentée dans les figures ci-avant. Au droit de cette zone, le facteur de dilution entre la nappe superficielle et la nappe du Calcaire grossier est de 3,5 dans le cas du scénario 1 (pour le cas de figure extrême) et de 8 dans le cas du scénario 3 (pour le cas de figure extrême). Cela signifie que globalement, le débit qui circule au sein du Lutétien est au moins 3,5 fois plus important que le débit qui provient de la nappe superficielle. Une dilution importante est donc attendue pour le cas de figure extrême) ;

- la vitesse de transfert des polluants est inférieure à celle des transferts d'eau du fait principalement des phénomènes d'adsorption sur la matrice solide des couches aquifères et peu perméables séparant les nappes ;

- les pompages d'épuisement vont jouer le rôle de « pompages de fixation ». Durant les phases de pompage, les écoulements de la nappe du Calcaire grossier seront orientés vers les dispositifs de pompage qui seront munis de dispositifs de traitement si l'eau prélevée ne présente pas une qualité satisfaisante ;

- aucun usage sensible de la nappe du Calcaire grossier n'est recensé à proximité cette zone. Deux forages exploitent la nappe du Calcaire grossier dans le secteur concerné. Il s'agit des forages de l'usine SANOFI qui sont exploités ponctuellement pour du refroidissement. Sur ce site, une unité de pompage de fixation de la nappe alluviale est active et devrait permettre de limiter le risque de transfert vertical d'une pollution ;

- sur le reste du secteur de la plaine de Vitry, l'analyse des données disponibles sur les fiches BASOL et BASIAS montre que le risque de pollution du milieu souterrain est à relativiser entre la Seine et la Marne. La nappe du Calcaire grossier n'est pas exploitée pour des usages sensibles ;

- après l'arrêt des pompages du chantier, les écoulements souterrains retrouveront leur orientation initiale. La nappe du Calcaire grossier sera de nouveau drainée par la Seine tout comme la nappe superficielle. In fine, les eaux souterraines seront drainées par le même exutoire constitué par les cours d'eau. Une contamination locale éventuelle locale de la nappe du Calcaire grossier ne serait donc que temporaire.

Avant le début et durant les travaux, la qualité de l'eau souterraine de la nappe des alluvions et de la nappe du Calcaire grossier sera analysée au droit et dans les environs immédiats de la future gare des Ardoines et du puits tunnelier Arrighi. La qualité de l'eau sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV et les hydrocarbures. Des dispositifs de traitement de l'eau souterraine seront étudiés et mis en place si nécessaire pour limiter les impacts sur les eaux souterraines.

Un suivi sera également réalisé sur les autres gares du secteur. Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur les chantiers avant les rejets.

*f. Conclusions sur le secteur de la Plaine de Vitry*

Les débits d'épuisement évalués pour les gares du secteur de la Plaine de Vitry et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que parois moulées, jupes et fonds injectés.

En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.

Plusieurs scénarios représentant les phases d'avancement du chantier (phases les plus critiques du chantier pour chaque ouvrage) ont été réalisés. Ces scénarios ont permis d'effectuer des simulations hydrodynamiques permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal attendu dans les nappes du secteur à savoir la nappe alluviale, la nappe du Lutétien et la nappe de la craie.

Des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne dans la nappe du Lutétien malgré les dispositions constructives prévues.

**Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensés dans le secteur étudié.**

Les effets piézométriques issus du modèle 2 ont été également exploités afin d'évaluer les impacts attendus du projet vis-à-vis de différents phénomènes tels que les conséquences de l'abaissement du niveau des nappes sur **le bâti, le phénomène de dissolution du gypse et sur la qualité des eaux souterraines.** L'impact relatif à ces différentes thématiques est évalué sur la base des résultats obtenus avec les scénarios de simulation qui sont les plus défavorables pour la thématique concernée.

**Au regard des résultats, le risque de désordre sur les constructions existantes vis à vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux apparaît faible sur tout le secteur de la plaine de Vitry.**

L'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le phénomène de dissolution du gypse est difficilement quantifiable. De manière qualitative les pompages d'épuisement vont toutefois créés provisoirement un environnement plus favorable à ce phénomène de dissolution du gypse. **Néanmoins, le risque de désordre sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.**

Enfin, les résultats de simulation montrent que **l'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le déplacement horizontal des zones de pollution au sein de la nappe des alluvions devrait être limitée. Les directions de propagation resteront globalement les mêmes, en revanche les vitesses d'écoulement seront localement réduites.**

Par ailleurs, les pompages d'épuisement vont entrainer des écoulements souterrains descendants de la nappe alluviale vers la nappe des Calcaires Grossiers malgré la présence de formations peu perméables entre les deux nappes. Il est donc possible que, localement, de l'eau de la nappe superficielle, présentant des indices de pollution, atteigne la nappe sous-jacente en particulier dans le secteur de l'ancienne zone industrielle longeant la Seine sur la commune de Vitry (commune la plus danse en anciennes activités sensibles). **Le risque est difficile à quantifier précisément mais il n'est pas attendu d'impacts significatifs de par les phénomènes de dilution et d'atténuation qui se produisent durant le transfert et du fait qu'aucun usage sensible ne soir recensé dans ce secteur.**

### *1.6.2.10 Impacts hydrogéologiques sur le secteur du Plateau de Champigny*

Ce secteur ne présente pas de débits d'épuisement significatifs de par la configuration des ouvrages. Les parois moulées de la gare de Noisy-Champs seront ancrées à la base des Marnes d'Argenteuil très peu perméables. Le débit d'épuisement sera donc très faible. Aucuns impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines n'est attendu.

Toutefois, pour la gare de Bry-Villiers-Champigny, le fond de fouille est, pour un scénario, près de 3 mètres sous le niveau de la nappe. Un calcul semi-analytique spécifique pour cette gare a donc été réalisé pour évaluer l'impact piézométrique de ce pompage d'épuisement.

*a. Méthodologie dévaluation des impacts liés à la construction de la gare de Bry-Villiers-Champigny*

La gare de Bry-Villiers-Champigny est réalisée sous protections de parois moulées traversant la majeure partie des Calcaires de Champigny plutôt peu perméables dans ce secteur. A ce stade, le niveau du fond de fouille n'est pas défini, deux hypothèses sont envisagées (fond de fouillé situé 0,3 m sous le niveau de la nappe ou fond de fouillé situé 2,3 m sous le niveau de la nappe).

Dans le premier cas, le débit d'épuisement est relativement faible, mais pour le second cas le débit d'épuisement pourrait être non négligeable.

Les rabattements de la nappe des Calcaires des Champigny engendrés par le pompage en phase travaux au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny ont été évalués par calcul semi-analytique grâce au logiciel TIGRE, développé par le BRGM.

Le logiciel TIGRE (Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements résultant d'un ensemble de puits de pompage situés dans une nappe souterraine homogène. La méthode basée sur la théorie des images, utilise une solution analytique : les calculs sont réalisés directement, sans aucune discrétisation du temps ou de l'espace, par superposition de l'influence de chaque puits et limite selon la formule de Theis.

Cette approche ne permet pas de prendre en compte le gradient de la nappe.

***Limites du domaine***

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur la figure ci-dessous. Les limites du domaine ont été définies à partir de la géologie du secteur. Au niveau de ce secteur, l'aquifère du Calcaire de Champigny est réalimenté au nord, au sud et à l'est par les coteaux, en particulier par la nappe des Calcaires de Brie. L'exutoire de l'aquifère est quant à lui situé à l'ouest.

Des limites à potentiel imposé ont donc été définies au nord, au sud et à l'est du domaine. Une limite à flux nul a été imposée à l'aval du domaine, à l'ouest.

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité représente environ 2,7 km de long sur 1,7 km de large, soit une surface de l'ordre de 4,6 km².

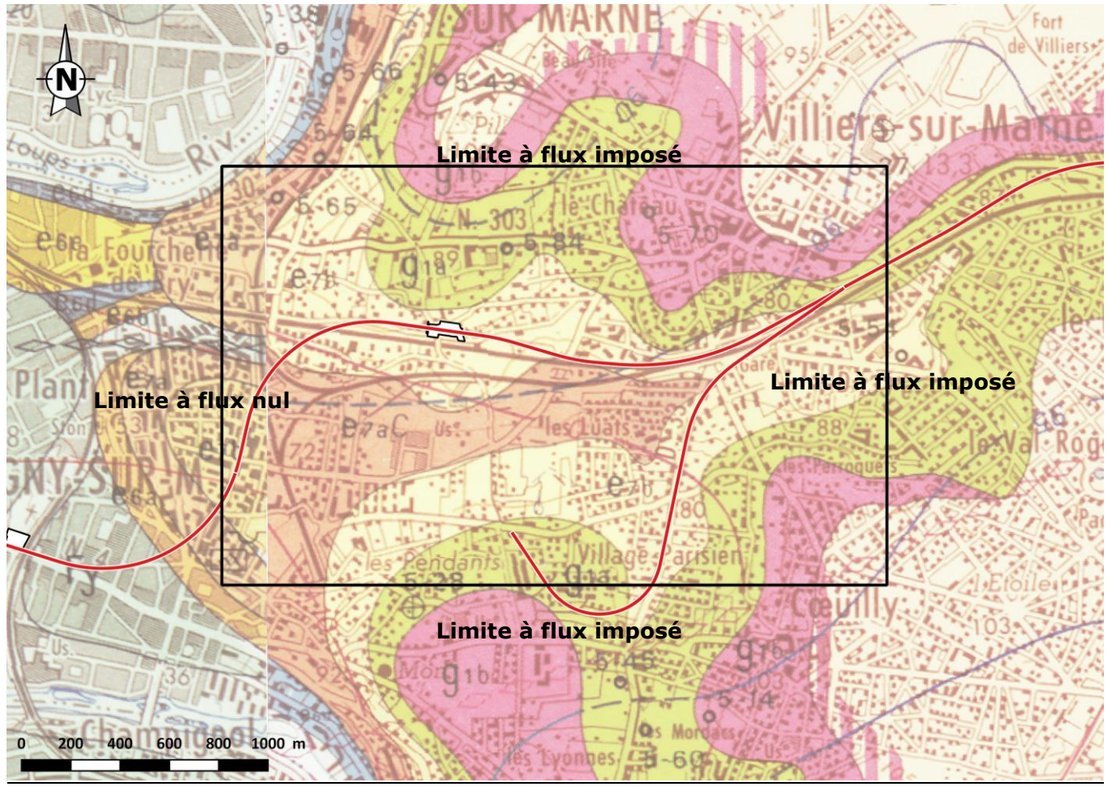
***Opérations de calage***

Le rabattement de la nappe du Calcaire de Champigny au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny en phase travaux est de 2,26 m. Le débit de pompage estimé par les maitres d'ouvrage varie de 8 à 80 $m^3$/h.

Le calage du modèle semi-analytique en régime permanent a consisté à reproduire le rabattement au droit de la gare en considérant les débits du maitre d'ouvrage.

En considérant cette gamme de débit et afin d'obtenir un rabattement de 2,26 m au droit de la gare, la transmissivité a été calée entre 5,4E-4 m²/s et 5,4E-3 m²/s.dans le logiciel TIGRE.

Les valeurs de transmissivité issues de ce calage sont représentatives de la transmissivité globale des Calcaires de Saint-Ouen et du Calcaire de Champigny.




**Limites du modèle**
**(source : BURGEAP)**

b. <u>Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines</u>

La figure suivante présente l'effet piézométrique du pompage d'épuisement au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny, sur la nappe du Calcaire de Champigny, en régime permanent.

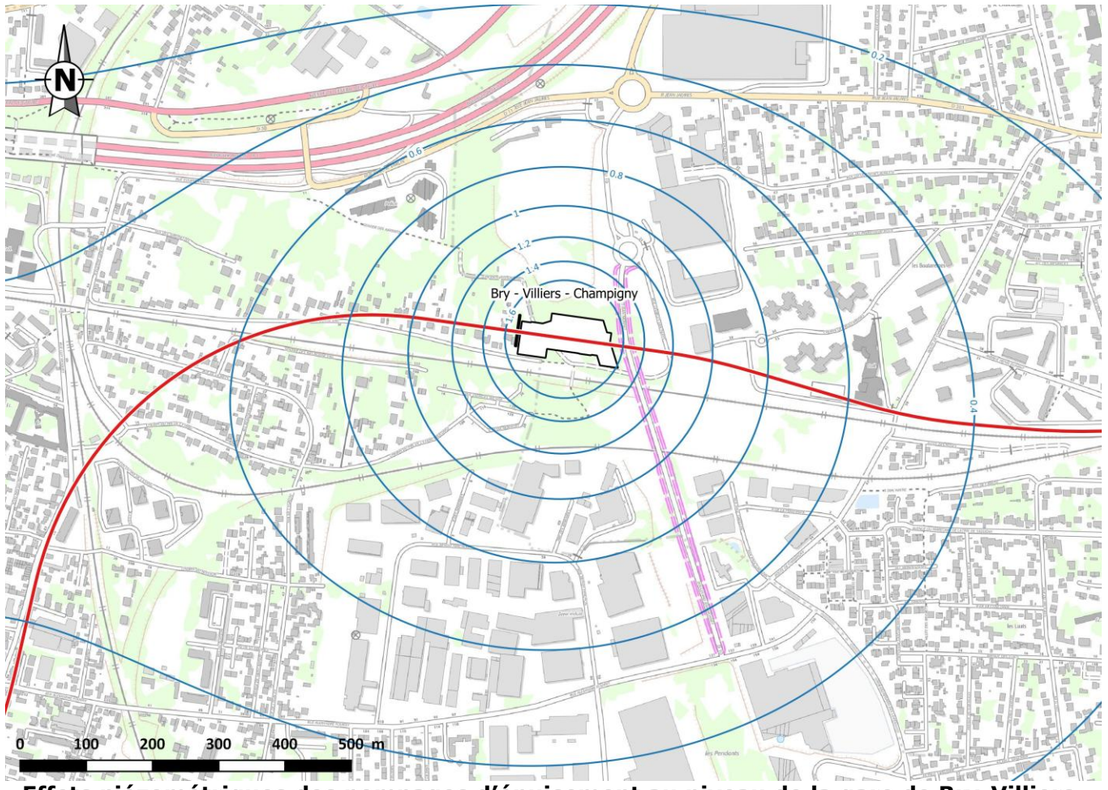
Deux simulations ont été réalisées :

- une première simulation en considérant un débit de pompage de 8 m3/h et une transmissivité de 5,4E-4 m²/s ;
- une seconde simulation en considérant un débit de pompage de 80 m3/h et une transmissivité de 5,4E-3 m²/s.

Les effets piézométriques sont identiques pour ces deux simulations (cf. figure ci-après).

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe des Calcaires de Champigny, à proximité immédiate de la future gare, où l'abaissement atteint près de 2,2 mètres.

Globalement, dans la nappe du Calcaire de Champigny, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 0,1 km², soit une distance autour de la gare comprise entre 120 et 130 mètres.  Cet abaissement est relativement limité.




**Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny**
**(source : BURGEAP)**

c. Impacts du pompage d'épuisement

Aucun captage d'eau souterraine exploitant l'aquifère de l'Eocène supérieur n'a été identifié dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny. Ainsi, aucune exploitation d'eau souterraine actuelle n'est menacée par le pompage qui sera réalisé en phase travaux.

Dans ce secteur, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu compte tenu de la lithologie de l'aquifère : il n'y a donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.

Le pompage d'épuisement va entrainer des modifications locales des directions d'écoulement. L'aquifère de l'Eocène supérieur situé à près de 23 m de profondeur au droit du site, et protégé par les formations peu perméables des Marnes d'Argenteuil en tête. Il est donc vraisemblable que cet aquifère présente une eaux de bonne qualité.. Ainsi, l'impact des pompages en terme de migration potentielle de pollution n'est pas à considérer.

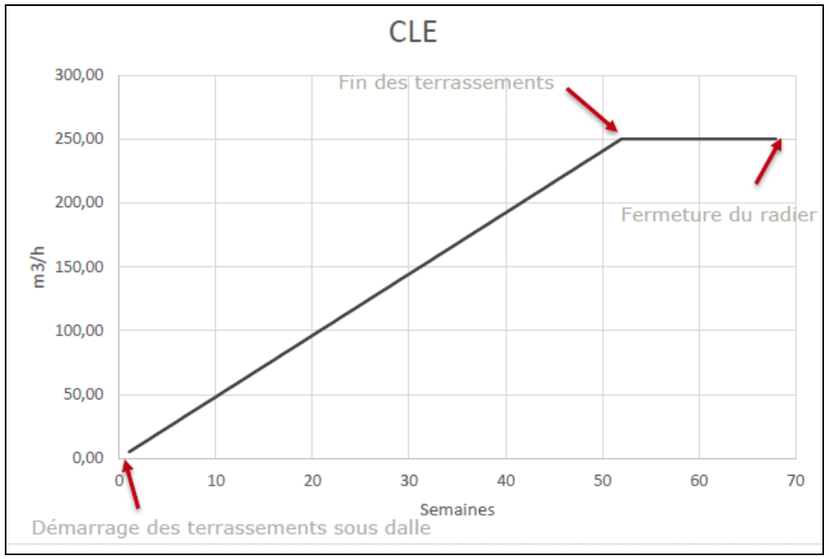
Pour la gare de Bry-Villiers-Champigny, les débits d'épuisement pourront atteindre près de 80 $m^3/h$. Toutefois l'impact piézométrique est relativement faible à l'échelle du secteur. Et n'auront pas d'impacts sur les exploitation d'eau souterrain, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraine.

**Pour la gare de Noisy Champs, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Ces impacts piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.**

### *1.6.2.11 Mesures de suivi pendant les travaux*

*a. Principes généraux*

Les pompages d'épuisement seront réalisés de manière très progressive. En effet, le planning de chantier prévoit une augmentation continue sur une longue période du débit d'épuisement qui sera fonction de l'avancé des terrassements. Ainsi le débit d'épuisement et les effets associés vont progressivement augmenter jusqu'à la valeur de pointe calculée. À titre indicatif, le graphique suivant montre l'évolution du débit d'épuisement avec le temps pour la gare de Créteil L'Echat située dans un secteur sensible de remblais d'anciennes gravières.




**Évolution du débit d'épuisement en fonction du temps pour la Gare de Créteil L'Echât**
**(Source : données SYSTRA)**

Le débit d'épuisement évoluera de manière progressive ce qui offrira une marge de manœuvre conséquente pour la mise en place de mesures correctives en cas de divergence constaté entre les effets prévisionnels et les effets réels.

Les mesures de suivi prévues concernent :

- **les niveaux d'eau** : les niveaux piézométriques seront suivis à l'extérieur de l'enceinte délimitée par les parois moulées dans les nappes sensibles afin de vérifier que l'incidence piézométrique est bien conforme aux évaluations.

- **les débits et volumes pompés :** les débits et volumes effectivement pompés seront suivis régulièrement. Le débit mesuré sera mis en perspective avec la hauteur d'eau dénoyée au sein de la fouille pour vérifier que les débits extraits sont conformes aux prévisions.

  Les divergences éventuelles peuvent avoir plusieurs origines : soit provenir de défaut de réalisation des solutions de réduction (efficacité insuffisante des injections de sol par exemple), soit être la conséquence d'un contexte hydrogéologique singulier.

  Dans tous les cas, si le débit d'épuisement diverge de manière trop importante des prévisions, des traitements complémentaires pourront être demandés aux entreprises (par exemple épaississement et prolongement de jupe injectée ou épaississement de bouchons injectés).

- **la qualité de l'eau :** la qualité de l'eau pompée sera évidemment suivie pour des raisons sanitaires et pour vérifier l'effet des pompages sur la migration de polluants éventuellement contenus dans les eaux souterraines alentours.

  En complément de l'analyse des polluants éventuels susceptibles d'être présents dans les eaux souterraines, des analyses seront réalisées sur les éléments majeurs marqueurs du gypse : calcium, sulfates, conductivité. L'objectif de ces analyses est de suivre l'évolution du potentiel « dissolvant » de l'eau extrait vis-à-vis du gypse. Une attention particulière sera portée sur l'augmentation de la teneur de l'eau souterraine dans ces éléments par rapport à leur concentration initiale pouvant traduire une accélération des phénomènes de dissolution.

- **le suivi des tassements :** des cibles de nivellement et des tassements seront posés et suivis afin de mesurer le tassement éventuel induit par les travaux. Les mesures de tassement permettront de vérifier que ceux-ci sont conformes aux prévisions. Si des tassements, non anticipés, imputables aux effets des pompages d'épuisement sont constatés, des solutions de réduction du débit complémentaires pourront être mises en œuvre (par exemple épaississement et prolongement de jupe injectée ou épaississement de bouchons injectés).

*b. Mesures de suivi propres aux moyens de pompage et moyens de secours*

- ***Mesures de suivi propres aux dispositifs d'épuisement***

Des piézomètres de surveillance seront mis en place à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de parois moulées, afin de suivre les niveaux d'eau tout au long de la phase d'épuisement. Ce suivi sera exercé en continu à l'aide de sondes de mesures automatiques dans un réseau piézométrique constitué à minima de deux ouvrages par site et par aquifère impacté.

Par ailleurs, le dispositif d'exhaure sera équipé :

- d'un compteur de débit, sans système de remise à zéro, qui sera accessible à la police de l'eau ;
- d'un dispositif permettant le « prélèvement d'échantillons d'eau brute » (par exemple un piquage muni d'une vanne d'arrêt).

Les puits de pompages seront régulièrement contrôlés et les pompes soumises à un programme de maintenance.

Toutes les mesures seront consignées dans un cahier de suivi de chantier. Les eaux d'exhaure seront régulièrement prélevées puis analysées par un laboratoire agréé afin de vérifier leur compatibilité avec le dispositif de rejet associé.

L'ensemble des informations relatives au dispositif d'exhaure (compte-rendu des travaux réalisés, suivi des débits d'exhaure, bordereaux d'analyses, etc.) sera tenu à disposition sur le site du maître d'ouvrage et des services de la Police de l'eau.

En effet, un cahier de suivi de chantier sera établit au nom du maître d'ouvrage. Celui-ci intégrera :

- le calendrier prévisionnel du déroulement des travaux ;
- le PPSPS (Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé) ;
- les résultats des analyses d'eau ;
- le relevé hebdomadaire et mensuel des volumes pompés ;
- les niveaux d'eau mensuels au sein des piézomètres de contrôle, ce suivi devant être maintenu durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure ;
- le relevé des incidents et de la maintenance effectuée au niveau du dispositif.

Un registre de suivi d'exploitation sera également mis à disposition sur le chantier. Celui-ci intègrera :

- le relevé hebdomadaire et mensuel des volumes pompés ;
- les niveaux d'eau mensuels au sein des piézomètres de contrôle, ce suivi devant être maintenu durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure ;
- le relevé des incidents et de la maintenance effectuée au niveau du dispositif.

- ***Moyens de secours pour pallier toute défaillance technique***

En cas de défaillance d'un des éléments des dispositifs d'exhaure, des moyens de secours seront prévus, avec notamment :

- la réalisation d'au moins un puits de pompage supplémentaire par site afin de parer tout problème qui surviendrait sur l'un des puits (colmatage des crépines, baisse de la productivité, entrainement de fines…) ;
- la constitution d'un stock d'équipements supplémentaires par site.

Les travaux de forage seront par ailleurs réalisés par des entreprises spécialisées, adhérentes à la charte de qualité des foreurs d'eau, et supervisés par un bureau d'ingénierie spécialisé qui suivra les travaux, établira la coupe géologique et technique des ouvrages, et adaptera si besoin la profondeur des équipements à la lithologie rencontrée (tubes pleins, tubes crépinés).

Enfin, les entreprises de forage feront un état des lieux des piézomètres mis en place lors des phases d'étude et toujours existants. Elles procèderont au rebouchage, dans les règles de l'Art et en respectant la norme NF X10-999, les ouvrages qu'elles ne jugeront pas nécessaire de conserver. Les entreprises pourront conserver les piézomètres qu'elles jugeront utiles pour compléter le réseau de surveillance piézométrique des opérations d'exhaure en phase chantier, sous réserve que l'état de ceux-ci le permette (absence de dégradation de leur intégrité, protection des ouvrages toujours en place…).

Au stade actuel des études, et compte tenu de l'avancement du projet, le dimensionnement précis des systèmes d'épuisement n'est pas finalisé. Dans tous les cas, ces dispositifs respecteront le formalisme de principe décrit dans le chapitre 2 suivant. Tous les éléments qui n'auraient pas été fournis au moment du dépôt du dossier Loi sur l'Eau seront communiqués au préfet et par courrier, en double exemplaire, au moins un mois avant le début des travaux de pompage, avec notamment :

- les dates de début et de fin de chantier ;
- le nom de la ou des entreprises retenues pour l'exécution des travaux de sondages, forages, puits, ouvrages souterrains envisagés ;
- les différentes phases prévues dans le déroulement des travaux ;
- les références cadastrales des parcelles concernées par les travaux ;
- les cotes précises entre lesquelles seront faites les recherches d'eau souterraines ;
- les dispositions et techniques prévues pour réaliser, et selon les cas, équiper ou combler les sondages, forages, et ouvrages souterrains ;
- les modalités envisagées pour les essais de pompage, notamment les durées, les débits prévus et les modalités de rejet des eaux pompées ;
- la localisation précise des piézomètres ou ouvrages voisins qui seront suivis pendant la durée des essais ;
- pour les ouvrages situés dans les périmètres de protection des captages destinés à l'alimentation humaine ou susceptibles d'intercepter plusieurs aquifères, les modalités de comblement envisagées dès lors qu'ils ne seraient pas conservés.

Le tableau suivant rappelle tous les éléments qui seront transmis à la police de l'eau ainsi que les paramètres à suivre :

| **Éléments à transmettre à la police de l'eau** | **Calendrier** |
|---|---|
| Dates de chantier, nom des entreprises, déroulement des travaux, références cadastrales des parcelles, localisation et coupes des puits / piézomètres, modalités pour les essais et les rejets | 1 mois AVANT le début des travaux |
| Registre de suivi | À disposition sur chantier |
| Modalités de comblement et date de réalisation (coupe technique et méthodologie) | 1 mois AVANT le début des travaux de comblement |
| Rapport de fin de travaux de comblement | 2 mois APRES les travaux de comblement |
| **Paramètres à suivre** | **Fréquence** |
| Volumes pompés | Hebdomadaire et mensuel |
| Niveaux d'eau au sein des piézomètres de contrôle | Mensuel |
| Niveaux d'eau au sein d'un piézomètre situé en dehors de la fouille | Mensuel, et durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure |

**Éléments qui seront transmis à la Police de l'Eau et liste des paramètres à suivre**

### 1.6.3 Impacts en phase d'exploitation sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques)

#### *1.6.3.1 Évaluation des débits d'infiltration résiduels en phase d'exploitation*

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches à l'eau souterraine autant que possible. En effet, s'agissant d'ouvrages situés en permanence sous le niveau de l'eau souterraine, des débits d'infiltration, qui peuvent être qualifiés de « suintements », sont toujours possibles. La tolérance à ces débits d'infiltration éventuelle est fixée à :

- 1,8 $m^3$/h par km de tunnel situé sous la nappe ;
- 0,5 l/j par $m^2$ de mur d'ouvrage enterré en contact avec une nappe.

Ainsi, les débits d'infiltration en phase d'exploitation sont extrêmement réduits.

Les tableaux des pages suivantes présentent les débits d'épuisement pour chaque ouvrage de la Ligne 15 Sud.

**Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (1/2)**

| PHASE EXPLOITATION | Débit issu du tunnel ($m^3/j$) | Débit issu des parois ($m^3/j$) | Débit total ($m^3/h$) | Volume annuel prélevé ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur | 9.5 | 6.5 | 0.7 | 33 945 |
| Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions | 0.0 | 32 | 1.3 | 39 785 |
| OA12 + rameau (ZAC SAEM) | 4.6 | 1.4 | 0.3 | 30 660 |
| OA10 + rameau (place de la Résistance) | 2.5 | 1.5 | 0.2 | 21 170 |
| Gare Issy RER | 2.9 | 6.1 | 0.4 | 22 630 |
| Émergence Issy RER C et connexion | 0.0 | 2 | 0.1 | 3 650 |
| OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse) | 38.0 | 0.0 | 1.6 | 13 870 |
| Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC) | 0.0 | 1.0 | <0.05 | 365 |
| OA 8 (Square Malleret Joinville) | 65.0 | 0.0 | 2.7 | 23 725 |
| OA7 (Fort de Vanves) | 31.0 | 0.0 | 1.3 | 11 315 |
| Gare Chatillon Montrouge (CHM) | 0.0 | 2.1 | 0.1 | 767 |
| OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien) | 18.0 | 0.0 | 0.8 | 6 570 |
| OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate) | 51.0 | 0.0 | 2.1 | 18 615 |
| Gare de Bagneux (BAG) | 0.0 | 1.9 | 0.1 | 694 |
| OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre) | 7.0 | 0.0 | 0.3 | 2 555 |
| Gare Arcueil Cachan (ACA) | 33.0 | 1.0 | 1.4 | 12 410 |
| OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle) | 59.0 | 0.0 | 2.5 | 21 535 |
| OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique) | 25.0 | 0.0 | 1 | 9 125 |
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) | 0.0 | 2.1 | 0.1 | 767 |
| OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin) | 67.0 | 0.0 | 2.8 | 24 455 |
| Gare Villejuif Louis Aragon (VLA) | 0.0 | 1.0 | <0.05 | 365 |
| P23/1501P (rue du génie) | 151.2 | 1.7 | 6.4 | 55 801 |
| Gare de Vitry Centre | 194.4 | 3.8 | 8.3 | 72 358 |
| P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas) | 345.6 | 1.4 | 14.5 | 126 670 |
| P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air) | 86.4 | 1.0 | 3.6 | 31 886 |
| PS21/1404S (rue Gabriel Peri) | - | - | - | - |
| Gare les Ardoines | 0.0 | 4.6 | 0.2 | 1 664 |
| P19/1302P Puits tunnelier Arrighi | 172.8 | 2.2 | 7.3 | 63 860 |
| P18/1301P (rue de Rome) | 172.8 | 2.2 | 7.3 | 63 860 |
| Gare de Vert-De-Maisons | 345.6 | 2.9 | 14.5 | 127 195 |
| P17/1201P (Université Créteil) | 194.4 | 1.9 | 8.2 | 71 657 |
| Gare de Créteil L'Echat | 151.2 | 4.8 | 6.5 | 56 940 |
| P16/1103P (stade F. Desmond) | 0.0 | 1.0 | <0.05 | 350 |
| P15/1102P (Av Ceinture) | 64.8 | 0.7 | 2.7 | 23 915 |

**Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (2/2)**

| PHASE EXPLOITATION | Débit issu du tunnel ($m^3/j$) | Débit issu des parois ($m^3/j$) | Débit total maximal ($m^3/h$) | Volume annuel prélevé ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| P14/1101P (rue du Port Créteil) | 280.8 | 1.0 | 11.7 | 102 842 |
| Gare Saint Maur Créteil | 0.0 | 4.1 | 0.2 | 1 489 |
| P13/1003P (impasse Abbaye) | 345.6 | 1.2 | 14.5 | 126 582 |
| P12/1002P (av Charles Floquet) | 129.6 | 0.7 | 5.4 | 47 567 |
| P11/1001P | 194.4 | 1.0 | 8.1 | 71 306 |
| Gare Champigny Centre | 172.8 | 6.7 | 7.5 | 65 525 |
| P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny) | 151.2 | 1.2 | 6.4 | 55 626 |
| P09/0901P | 172.8 | 0.5 | 7.2 | 63 247 |
| Gare de Bry-Villiers-Champigny | 0.0 | 4.8 | 0.2 | 1 752 |
| P08/0808P (av Henri Dunant Villiers) | 345.6 | 0.7 | 14.4 | 126 407 |
| PSMR/0813S | - | - | - | - |
| PS12/0811S (avenue Maurice Thorez) | - | - | - | - |
| PS11/0810S (rue Gl Leclerc) | - | - | - | - |
| P07/807P (sentier des marins) | 151.2 | 1.0 | 6.3 | 55 538 |
| P06/806P (rue Mozart) | 118.8 | 0.7 | 5.0 | 43 625 |
| P05/805P (av Médéric Noisy le grand) | 172.8 | 1.0 | 7.2 | 63 422 |
| P04/804P (place des Yvris) | 118.8 | 1.0 | 5.0 | 43 712 |
| P03/803P (rue du Ballon) | 162.0 | 0.5 | 6.8 | 59 305 |
| P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd) | 118.8 | 0.7 | 5.0 | 43 625 |
| Gare Noisy-Champs | 0.0 | 4.8 | 0.2 | 1 752 |
| P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne) | 86.4 | 0.5 | 3.6 | 31 711 |
| | | | **VOLUME TOTAL PRELEVE =** | **2 000 164** |

### *1.6.3.2 Présentation des systèmes de collecte des eaux d'exhaure en phase définitive*

Les eaux souterraines récoltées en phase exploitation sont les suintements susceptibles de traverser les parois du tunnel ou des gares et des ouvrages annexes. Les débits d'infiltration seront très faibles dans la mesure où les parois du projet sont conçues pour être presque étanches mais ne seront pas totalement nuls.

Dans ce cadre, en ce qui concerne le tunnel, un système de drainage à la base du tunnel sera mis en place afin de recueillir :

- les eaux d'infiltration dans le tunnel ;
- les eaux produites à l'intérieur de celui-ci, notamment lors de l'utilisation du réseau de lutte contre l'incendie ;
- éventuellement les eaux d'infiltration venant des puits d'intergare ;
- les eaux « sales » venant du matériel roulant et du nettoyage.

Le système de drainage est constitué à l'intérieur du tunnel :

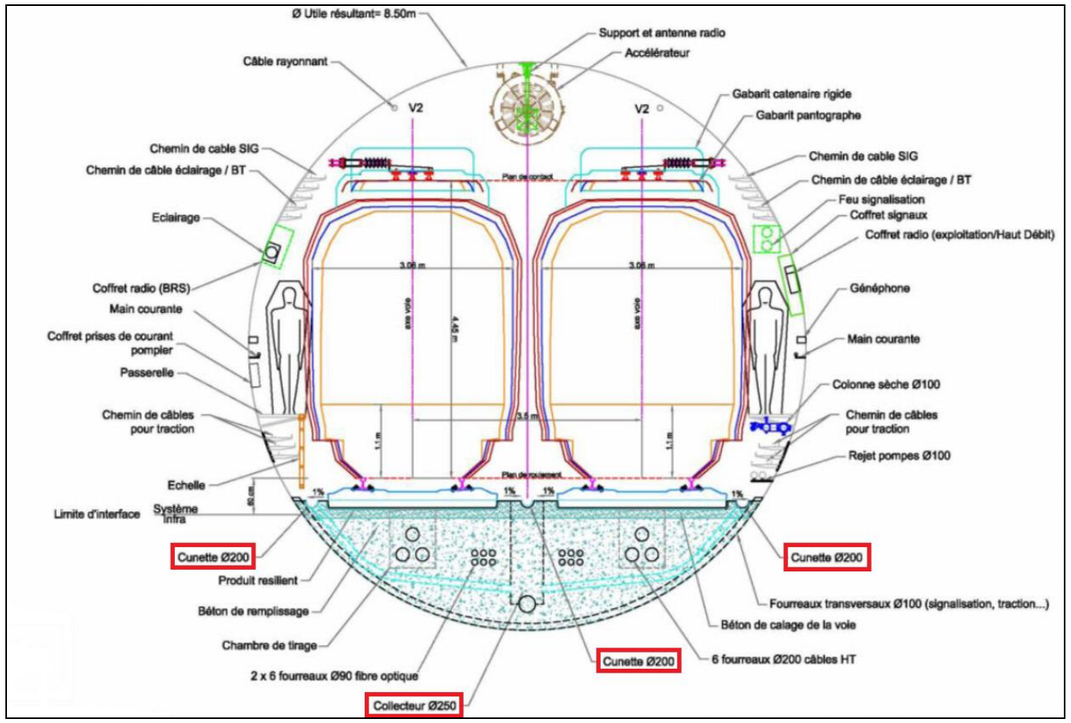
- d'un collecteur central Ø250 noyé dans le béton de remplissage du tunnel ;
- de cunettes latérales Ø200 implantées à proximité des piédroits ;
- d'une cunette centrale Ø200 sur le béton de voie.

Les cunettes latérales rejettent dans des barbacanes dans le collecteur et espacées longitudinalement de 25 m au plus. La cunette centrale alimente le collecteur par l'intermédiaire de regards. Les regards sont implantés tous les 50 m pour assurer le curage du collecteur. Le fond de ces regards doit être au niveau du fond du collecteur.

En fonction du dévers et de l'implantation des appareils de voie, les eaux produites à l'intérieur du tunnel sont dirigées tous les 25 m vers le collecteur central par :

- des saignées réalisées dans le béton de structure de la voie entre les blocs ;
- des barbacanes.

L'ensemble du dispositif est présenté sur la figure suivante représentant la coupe transversale du tunnel et du système de drainage associé.




**Coupe type transversale du projet et du système drainage**
**(Figure issue du mémoire technique de conception du tunnel – SETEC)**

Pour les ouvrages, les eaux d'infiltration seront collectées par des cunettes situées le long des voiles des ouvrages à leur niveau le plus profond. Ces cunettes permettront d'acheminer les eaux d'infiltration vers une station de relevage située dans un point bas au niveau des gares. Ces stations de relevage collecteront également les eaux d'infiltration au travers des parois du tunnel et les eaux de pluie tombant directement sur les grilles d'aération des ouvrages.

– Une station de relevage sera composée :

- d'une fosse de relevage dont la dimension précise sera déterminée dans les phases d'étude à venir. La dimension de la fosse de relevage sera calculée, entre autres, en fonction de la quantité d'eau qui y sera acheminée qui dépend des pentes du tunnel de part et d'autres de la fosse ;
- de pompes permettant de remonter les eaux vers le réseau d'assainissement ;
- d'une armoire de contrôle commande des pompes situées dans un local (pour le cas particulier des points bas en tunnel entre deux gares, cette armoire est située dans le local de la station la plus proche),
- de détecteurs de niveaux (flotteurs).

**La construction du tunnel ne présente donc pas d'impact sur les nappes souterraines.**

#### *1.6.3.3 Évaluation des impacts liés à la récupération des eaux d'infiltration en phase d'exploitation*

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches à l'eau souterraine autant que possible. En effet, s'agissant d'ouvrages situés en permanence sous le niveau de l'eau souterraine, des débits d'infiltration, qui peuvent être qualifiés de « suintements », sont toujours possibles.

Ces débits d'infiltration ont été estimés à environ 2 000 000 $m^3$/an répartis sur 33 Km environ. En moyenne, le débit de prélèvement d'eau souterraine sera donc d'environ 7 $m^3$/h par Km de métro. Ce débit d'infiltration est très faible au regard des prélèvements d'eau souterraine pratiqués pour différents usages dans les différents aquifères exploitables dans les environs du projet. Ce prélèvement permanent tout à fait mineur ne sera pas en mesure d'engendrer un abaissement piézométrique significatif.

**Aucun impact hydrogéologique lié à l'infiltration des eaux souterraines au travers des parois du projet n'est attendu.**

**Aucune mesure de suivi sur le long terme n'apparait nécessaire pour ce sujet.**

## 1.6.4 Impacts liés au rejet des eaux souterraines en phase travaux et exploitation en mesures d'accompagnement

#### *1.6.4.1 Rappel des enjeux liés au rejet des eaux souterraines*

La majeure partie du projet se situe sous le niveau de l'eau souterraine. Ainsi, des prélèvements d'eau souterraine (pompages d'épuisement en phase travaux nécessaires à la réalisation des ouvrages de surface et récupération de suintements en phase d'exploitation) sont nécessaires à la réalisation d'un tel projet.

Dans les secteurs où les aquifères sont potentiellement productifs, un débit d'épuisement en phase travaux résiduel susceptible d'être non négligeable sera nécessairement prélevé pour certains ouvrages, impliquant un débit de rejet équivalent.

Les **enjeux** susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- enjeu quantitatif lié à la préservation de la ressource en eau souterraine ;
- enjeu qualitatif lié à la protection sur la ressource en eau souterraine ;
- les exploitations d'eau souterraine ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple ou de remontée de nappe.

La sensibilité du milieu au rejet des eaux d'exhaure dépend essentiellement de l'**aléa** à savoir :

- la productivité potentielle de l'aquifère ;
- la qualité de la nappe.

Le tableau ci-dessous est issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la réalisation de rejet d'eau souterraine.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Aquifère très productif.<br>Nombreuses exploitations d'eau souterraine.<br>Pollutions de la nappe avérée. |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Aquifère modérément productif.<br>Aquifère peu exploité. |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Aquifères de faible productivité.<br>Présence de niveaux gypseux. |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)** | Aquifères très productifs.<br>Nombreuses exploitations d'eau souterraine.<br>Présence de niveaux gypseux.<br>Pollutions de la nappe avérée. |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Aquifères de faible productivité.<br>Aquifère non exploité. |

**Hiérarchisation de la sensibilité liée au rejet des eaux souterraines**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

### 1.6.4.2 Stratégie générale de gestion des rejets des eaux souterraines

a. *Principes généraux de la démarche*

Les travaux de la Ligne 15 Sud nécessiteront la mise en place de dispositifs d'épuisement de fouille sur la majeure partie des ouvrages envisagés. Des dispositions constructives seront mises en œuvre afin de limiter autant que possible les débits à gérer en fond de fouille. Toutefois, des eaux d'exhaure résiduelles devront être gérées. Trois solutions de gestion peuvent être envisagées, selon l'ordre de priorité suivant :

- réinjection dans la même nappe ;
- rejet au cours d'eau ;
- rejet au réseau d'assainissement.

Conformément à la doctrine technique établie par la DRIEE, la réinjection en nappe est la solution privilégiée et étudiée en premier lieu afin de limiter l'impact quantitatif sur la ressource d'un dispositif d'épuisement. Si cette solution ne s'avère pas faisable, le rejet au réseau hydrographique est ensuite envisagé. Enfin, en cas d'impossibilité physique ou de contrainte technico-économique trop forte pour la réinjection et le rejet en cours d'eau, un rejet au réseau est retenu en respectant les conditions de rejet (débit, volume, qualité, taxes) appliquées par le gestionnaire local du réseau.

Le choix de la solution dépend de nombreux paramètres (débit résiduel attendu, qualité des eaux et éventuelle nécessité de les traiter au regard des objectifs de qualité du milieu récepteur, emprise chantier disponible, paramètres hydrodynamiques et injectivité des aquifères, prise en compte des risques comme celui de la dissolution du gypse, distance au réseau hydrographique…) qu'il convient donc de prendre en compte.

- ***Réinjection dans le même aquifère***

Pour pouvoir envisager un dispositif de réinjection en nappe, il est nécessaire de satisfaire un certain nombre d'exigences :

- l'aquifère doit être suffisamment productif pour que le dispositif soit efficace. En effet, la réinjection de débits importants ne peut être envisagée que dans un aquifère relativement perméable et à forte capacité d'emmagasinement, d'une part afin de limiter le nombre de puits de réinjection, et d'autre part afin de limiter l'impact du relèvement en nappe (risques d'inondation des infrastructures voisines par exemple) ;
- le contexte environnemental et géologique doit être favorable, pour ainsi éviter tout risque de déstabilisation lié à la présence de couches compressibles ou de minéraux sensibles (gypse par exemple). Le gypse représente un aléa majeur dans la région parisienne car c'est un minéral qui peut être dissous lorsque les régimes d'écoulements sont modifiés. La dissolution du gypse est susceptible de dégrader les caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, créer des cavités souterraines, décomprimer les terrains sus-jacents, jusqu'à contribuer en cas extrême à l'apparition de fontis. Tous les ouvrages de la Ligne 15 Sud ont été réalisés de telle manière à ce que les débits résiduels soient, autant que possible, les plus limités. Toutefois, la réinjection des eaux résiduelles pourrait créer des cônes de réinjection au niveau des puits et accélérer les vitesses de circulation des eaux. Cette augmentation des vitesses est de nature à favoriser un état propice à ce phénomène de dissolution du gypse, c'est la raison pour laquelle la réinjection des eaux résiduelles dans les zones à risques, c'est-à-dire dans les aquifères présentant des niveaux de gypse identifiés d'épaisseur non négligeables, sera évitée ;
- la qualité de l'eau doit être compatible ou « traitable » en tenant compte de l'espace disponible sur le chantier pour respecter les objectifs de gestion qualitative des ressources. Dans l'absolu, l'eau prélevée sera restituée au même aquifère, sans modification physico-chimique ni dégradation de sa qualité. Le bilan qualitatif sera donc nul. Toutefois, compte tenu des objectifs du SDAGE Seine Normandie en vigueur et de la Directive Cadre sur l'Eau, les eaux réinjectées devront respecter les valeurs seuils indiquées en annexe de l'arrêté du 17 septembre 2008, afin de contribuer à l'atteinte du bon état des « masses d'eaux souterraines » fixé par la DCE ;
- l'espace foncier doit être suffisant pour l'installation des différents éléments du système de réinjection (puits et dispositifs de traitements éventuels). Concernant les puits de réinjection, ceux-ci doivent être positionnés à l'extérieur des enceintes, à au moins 4 m environ des parois moulées. Il s'agit d'une distance minimale à respecter, issue du retour d'expérience de BURGEAP. Cette distance minimale parait nécessaire pour que la présence des parois moulées de l'ouvrage ne risque pas de diminuer significativement l'efficacité des puits. En effet, les pores ou fissures des horizons aquifères à proximité immédiate de parois moulées ou de zones de traitement de sol (jupes injectées, fonds injectés) peuvent être partiellement obstrués par du ciment ou de l'argile de forage, limitant ainsi la capacité d'injection des puits. De plus, les parois moulées créent des obstacles aux écoulements souterrains qui limitent d'autant plus l'efficacité des forages d'injection que ceux-ci sont proches. Par ailleurs, des dispositifs de traitement avant rejet doivent être mis en place afin de réinjecter les eaux résiduelles présentant une qualité non conforme avec les objectifs du SDAGE et de la DCE. Différentes techniques sont utilisées en fonction du type de pollution à traiter (séparateurs à hydrocarbures, décanteurs pour les matières en suspension, filtres à charbon pour traiter les métaux, les hydrocarbures, les AOX, et les pesticides, résines échangeuses d'ions pour le traitement des sulfates et des métaux…). Ces éventuels dispositifs de traitement représentent des contraintes spatiales qu'il convient de prendre en compte dans le choix du dispositif de rejet envisagé.

Par ailleurs, la réinjection en nappe est généralement plus difficile à mettre en œuvre qu'un pompage. Ainsi, afin d'assurer une bonne gestion des eaux d'exhaure en injection, les précautions suivantes doivent être respectées :

- procéder à des opérations régulières de nettoyage / développement des puits afin de conserver une injectivité suffisante ;
- exercer un suivi régulier des niveaux dans chacun des puits afin de détecter des phénomènes de colmatage accélérés ;
- prévoir une capacité de surverse (au réseau par exemple), pour les opérations de nettoyage / décrassage des puits de réinjection (avec l'établissement d'une convention de rejet auprès du concessionnaire du réseau et l'obtention d'une autorisation de rejet).

- ***Rejet au cours d'eau***

Un rejet au cours d'eau nécessite :

- une relative proximité géographique entre le dispositif d'exhaure et le cours d'eau considéré ;
- où la possibilité de tirer une canalisation ;
- où la possibilité d'exploiter une canalisation existante.

Les principales contraintes physiques pour envisager un rejet de ce type sont donc la distance au cours d'eau et l'occupation du sol et du sous-sol en milieu urbain.

L'exploitation d'une canalisation existante (avec éventuellement branchement d'une canalisation provisoire à l'intérieur d'un réseau) est difficilement envisageable car ce type de canalisation reste relativement rare. Cette solution doit faire l'objet d'une autorisation de la part du propriétaire du réseau.

La mise en place de nouvelles canalisations (enterrées ou hors sol) jusqu'au réseau hydrographique peut être envisagée sur des distances modérées mais cette solution présente de grosses contraintes en terme de réalisation dans un contexte urbain.

Ainsi, le rejet au cours d'eau par le biais d'une canalisation existante ou à créer est envisageable pour les ouvrages situés à distance modérée du réseau hydrographique. Elle en revanche extrêmement difficile à mettre en œuvre pour des distances significatives.

Sur le linéaire concerné, seuls les ouvrages situés en bord de Seine et de Marne sont potentiellement propices à un rejet en cours d'eau, sous réserve d'une qualité d'eau compatible. En effet, comme pour la réinjection en nappe, un rejet au cours d'eau suppose que la qualité des eaux d'exhaure soit compatible avec les objectifs du SDAGE et de la Directive Cadre sur l'Eau. Le rejet ne doit pas modifier la qualité des eaux par rapport à l'objectif de bon état fixé par la DCE. Ainsi, selon la qualité des eaux, un dispositif de traitement provisoire avant rejet des eaux au milieu naturel pourra être mis en œuvre. L'emprise des dispositifs de traitement nécessaires représente une contrainte spatiale qu'il convient de prendre en compte dans le choix de la solution de rejet envisagée.

- ***Rejet au réseau***

Le rejet au réseau peut se justifier en cas d'impossibilité physique ou de contrainte technico-économique trop forte pour envisager un rejet au milieu naturel (réinjection en nappe ou rejet en cours d'eau).

Dans le cas où cette solution de rejet serait retenue, il sera privilégié, par ordre de priorité, un rejet :

- au réseau d'eaux pluviales ;
- au réseau d'eaux unitaire ;
- au réseau d'eaux usées.

In fine, les eaux pompées seront rejeté à la Seine ou la Marne en fonction en fonction de la position géographique des travaux de pompage.

Cette solution nécessite de la part du propriétaire et du gestionnaire du réseau :

- l'obtention d'une autorisation de rejet ;
- l'établissement d'une convention de rejet.

Ces deux documents administratifs fixent les exigences en termes de qualité et de quantité à respecter. D'un point de vue qualitatif, les critères d'acceptation des rejets au réseau sont fixés au cas par cas par les exploitants des réseaux mais ces critères sont généralement plus souples que ceux concernant les rejets au milieu naturel. Les exploitants demandent généralement à ce que les rejets respectent les valeurs définies dans l'arrêté du 2 février 1998.

Ainsi, en fonction de la qualité des eaux résiduelles et des critères imposés par chaque exploitant, un traitement des eaux avant rejet au réseau pourra s'avérer nécessaire. L'emprise des dispositifs de traitement représente une nouvelle fois une contrainte spatiale qu'il convient de prendre en compte.

D'une manière générale, pour les très faibles débits, cette solution apparaît la plus pertinente d'un point de vue technico-économique.

À titre d'exemple, la DSEA 94 demande que les dossiers de demande de rejets temporaires comprennent les informations suivantes :

- identification du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et de l'entreprise qui va réaliser le rejet, (nom, adresse du siège social, le numéro de Siret, personnes à contacter, numéros de téléphone, messagerie électronique, fax, adresse postal, etc.) ;
- la localisation et les caractéristiques du chantier projeté, et copie de tout élément permettant une bonne compréhension de l'emprise du chantier (état initial / état projeté, carte des piézomètres, carte géologique, etc.) ;
- l'exutoire du rejet (adresse) ;
- la durée du rejet / rabattement de nappe ;
- débits maximum, minimum et moyen, nature des eaux rejetées (analyses de qualité préalables à effectuer) ;
- dispositions envisagées pour traiter les eaux avant rejets et respecter les seuils de rejet ;
- si existant, copie de l'autorisation préfectorale d'exploiter.

Le délai de traitement de cette demande est de l'ordre de 3 mois.

Au stade actuel du projet, et compte tenu du fait que les pompages d'épuisement ne débuteront pas avant 2017, ces procédures administratives ne sont pas finalisées. La société du Grand Paris enverra à la police de l'eau une copie des documents administratifs autorisant les rejets temporaires d'eaux d'épuisement aux réseaux d'assainissement 1 mois avant le démarrage des opérations de pompage. Les autorisations de déversement et les conventions de rejet disponibles sont jointes au présent dossier.

À titre indicatif, les valeurs de qualité limite de rejet en réseau, comme celles de la DSEA94, sont généralement issues de l'Arrêté du 2 février 1998 (cf. Tableau ci-dessous) mais dépendent du type de réseau auquel le rejet est fait :

- réseau d'Eaux Pluviales ;
- réseau d'Eaux Usées ou Unitaires.

| | | REJET RESEAU EP (Eaux Pluviales) | REJET RESEAU EU ou UN (Eaux Usées ou Unitaires) |
|---|---|---|---|
| | | NB = eaux superficielles | NB : raccordé à une station d'épuration collective) |
| **PARAMETRE** | **SYMBOLE** | **VALEUR LIMITE (en mg/l)** | **VALEUR LIMITE (en mg/l)** |
| Température | T | 30 °C | 30 °C |
| Potentiel Hydrogène | pH | 5,5 à 8,5<br>5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline | 5,5 à 8,5<br>5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline |
| Matières En Suspension | MES | si flux en MES < 100 kg/j = 100<br>si flux en MES > 100 kg/j = 35 | 600 |
| Demande Biochimique en Oxygène | $DBO_5$ | si flux en DBO < 30 kg/j = 100<br>si flux en DBO > 30 kg/j = 30 | 800 |
| Demande Chimique en Oxygène | DCO | si flux en DCO < 100 kg/j = 300<br>si flux en DCO > 100 kg/j = 125 | 2000 |
| Azote Global | NGL | 30 | 150 |
| Phosphore Total | PT | 10 | 50 |
| Sulfates | SO4 | 400 | 400 |
| Hydrocarbures Totaux | HCT | 5 | 10 |
| Indice phénols | | 0,3 | 0,3 |
| Aluminium + fer et composés | Al + Fe | 5 | 5 |
| Cuivre et composés | Cu | 0,5 | 0,5 |
| Zinc et composés | Zn | 2 | 2 |
| Chrome hexavalent | Cr VI | 0,1 | 0,1 |
| Chrome total | Cr | 0,5 | 0,5 |
| Plomb et composés | Pb | 0,5 | 0,5 |
| Etain et composés | Sn | 2 | 2 |
| Nickel et composés | Ni | 0,5 | 0,5 |
| Mercure et composés | Hg | 0,05 | 0,05 |
| Manganèse et composés | Mn | 1 | 1 |
| Arsenic et composés | As | 0,1 | 0,1 |
| Fluor et composés | F | 15 | 15 |
| Cyanures aisément libérables | Cn | 0,1 | 0,1 |
| Cadmium et composés | Cd | 0,05 | 0,05 |
| Somme des métaux | | 15 | 15 |
| PCB * | PCB * | 0,2 µg/l | 0,2 µg/l |
| HAP * | HAP * | 0,5 µg/l | 0,5 µg/l |
| Composés organiques halogénés | AOX ou EOX | 1 | 1 |

**Limites indicatives de qualité de rejet d'effluents (CG94)**

*b. Justification du choix des solutions de rejet retenues*

- ***Solutions retenues en phase travaux***

***Vallée de la seine - secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt :*** *Ouvrages concernés : OA13 - gare PDS + connexions - OA12 - OA10 - gare ISS + émergence + connexion)*

Dans la vallée de la Seine, le contexte hydrogéologique (alluvions sur Craie) est a priori favorable à la réinjection en nappe dans la mesure où l'aquifère concerné est très productif. Ainsi, une réinjection à l'extérieur des enceintes de parois moulées pourrait être réalisée avec un nombre de puits limité et n'entrainerait pas de remontée de nappe très importante. Néanmoins, les données qualité recueillies auprès du portail national d'Accès aux Données des Eaux Souterraines (ADES) indiquent une pollution potentiellement significative de la nappe des alluvions, principalement en COHV, au niveau de la gare de Pont-de-Sèvres, située au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne-Billancourt. En revanche, aucune pollution significative n'a été mise en évidence au droit des qualitomètres situés à proximité de l'ouvrage annexe OA12. Néanmoins, compte tenu de sa localisation, les eaux souterraines peuvent s'avérer potentiellement polluées.

A ce stade, 5 prélèvements d'eau brute de la nappe des alluvions ont été réalisés par IDDEA. Les résultats d'analyse montrent des teneurs en COHV relativement élevées et certains métaux (chrome, mercure et aluminum essentiellement). Aucune analyse d'eau souterraine de la nappe de la Craie n'a été réalisée à ce stade.

Par conséquent, lors des pompages en phase travaux, les premières eaux pompées présenteront vraissemblablement des teneurs élevées en COHV et métaux mais à partir d'un certain temps de pompage, l'eau proviendra en majorité de l'aquifère de la Craie, a priori protégé des pollutions superficielles.

Ainsi, bien que cette zone soit favorable du point de vue de la capacité d'injection potentielle de l'aquifère, le facteur limitant est représenté par la qualité physico-chimique des eaux qui devront potentiellement être traitées au droit de la gare Pont-de-Sèvres et de ses connexions, avant réinjection dans l'aquifère. L'emprise des dispositifs de traitement et la distance minimale à respecter pour implanter les puits de réinjection représentent des contraintes spatiales qui conditionnent la faisabilité de cette solution. Il en est de même pour les contraintes spatiales liées au respect des distances d'implantation des puits de réinjection au niveau de la gare d'Issy RER et de ses connexions.

En revanche, sur ce secteur, les ouvrages situés en bord de Seine (OA13, gare Pont de Sèvres et connexions, OA12 et OA10) sont potentiellement propices à un rejet en cours d'eau, sous réserve d'une qualité d'eau compatible.

Ce secteur est concerné par le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes à partir du Pont de Sèvres (inclus) vers l'aval. Le rejet éventuel au cours d'eau doit prendre en compte cette exigence de qualité, qui rejoint l'xigence génrale du SDAGE relative au bon étét écologique du cours d'eau.

Pour la gare Pont de Sèvres et ses connexions, les analyses physico-chimiques disponibles montrent que les eaux sont potentiellement polluées..

Le rejet en milieu naturel étant envisagé, il apparait nécessaire de vérifier la compatibilité des analyses avec les valeurs seuils R1 et R2 définies à la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1.

Le tableau suivant présente les flux correspondant aux concentrations les plus élevées mesurées sur les eaux brutes avant traitement :

| Paramètres | Unité | R1 | R2 | Pont de Sèvres | |
|---|---|---|---|---|---|
| MES | kg/j | 9 | 90 | 660 000 µg/l | 1 346 kg/j |
| DBO5 | kg/j | 6 | 60 | 3 000 µg/l | 6,1 kg/j |
| DCO | kg/j | 12 | 120 | 15 000 µg/l | 31 kg/j |
| Matières inhibitrices | équitox/j | 25 | 100 | **non analysé à ce jour** | |
| Azote total | kg/j | 1,2 | 12 | 7 000 µg/l | 14 kg/j |
| Phosphore total | kg/j | 0,3 | 3 | 730 µg/l | 1,5 kg/j |
| Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX) | g/j | 7,5 | 25 | 1 400 µg/l | 2 856 g/j |
| Métaux et métalloïdes (Metox) | g/j | 30 | 125 | 1 262 µg/l | 2 573 g/j |
| Hydrocarbures | kg/j | 0,1 | 0,5 | 50 µg/l | 0,1 kg/j |

Le seuil R2 est dépassé pour les MES, l'azote total, les AOX et les métaux et métalloïdes.

Ceci étant, un système de traitement adapté sera mis en place si la solution de rejet au milieu naturel est retenue.

Le niveau R1 du tableau ci-dessus, figurant dans l'arrêté du 9 aout 2006, traduit le niveau de bon état écologique exigé pour les eaux superficielles. Les valeur définissant ce seuil sont celles figurant dans le SDAGE au titre du bon état écologique.

La comparaison du rejet à ce niveau R1 permet de le positionner par rapport aux exigences de bon état écologique.

Le tableau montre que le rejet n'est pas conforme au seuil R1 pour la quasi-totalité des paramètres.du tableau ci-dessus.

Il convient de rappeler ici que le débit de rejet prévu est de l'ordre de 85 m3/h en pointe pour cet ouvrage, soit environ 24 l/s. Par rapport au débit de la Seine d'environ 100 m3/s pour le QMNA1/5, le rapport est de 1 à 4000 environ.

Un traitement adapté devra être mis en place, que le rejet se fasse au réseau ou à la Seine. Le traiteement sera défini en fonction de la qualité des eaux réellement pompées. Il ya aura obligation de résultat sur la qualité de la Seine, le calcul d'incidence devant être fait sur les bases réelles.

Par ailleurs, la proximité du périmètre de protection rapporché étendu de la prise d'eau en Seine de Sèvres renforce l'exigence de qualité du rejet.

Si la solution de rejet au réseau est retenue ,les dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposée par le gestionnaire du réseau.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier si le rejet au milieu naturel ne pourrait être mis en œuvre :

| Gares / Ouvrages Annexes | Réseaux à proximité (taille ou diamètre) | Localisation | Gestionnaire |
|---|---|---|---|
| OA13 | Ovoïde (280/220) | RD7 | SEVESC (CG92) |
| gare PDS | Ovoïde (270/220) | RD1 (Quai Georges Corses) | SEVESC (CG92) |
| | Ovoïde (180/100) | RD1 (rue du Vieux Pont de Sèvres) | VEOLIA Assainissement (GPSO) |
| OA12 | Ovoïde (270/220) | RD1 | SEVESC (CG92) |
| OA10 | Ovoïde (240/150) | RD7 | SEVESC (CG92) |
| gare ISS | Ovoïde (230/130) | Rue Aristide Briand - place Léon Blum | SEVESC (CG92) |
| | Ovoïde (230/130) | Avenue de Verdun | SEVESC (CG92) |
| | Ovoïde (190/100) | | SEVESC (CG92) |

**Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la boutonnière de Boulogne**

***Plateau d'Issy à Cachan et plateau de Villejuif :*** *Ouvrages concernés : OA9 - gare FIVC - OA8 - OA7 - gare CHM - OA6 - OA5 - gare BAG - OA4 - gare ACA - OA3 - OA2 - gare IGR - OA1 - gare VLA*

Sur ce secteur, compte tenu de la perméabilité des formations géologiques rencontrées et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels seront limités (estimés entre 1 à 5 m3/h). Ces débits sont trop faibles pour justifier ou nécessiter la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

L'ensemble du secteur est également concerné par des formations gypseuses potentiellement en eau. Les reconnaissances géotechniques ont d'ailleurs mis en évidence la présence de gypse au droit de nombreux ouvrages :

- 2 sondages ont identifié du gypse dans le Lutétien au droit de la gare CHM ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen au droit de l'ouvrage OA5 ;
- 2 sondages a identifié du gypse dans le Lutétien et dans les marnes et masses de gypses au droit de la gare BAG ;
- 2 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et les marnes et masses de gypse au droit de l'ouvrage OA2, ainsi que 5 autres sondages situés à environ 500 m de cet ouvrage ont également révélé la présence de gypse dans le secteur (1 sondage avec identification de gypse dans les calcaires de St Ouen, 3 sondages avec identification de gypse dans le Lutétien, et 1 sondage avec identification de gypse dans les marnes et masses de gypse) ;
- 7 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, dans le Lutétien, et dans les marnes et masses de gypse au droit de la gare IGR ;

- 4 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, dans le Lutétien, et dans les marnes et masses de gypse au droit de la gare VLA.

La présence de gypse présente une contrainte forte vis-à-vis d'un éventuel dispositif de réinjection en nappe dans ces secteurs à risque.

Par ailleurs, les données qualité recueillies auprès du réseau ADES indiquent une pollution significative de la nappe superficielle, notamment :

- au droit de la gare FIVC, avec une pollution en HAP, HCT, BTEX, et COHV ;
- au droit de l'ouvrage OA3 (secteur de la zone universitaire de Cachan), avec une pollution aux COHV.

Ainsi, compte tenu des faibles débits attendus, de la présence de gypse sous eau, des risques de dissolution associés, et d'une qualité physico-chimique des eaux potentiellement dégradée sur une partie des ouvrages envisagés, la réinjection en nappe n'est pas appropriée sur ce tronçon de la Ligne 15 Sud.

En l'absence de cours d'eau proche, un rejet au réseau est justifié pour l'ensemble des ouvrages constituant ce tronçon. Cette solution paraît effectivement la plus pertinente d'un point de vue technico-économique, compte tenu des différentes contraintes identifiées ci-dessus.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier :

| Gares / Ouvrages Annexes | Réseaux à proximité (taille ou diamètre) | Localisation | Gestionnaire |
|---|---|---|---|
| OA9 | Ovoïde (190/100) | Rue de l'Egalité | SEVESC (CG92) |
| gare FVC | Ovoïde (190/100) | Avenue du Général de Gaulle | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (200/120) | | SEVESC (CG92) |
| | EU EP (DN 400) | Clos Montholon | VEOLIA Assainissement |
| | EU EP (DN 400) | Chemin Vert | Communal Issy les Moulineaux |
| | Unitaire (190/100) | Rue des Frères Vigouroux | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (180/100) Liaison | Rue des Frères Vigouroux/zone SNCF | SEVESC (CG92) |
| OA8 | (DN 400) | Rue du Général Malleret et Joinville | CASS |
| OA7 | (DN 400) | Rue Jean Mermoz | Ass Châtillon |
| gare CHM | (190/100) | Avenue Max Dormoy | SEVESC (CG92) |
| | (190/100) | Avenue Jean Jaurès sud | SEVESC (CG92) |
| OA6 | Unitaire (200/120) | Rue Jean Jaurès | SEVESC (CG92) |
| OA5 | (DN 200) | Rue de Turin | CASS |
| | Unitaire | Rue Serge Prokofiev | CASS |
| gare BAG | Unitaire (DN 300) | Avenue Barbusse sud puis ilot Barbusse /Verdun/Pasteur | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (DN 300) | Avenue Pasteur (sud est) | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (DN 400) | Avenue Pasteur (sud ouest) | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (DN 300 puis DN 400) | Avenue Pasteur puis Barbusse (nord) | SEVESC (CG92) |
| | Unitaire (DN 800) | Rue de Verdun | SEVESC (CG92) |
| OA4 | Unitaire (DN 800) | Rue de Verdun | SEVESC (CG92) |
| | (DN 200) | Rue de Verdun | CASS |
| gare ACA | Unitaire (DN 300) | Avenue Léon Eyrolles | CAVB |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Unitaire (DN 500) | Rue de la coopérative | CAVB |
| | Unitaire 16402 (190/100) | Avenue Carnot | DSEA |
| OA3 | Unitaire (1,90/1,00) | Rue Max Dormoy | DSEA |
| | Unitaire (2,00/1,00) | Rue Camille Desmoulins | DSEA |
| OA2 | (DN 300) | Rue de la solidarité | CAVB |
| | Dimensions non renseignées | Rue de la Concorde | CAVB |
| gare IGR | Unitaire (DN 400) | Rue Edouard Vaillant | CAVB |
| | Réseau EP à créer par la ZAC | Rue Edouard Vaillant | CAVB |
| OA1 | (DN 200) | Rue Jules Vallès | CAVB |
| | (DN 300) | Rue Jules Joffrin | CAVB |
| gare VLA | Unitaire 76403 (1,90/1,00) | Avenue de la République | DSEA |
| | Unitaire 76404 (1,55/1,00) | Avenue L. Aragon | DSEA |
| | Unitaire 76402 (2,20/1,30) | Rue Jean Jaurès | DSEA |
| | Unitaire 76324 (DN 500) | Avenue L. Aragon | DSEA |
| | EU PRV (DN 300) | Avenue de Stalingrad | DSEA |
| | EU PRV (DN 500) | Avenue de Stalingrad | DSEA |

**Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur des plateaux d'Issy à Cachan et de Villejuif**

**Plaine de Vitry – Créteil :** *Ouvrages concernés : 1501P - gare Vitry Centre - 1402P - 1401P - PSMI1405S - 1404S - gare les Ardoines - 1302P - 1301P - gare Vert de Maisons - 1201P - gare de Créteil L'Echât*

Sur ce secteur, compte tenu de la perméabilité des formations géologiques rencontrées (marnes et caillasses et calcaire grossier) et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels sont relativement élevés, estimés suivant les ouvrages entre 10 et 300 $m^3/h$. Ces débits sont donc suffisamment conséquents pour envisager la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

Toutefois, ce tronçon est concerné par des formations gypseuses potentiellement en eau. Les reconnaissances géotechniques ont d'ailleurs mis en évidence la présence de gypse au droit de nombreux ouvrages :

- 3 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, le Lutétien et les Marnes et Masses de Gypse au droit de l'ouvrage 1501P ;
- 3 sondages ont identifié du gypse dans le Lutétien et les Marnes et Masses de Gypse au droit de la gare Vitry Centre ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au droit de l'ouvrage 1402P ;
- 10 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien au droit de la gare des Ardoines et des ouvrages situés à proximité (1401P, 1404S, et SMI) ;
- 4 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien à l'ouest du puits tunnelier (1302P) ;
- 3 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien au droit de la gare de Vert de Maisons ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au nord-est de l'ouvrage 1201P ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au droit de la gare de Créteil l'Echat.

La présence de gypse présente une contrainte forte vis-à-vis d'un éventuel dispositif de réinjection en nappe dans ces secteurs identifiés à risque. Compte tenu de la présence de gypse, des risques de dissolution associés, d'une qualité physico-chimique des eaux potentiellement dégradée sur une partie des ouvrages envisagés, et des contraintes spatiales, la réinjection en nappe ne paraît pas appropriée sur ce secteur.

La plupart des ouvrages sont trop éloignés de la Seine ou de la Marne pour pouvoir envisager un rejet direct en cours d'eau. Toutefois, le puits du tunnelier (1302P – Friche Arrighi), situé en bordure de la Seine, est potentiellement propice à un rejet en cours d'eau via un réseau dédié ou le réseau EP.

Les données qualité recueillies auprès du réseau ADES indiquent une pollution significative de la nappe superficielle sur la commune de Vitry, dans le secteur de la gare des Ardoines, notamment avec la présence de teneurs importantes en HCT, HAP, COHV et BTEX.

A ce stade, un prélèvement d'eau brute de la nappe du Calcaire Grossier du Lutétien a été réalisé par IDDEA à la suite d'un essai de pompage réalisé dans un puits captant spécifiquement cet aquifère.

Le rejet en milieu naturel étant envisagé, il apparait nécessaire de vérifier la compatibilité des analyses avec les valeurs seuils R1 et R2 définies à la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1.

Le tableau suivant présente les flux correspondant aux concentrations mesurées sur les eaux brutes avant traitement :

| Paramètres | Unité | R1 | R2 | Pont de Sèvres | | Friche Arrighi | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MES | kg/j | 9 | 90 | 660 000 µg/l | 1 346 kg/j | 150 000 µg/l | 720 kg/j |
| DBO5 | kg/j | 6 | 60 | 3 000 µg/l | 6,1 kg/j | 3 000 µg/l | 6,1 kg/j |
| DCO | kg/j | 12 | 120 | 15 000 µg/l | 31 kg/j | 30 000 µg/l | 61 kg/j |
| Matières inhibitrices | équitox/j | 25 | 100 | **non analysé à ce jour** | | **non analysé à ce jour** | |
| Azote total | kg/j | 1,2 | 12 | 7 000 µg/l | 14 kg/j | **non analysé à ce jour** | |
| Phosphore total | kg/j | 0,3 | 3 | 730 µg/l | 1,5 kg/j | 45 µg/l | 0,1 kg/j |
| Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX) | g/j | 7,5 | 25 | 1 400 µg/l | 2 856 g/j | 30 µg/l | 61 g/j |
| Métaux et métalloïdes (Metox) | g/j | 30 | 125 | 1 262 µg/l | 2 573 g/j | 520 µg/l | 1 061 g/j |
| Hydrocarbures | kg/j | 0,1 | 0,5 | 50 µg/l | 0,1 kg/j | 30 µg/l | 0,1 kg/j |

Le seuil R2 étant dépassé pour les paramètres MES, AOX et métaux et metalloïdes, les eaux pompées au droit de la friche Arrighi devront faire l'objet d'un traitement avant rejet en milieu naturel si cette solution est définitivement retenue.

Si la solution de rejet au réseau est retenue ,les dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposée par le gestionnaire du réseau.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier si cette solution est retenue :

| Gares / Ouvrages Annexes | Réseaux à proximité (taille ou diamètre) | Localisation | Gestionnaire |
|---|---|---|---|
| gare Vitry Centre | VL 10 | Avenue Robespierre | SIAAP |
| | Unitaire 81426 (1,90/1,00) | | DSEA94 |
| | Unitaire 81402 (1,90/1,00) | | DSEA95 |
| | EP 81427 (DN 20000) | | DSEA94 |
| | Gros EP sur plan gare | | DSEA94 |
| gare Les Ardoines | EP 81444 (1,80/1,05) | Rue de Bel Air / Rue Léon Geffroy | DSEA94 |
| | EU 81371 (DN 500) | | DSEA94 |
| | EU81338 (DN 300) | | DSEA94 |
| | EP (DN 1000) | | Vitry-sur-Seine |
| | EU (DN 400) | | Vitry-sur-Seine |
| Puits Arrighi | Unitaire 81448 (2,00/1,05) | Quai Jules Guesde | DSEA94 |
| | EP 81320 (DN 300) | Léons Mauvais / Rue des Fusillés | DSEA94 |
| gare Vert de maisons | Unitaire (DN 300) | Avenue de la Liberté | Maison-Alfort |
| gare de Crétail l'Echat | EP (DN 800) | Rue Gustave Eiffel | Créteil |
| | EU (DN 230) | | Créteil |

**Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la plaine de Vitry - Créteil**

**Boucle de Saint Maur des Fossés et plateau de Champigny :** Ouvrages concernés : 1103P - 1102P - 1101P - gare Saint Maur Créteil - 1003P - 1002P - 1001P - gare Champigny Centre - 0902P - 0901P - gare Bry Villiers Champigny - 0813S - 0811S - 0810S - 0808P - 0807P - 0806P - 0805P - 0804P - 0803P - 0802P - gare Noisy Champs - 0801P

Sur ce secteur, compte tenu de la profondeur des ouvrages, des niveaux de nappe, des formations géologiques rencontrées, et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels seront limités sur une partie des ouvrages. Ces débits sont trop faibles pour justifier ou nécessiter la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

Le rejet en milieu naturel est également à l'étude pour la gare de Saint-Maur-Créteil.

Seuls les débits de la gare de Saint-Maur Créteil (250 $m^3$/h), et des puits 1103P, 1101P, 1003P, 0902P, et 0810S (44 à 70 $m^3$/h) sont suffisamment conséquents pour envisager la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe. Toutefois, au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil, les parois moulées ancrées dans la craie peu perméable et permettant de limiter les débits, nécessiteront de réinjecter les eaux d'exhaure dans ce même aquifère. Or, la craie est recouverte dans ce secteur d'une épaisse couche de terrains tertiaires ce qui lui confère une perméabilité plutôt modérée. Dans ce contexte, l'épaisseur productive de craie est généralement réduite (de l'ordre de 5 m). Compte tenu de la faible injectivité de la craie potentielle, la solution « réinjection en nappe » n'est pas appropriée au droit de cette gare. Pour les autres ouvrages, les contraintes spatiales sont trop importantes pour envisager une réinjection en nappe. De plus, le terrassement des ouvrages annexes sera relativement rapide de sorte que les volumes extraits restent faibles.

La plupart des ouvrages sont trop éloignés de la Marne pour pouvoir envisager un rejet direct en cours d'eau. Toutefois, pour la Gare Saint-Maur-Créteil, une solution de rejet en eau de surface est à l'étude. Pour les ouvrages annexes de cette section, la solution privilégiée est le rejet en réseau. Au stade actuel des études, des rejets au milieu naturel via les réseaux EP sont à l'étude.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier :

| Gares / Ouvrages Annexes | Réseaux à proximité (taille ou diamètre) | Localisation | Gestionnaire |
|---|---|---|---|
| gare Saint-Maur-Créteil | EU 68417 (2.00/1.05) | Rue des Remises | DSEA94 |
| | Unitaire 68418 (1.80/1.00) | Avenue des Genettes | DSEA94 |
| | VL3B (DN 2500) | Rue des Remises | SIAAP |
| gare Champigny Centre | EP 17415 (1,90/1,00) | Rue Roger Salengro | DSEA94 |
| | EP 17429 (2,05/1,2) | Rue des Plages | DSEA94 |
| gare Bry-Villiers-Champigny | EP (DN 800) | Rue des Hauts Bonne Eau | DSEA94 |
| | EP (DN 200) | | DSEA94 |
| gare Noisy-Champs | EP (DN 1000/DN 800/DN 300) | Boulevard Champy-Neslé | Noisy-le-Grand |
| | EP (DN 500) | | |

**Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés et du plateau de Champigny**

- ***Solutions retenues en phase d'exploitation***

Toutes les infrastructures seront conçues pour être aussi étanches que possible si bien qu'aucun pompage d'épuisement ne sera effectué en phase d'exploitation. Des suintements se produiront toutefois au travers des parois vers l'intérieur des structures, mais les débits seront extrêmement limités.

En phase d'exploitation, la réinjection en nappe de ces faibles débits est écartée pour les raisons suivantes :

- l'exploitation et la maintenance d'un dispositif de réinjection est très contraignante ;
- les débits en jeu sont faibles, et ne justifient pas d'un point de vue technico-économique la mise en œuvre d'un tel dispositif, par ailleurs complexe à mettre en œuvre ;
- les eaux récoltées en phase d'exploitation seront issues des suintements au travers des parois des ouvrages. L'ensemble collecté constituera un mélange d'eaux souterraines issu de différentes nappes, difficiles à attribuer à un aquifère bien spécifique.

Le rejet direct en cours d'eau est également écarté du fait du nombre limité d'ouvrages situés à proximité du réseau hydrographique (Seine ou Marne) et des faibles débits en jeu.

De ce fait, un rejet au réseau est justifié en phase d'exploitation pour l'ensemble des ouvrages constituant la Ligne 15 Sud. Cette solution paraît effectivement la plus pertinente d'un point de vue technico-économique, compte tenu des différents éléments identifiés ci-dessus. Les solutions de rejets en réseau d'eaux pluviales à destination directe du milieu naturel sont privilégiées.

Les informations actuellement disponibles par ouvrages (réseaux à proximité, localisation, gestionnaire) sur le périmètre Ligne 15 Sud ont été à la fois précisées dans le chapitre « 1.6.4.2 Stratégie générale de gestion des rejets des eaux souterraines » de la pièce B3 et au travers d'une note spécifique « Gestion des eaux d'exhaure » transmise par la SGP au SIAAP, CG94 et CG92, en juin 2015.

Plus particulièrement, les éléments techniques spécifiques (point de rejets localisés voire modalités techniques associées) demandés par les gestionnaires (SIAAP et Conseil Généraux), pourront être fournis par la Société du Grand à la Police de l'eau (DRIEE) selon le planning prévisionnel suivant :

X **Partie « Est » de la Ligne 15 Sud** (« Tronçon 2 », dont Site de Maintenance des Infrastructures) : Fin 2015,

X **Partie « Ouest » de la Ligne 15 Sud** (« Tronçon 3 ») : à partir de septembre 2015 jusqu'à fin 2015 (en fonction des secteurs concernés).

Par ailleurs, les éléments détaillés complémentaires (débits pour chaque point de rejets et évolution dans le temps) pourront être communiqués aux gestionnaires des réseaux (SIAAP, CG94, CG92, Police de l'eau DRIEE) dans un second temps, notamment au cours de la phase PRO/DCE des études de Maîtrise d'œuvre Infrastructure de la Ligne 15 Sud.
D'une manière générale, les durées de pompages-rejets prévisionnelles des eaux d'exhaure seront maximales au cours des deux à trois premières années des travaux pour la Ligne 15 Sud. Ces périodes correspondront à la réalisation des parois moulées et aux terrassements jusqu'à la réalisation des radiers, qui s'échelonneront sur la période 2016-2019.

c. Synthèse

L'analyse présentée ci-avant a permis de déterminer des solutions de rejet pressenties ouvrage par ouvrage en tenant compte du contexte et en privilégiant les solutions de rejet en milieu naturel.

Les réseaux disponibles et leur type ont été identifiés au droit des futures emprises de chantier.

Les études en cours consistent à des prises de contact avec les responsables de chaque réseau afin de statuer sur les possibilités offertes de rejet en termes qualitatifs et quantitatifs mais aucune solution ne peut encore être définitivement arrêtée à ce stade.

Le tableau de la page suivante présente les solutions de rejet privilégiées en phase travaux pour chaque ouvrage.

**Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (1/2)**

| PHASE TRAVAUX | Débit moyen ($m^3/h$) | Débit de pointe ($m^3/h$) | Durée rejet (semaines) | Volume rejeté ($m^3$) | Solution de rejet privilégiée/ envisagée |
|---|---|---|---|---|---|
| OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur | 15 | 25.1 | 17.4 | 42 600 | Réseau |
| Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions | 41 | 85 | 83 | 571 200 | Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé |
| OA12 + rameau (ZAC SAEM) | 3 | 8 | 158.8 | 69 024 | Réseau |
| OA10 + rameau (place de la Résistance) | 1 | 4.5 | 161.3 | 37 368 | Réseau |
| Gare Issy RER | 27 | 31.4 | 25.6 | 115 680 | Réseau |
| Émergence Issy RER C et connexion | 13 | 14 | 4 | 9 000 | Réseau |
| OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse) | 1 | 3 | 195.5 | 41 496 | Réseau |
| Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC) | 4 | 4 | 47.9 | 32 160 | Réseau |
| OA 8 (Square Malleret Joinville) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 | Réseau |
| OA7 (Fort de Vanves) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 | Réseau |
| Gare Chatillon Montrouge (CHM) | 4 | 4 | 30.7 | 20 640 | Réseau |
| OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien) | 2 | 5.5 | 73.0 | 23 580 | Réseau |
| OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate) | 2 | 14 | 91.0 | 32 270 | Réseau |
| Gare de Bagneux (BAG) | 4 | 4 | 34.7 | 23 347 | Réseau |
| OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre) | 2 | 4 | 26.0 | 8 755 | Réseau |
| Gare Arcueil Cachan (ACA) | 4 | 5 | 26.0 | 16 416 | Réseau |
| OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle) | 1 | 5.5 | 99.0 | 24 305 | Réseau |
| OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique) | 1 | 4 | 8.7 | 1 459 | Réseau |
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) | 4 | 4 | 95.7 | 64 320 | Réseau |
| OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin) | 1 | 11 | 94.7 | 18 881 | Réseau |
| Gare Villejuif Louis Aragon (VLA) | 4 | 4 | 47.8 | 32 160 | Réseau |
| 1505S | 39 | 56 | 23.0 | 151 000 | Réseau |
| P23/1501P (rue du génie) | 6 | 10 | 8.0 | 7 600 | Réseau |
| Gare de Vitry Centre | 88 | 200 | 80.0 | 1 176 000 | Réseau |
| P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas) | 31 | 54 | 6.0 | 32 000 | Réseau |
| P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air) | 10 | 17 | 53.0 | 89 000 | Réseau |
| PS21/1404S (rue Gabriel Péri) | 11 | 18 | 4.0 | 7 600 | Réseau |
| Gare les Ardoines | 130 | 250 | 117.0 | 2 587 000 | Réseau |
| P19/1302P Puits tunnelier Arrighi | 129 | 200 | 31.0 | 672 000 | Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé |
| P18/1301P (rue de Rome) | 46 | 79 | 7.0 | 54 000 | Réseau |
| Gare de Vert-De-Maisons | 162 | 300 | 137.0 | 3 730 000 | Réseau |

**Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (2/2)**

| PHASE TRAVAUX | Débit moyen ($m^3/h$) | Débit de pointe ($m^3/h$) | Durée rejet (semaines) | Volume rejeté ($m^3$) | Solution de rejet privilégiée |
|---|---|---|---|---|---|
| P17/1201P (Université Créteil) | 35 | 61 | 7.0 | 41 000 | Réseau |
| Gare de Créteil L'Echat | 155 | 250 | 68.0 | 1 785 000 | Réseau |
| P16/1103P (stade F. Desmond) | 38 | 61 | 4.0 | 26 000 | Réseau |
| P15/1102P (Av Ceinture) | | non significatif | - | - | Réseau |
| P14/1101P (rue du Port Créteil) | 27 | 44 | 5.0 | 23 000 | Réseau |
| Gare Saint Maur Créteil | 165 | 250 | 77.0 | 2 154 000 | Réseau |
| P13/1003P (impasse Abbaye) | 38 | 65 | 7.0 | 45 000 | Réseau |
| P12/1002P (av Charles Floquet) | 7 | 11 | 3.0 | 3 700 | Réseau |
| P11/1001P | - | non significatif | - | - | Réseau |
| Gare Champigny Centre | | non significatif | - | - | Réseau |
| P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny) | 35 | 70 | 3.0 | 24 000 | Réseau |
| P09/0901P | - | non significatif | - | - | Réseau |
| Gare de Bry-Villiers-Champigny | | non significatif | - | - | Réseau |
| P08/0808P (av Henri Dunant Villiers) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| PSMR/0813S | - | non significatif | - | - | Réseau |
| PS12/0811S (av Maurice Thorez) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| PS11/0810S (rue Gl Leclerc) | 20 | 25 | 2.0 | 6 600 | Réseau |
| P07/807P (sentier des marins) Caverne | 35 | 35 | 61.0 | 359 000 | Réseau |
| P07/807P (sentier des marins) Puits | 3 | 6 | 61.0 | 31 000 | Réseau |
| P06/806P (rue Mozart) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| P05/805P (av Médéric Noisy le grand) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| P04/804P (place des Yvris) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| P03/803P (rue du Ballon) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd) | - | non significatif | - | - | Réseau |
| Gare Noisy-Champs | - | non significatif | - | - | Réseau |
| P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne) | - | non significatif | - | - | Réseau |

| | |
|---|---|
| **VOLUME TOTAL PRELEVE =** | **14 192 079** |
| **VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =** | **6 146 940** |
| **VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =** | **3 548 020** |

### 1.6.4.3 Évaluation des impacts des rejets d'eaux souterraines en phase travaux

À ce stade du projet, un rejet au réseau est justifié pour l'ensemble des eaux pompées pour la mise en place des gares et ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud. Dans la mesure du possible, un rejet direct dans un réseau d'eaux pluviales présentant un exutoire proche du site sera privilégié. Le rejet au milieu naturel est toutefois envisagé pour la gare de Pont de Sèvre et le Puits Arrighi et sera adopté ou non dans les phases ultérieures du projet en fonction notamment des contraintes de chantier que cela suppose (emprise du dispositif de traitement notamment).

Les rejets en réseau seront réalisés avec l'accord des exploitants des réseaux, qui fixent au cas par cas les critères d'acceptation des eaux d'épuisement aussi bien qualitatifs et quantitatifs sur la base de leur connaissance technique du réseau et de son « bassin versant ». Aucun rejet en réseau ne sera pratiqué si ces critères ne peuvent être respectés. Par exemple, des dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposées par le gestionnaire du réseau. Ainsi, les rejets n'auront pas d'impacts sur les réseaux eux-mêmes. In fine, les cours d'eau récepteurs seront la Seine et la Marne. D'une manière générale les eaux pompées pour de la mise en place des ouvrages situés entre les communes de Saint-Cloud et Maisons-Alfort inclues, seront rejetées en Seine et les eaux pompées pour la mise en place des ouvrages situés sur les communes de Créteil à Champs-sur-Marne inclues, seront rejetées en Marne.

À ce stade d'avancement du projet, la part des eaux pompées rejoignant respectivement la Seine et la Marne a donc été définie de manière approximative. Cependant, les résultats des calculs présentés dans le tableau ci-dessous montrent que les débits rejetés, en ordre de grandeur, sont infimes par rapport au débit minimal des cours d'eau.

| Cours d'eau récepteur | Secteur du fuseau concerné | Station | QMNA5 (en $m^3/s$) | Tronçons de la Ligne 15 Sud concerné | Volume rejeté ($m^3$) | Débit moyen ($m^3/s$) | Part des rejets au regard des débits caractéristiques (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seine | Boucle de Boulogne | La Seine à Paris (Pont d'Austerlitz) | 82 | Boutonnière de Boulogne (OA13 à OA9)<br>Plateau d'Issy à Cachan (Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart à OA2) | 1 072 218 | 0,035 | 0,043 |
| | Vitry/Alfortville | La Seine à Alfortville | 65 | Plateau de Villejuif (Gare Villejuif IGR à Vitry Centre)<br>Plaine de Vitry - secteur ouest (OA1402P à OA1201P) | 8 662 561 | 0,19 | 0,30 |
| Marne | Boucle de Saint-Maur-des-Fossés | La Marne à Gournay-sur-Marne | 32 | Plaine de Vitry - secteur est (Gare Créteil- L'Echat à Champigny centre)<br>Plateau de Champigny (OA0902P à OA0801P) | 4 457 300 | 0,15 | 0,45 |

**Caractéristiques des prélèvements et des rejets au milieu récepteur**

**Les rejets d'eaux d'épuisement en phase travaux n'auront pas d'impacts quantitatifs et qualitatifs sur les milieux récepteurs.**

### 1.6.4.4 Évaluation des impacts des rejets d'eaux souterraines en phase d'exploitation

Les eaux d'infiltration récupérées en phase exploitation seront rejetées en réseau d'assainissement.

Une alternative de rejet à la Seine est envisageable au niveau de la gare de Pont-de-Sèvres. Aucune donnée d equalité d'eau n'est disponible au droit du tunnel. Si cette solution est maintenue, l'incidence sera analysée en termes de respects des objectifs de qualité de la Seine et de la contrainte liée au périmètre de protection de la Seine.

Les rejets en réseau seront réalisés avec l'accord des exploitants des réseaux, qui fixent au cas par cas les critères d'acceptation des eaux d'épuisement aussi bien qualitatifs et quantitatifs sur la base de leur connaissance technique du réseau et de son « bassin versant ». Aucun rejet en réseau ne sera pratiqué si ces critères ne peuvent être respectés.

**Compte tenu des très faibles débits qui seront rejetés, aucun impact n'est attendu concernant les rejets d'eaux souterraine en phase exploitation aussi bien sur le fonctionnement des réseaux que sur les milieux récepteurs.**

### 1.6.4.5 Mesures permettant de limiter les impacts des rejets

Au stade d'avancement des études du projet, il n'est pas possible de présenter précisément les solutions de traitement qui seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposées par les solutions de rejet retenues.

Différents types de traitement sont envisageables en phase de travaux ou d'exploitation pour atteindre les objectifs de qualité souhaités. Le choix du dispositif de traitement dépend :

- des caractéristiques physico-chimiques des eaux à traiter et des objectifs de qualité à atteindre ;
- du débit et du volume d'eau à traiter ;
- de l'emprise disponible ;
- des performances attendues des conditions d'exploitation et de maintenance de l'unité de traitement.

Des analyses physico-chimiques sont en cours afin d'évaluer précisément la qualité des eaux souterraines au droit des ouvrages. Ces résultats d'analyse sont nécessaires pour le dimensionnement opérationnel des dispositifs de traitement.

Les dispositifs de traitement envisageables sont :

- les séparateurs à hydrocarbures destinés à séparer physiquement les phases flottantes de la phase eau. Ce type de dispositif peut être envisagé pour traiter une nappe superficielle présentant des hydrocarbures « flottant » qui devrait être pompée lors des premières phases de terrassement à l'intérieur des parois moulées. Ce dispositif ne serait envisagé que dans le cas précis de la présence avérée au droit d'une gare d'une pollution de surface en hydrocarbures assez importante ce qui sera probablement rarement le cas ;

- la décantation qui permet d'abattre la teneur en Matières en suspension. Ce type de dispositif ne sera envisagé que pour les situations où le débit d'épuisement est très faible et ne peut être récolté que « directement » en fond de fouille avec des tranchées drainantes par exemple. Pour les cas de figure ou le débit d'épuisement est conséquent et nécessite un dispositif de pompage constitué de puits ou de pointes filtrantes, les systèmes de pompage qui seront mis en place intéresseront des zones productives sous le fond de fouille et seront dimensionnés de sorte à ne pomper que de l'eau claire ;

- le traitement par adsorption. Ce type de dispositif est très souvent employé sur des chantiers avec pompage d'épuisement. Il permet de diminuer significativement la teneur en différents polluants qui sont adsorbés sur des charbons actifs. Le dimensionnement du système (et donc sa taille) dépend du débit du pompage. La consommation de charbon dépend de la charge polluante à l'entrée. Pour les composés dissous, l'eau transite directement dans le charbon. Pour les composés volatils, il est possible de mettre en amont de la ligne de traitement un stripper qui permet de volatiliser les composés volatils présents dans l'eau et c'est l'air récupéré chargé en composé volatils qui est traité sur charbon ou par traitement catalytique (choix fonction des concentrations en polluants dans les gaz à traiter et des flux à traiter). Ce type de système est particulièrement adapté au COHV ;

- le traitement chimique (oxydation ou réduction). Après pompage les eaux sont traitées en réacteur afin de détruire les polluants (transformation en eau, gaz carbonique et sels). Le dimensionnement du système dépend du débit du pompage et des concentrations en polluants. Les réactifs utilisés sont fonction de la nature des polluants à traiter. La présence de réactifs de traitement implique que des mesures de précaution et de sécurité soient mises en place pour le stockage et la manipulation de ces produits. adapté pour les HC et COHV ;

- d'autres systèmes sont également possibles comme les résines échangeuses d'ions particulièrement adaptées aux métaux ;

- la combinaison de différentes techniques peut aussi être envisagée

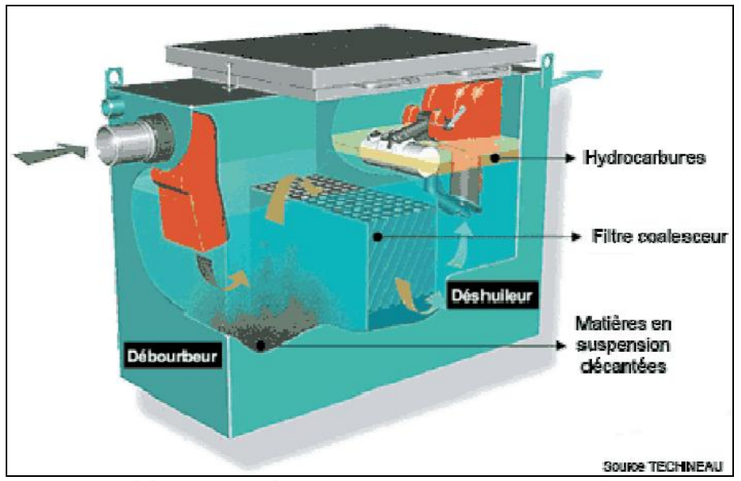
De nombreux dispositifs complémentaires peuvent être mis en œuvre sur un chantier de construction pour permettre d'assurer un traitement efficace des eaux d'épuisement avant rejet. La mise en œuvre de ce type de traitement résulte d'un dimensionnement préalable réalisé sur la base des débits prévisionnels d'épuisement et de la charge polluante attendue. En parallèle, un suivi régulier et fréquent de la qualité de l'eau brute à l'entrée et à la sortie du système est mis en place de sorte à vérifier que le système est efficace et également à anticiper l'acheminement de consommables comme des charbons actifs par exemple. Le suivi est particulièrement fréquent en début d'opération afin de déterminer la tendance dans le temps de l'évolution de la concentration en polluant de l'eau brute qui n'est pas toujours prévisible précisément.

Une présentation des dispositifs de traitement de principe est donnée ci-après :

- ***Séparateur à hydrocarbures***

Un séparateur d'hydrocarbures est un ouvrage souvent enterré, destiné à séparer et stocker les hydrocarbures libres contenus dans les eaux de ruissellement provenant de parkings, d'aires de lavage, de sites industriels ou encore de stations-services ou de garages. Son utilisation peut aussi être envisagée pour les eaux souterraines.

Le fonctionnement du séparateur d'hydrocarbures est basé sur la séparation par différence de densité des polluants non solubles contenus dans les eaux de ruissellement. La partie débourbeur de l'appareil permet de piéger les matières en suspension (sables, graviers…). Le système de coalescence, grâce à sa surface spécifique importante, permet de concentrer les hydrocarbures libres en favorisant leur collision. Les hydrocarbures remontent ensuite à la surface. Le système d'obturation évite tout risque de relargage des hydrocarbures. Il existe deux classes de séparateur à hydrocarbures (classe I et II). Le séparateur de classe I est le plus performant avec une teneur maximale autorisée en hydrocarbures de 5 mg/L (contre 100 mg/L pour celui de classe II). Le choix de la classe du séparateur se fait selon le type d'effluent et le point de rejet (réseau ou milieu naturel).




**Séparateur à hydrocarbures de classe 1**
**(Source : TECHNEAU)**

- ***Décantation lamellaire simple***

Cette technique permet d'abattre les Matières En Suspension (MES) contenues dans l'eau. Une évacuation des eaux de traitement (concentration de MES) est à gérer également.

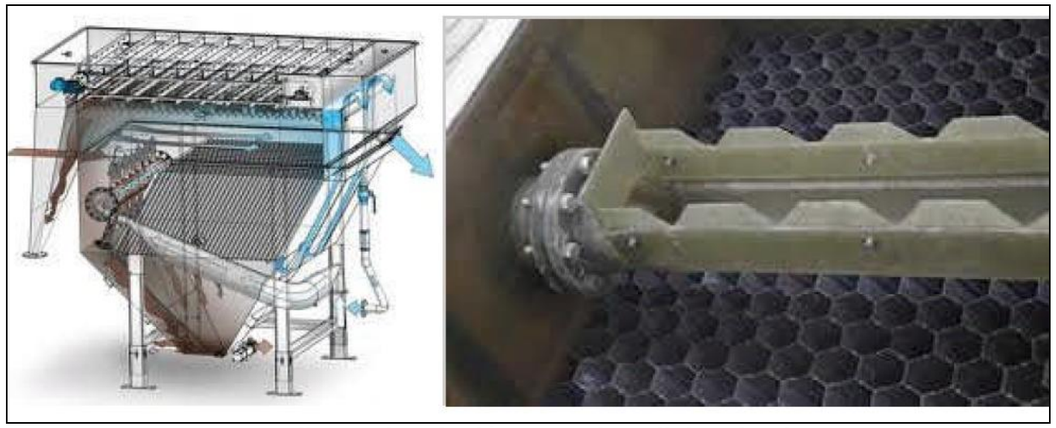


**Illustration de décanteur lamellaire simple**
**(Source : SYSTRA)**

- ***Le traitement par adsorption***

Ce traitement est spécifique pour retenir des molécules ou des ions dissous par des interactions chimiques entre le support solide et phase aqueuse. Le charbon actif est par exemple employé pour retenir :

- les métaux ;
- les hydrocarbures,
- les AOX,
- les pesticides.

Le dimensionnement est fonction du débit et de la charge d'entrée du polluant considéré.



**Filtre à charbon**
**(Source : SYSTRA)**

- ***Autres traitements envisageables***

Il est possible également de traiter des molécules au cas par cas comme avec les résines échangeuses d'ions pour le traitement des métaux par exemple.



**Unité de résines échangeuses d'ions**
**(Source : SYSTRA)**

### *1.6.4.6 Mesures de suivi*

En fonction de la qualité des eaux souterraines attendues (en cours d'évaluation) et du choix définitif de la solution de rejet, un programme analytique des eaux de rejet sera proposé pour chaque ouvrage comprenant :

- les coordonnées du responsable du suivi ;
- les coordonnées du gestionnaire du réseau ;
- le type d'analyses à effectuer et la méthodologie d'analyse suivie (mesures de terrain, de laboratoire, référentiel normatif) ;
- la localisation des points de prélèvement (avant et après le dispositif de traitement) et la méthodologie de prélèvement ;
- la fréquence des analyses ;
- les modalités de communication des résultats d'analyses aux services concernés (police de l'eau, gestionnaire de réseau par exemple) ;
- les modalités d'intervention en cas de dépassements des seuils fixés.

Une proposition de protocole sera communiquée deux mois avant le début des opérations de rejet à la police de l'eau.

Pour ce faire, une station de contrôle sera installée comprenant par exemple :

- un compteur sans remise à zéro ;
- un robinet de prélèvement ;
- la mise en place éventuelle d'analyses en ligne et report alarme si dépassement des valeurs limites.

### 1.6.5 Impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation (« effet barrage ») et mesures d'accompagnement

#### *1.6.5.1 Rappel des enjeux liés à la présence d'ouvrages étanches interceptant des écoulements d'eau souterraine*

Lorsqu'un ouvrage souterrain intercepte tout ou partie d'un aquifère, un relèvement de la nappe est observé en amont et un abaissement à l'aval (cf. figure suivante). Cet effet barrage est maximal lorsque le projet est terminé et il est permanent. Il s'agit donc d'un phénomène qui est représentatif de l'effet du projet en phase d'exploitation.

Les conséquences potentielles de l'effet barrage peuvent être de plusieurs ordres, à savoir :

- inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves entrainées par le relèvement de la nappe en amont de l'ouvrage ;
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines ;
- l'apparition de désordres sur le bâti. Certaines formations géologiques sont susceptibles de tasser suite à une baisse de niveau de nappe. C'est le cas des couches géologiques meubles sableuses et surtout argileuses ou tourbeuses telles que les alluvions modernes de la Seine ou des remblais d'anciennes carrières de médiocre qualité. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer un effort mécanique supplémentaire et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations.

La sensibilité du milieu à l'effet barrage provoqué par un projet de type métro souterrain dépend du croisement entre enjeux et aléas.

Les **enjeux** principaux sont constitués essentiellement par l'importance et le type de bâti et par la profondeur de ce bâti par rapport au niveau de l'eau souterraine.

Les **aléas** sont les phénomènes susceptibles d'être provoqués par la modification des écoulements en raison de :

- la présence de formations contenant des niveaux gypseux de plusieurs mètres d'épaisseur dans l'eau souterraine ;
- la présence de carrières souterraines ;
- le gradient hydraulique qui conditionne l'intensité de l'effet barrage.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit dans le tableau ci-après.

Cette analyse a été réalisée en considérant toutes les nappes susceptibles d'être traversées localement par le projet.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Les enjeux sont forts compte tenu du nombre d'infrastructures souterraines et de la faible profondeur de la nappe mais l'aléa est faible compte tenu que les gradients d'écoulement de la nappe sont très modérés. La sensibilité reste donc faible. |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Les gradients d'écoulement de la nappe du Calcaire grossier sont non négligeables. L'effet barrage est donc potentiellement fort.<br><br>D'anciennes carrières souterraines sont situées juste au-dessus du niveau de la nappe et pourraient être inondés en cas de remontée de nappe.<br><br>En revanche, les nappes relativement profondes, l'enjeu sur le bâti est donc faible.<br><br>La sensibilité du secteur est considérée comme modérée. |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Pour les nappes superficielles des Sables de Fontainebleau et des Calcaires de Brie, l'enjeu est modéré puisque ces nappes sont assez peu profondes. L'aléa est également modéré compte tenu des gradients d'écoulement.<br><br>Pour les nappes plus profondes (calcaire de Saint-Ouen, masses et marnes du gypse, Marnes de Pantin) l'enjeu est faible compte tenu de leur profondeur mais les aléas sont potentiellement élevés compte tenu des forts gradients d'écoulement.<br><br>**Globalement, la sensibilité de cette zone est considérée comme modérée.** |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)** | Enjeux forts compte tenu de la faible profondeur de la nappe mais gradients d'écoulement très faibles. La sensibilité reste donc faible. |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Enjeux forts car la nappe superficielle est peu profonde et aléas potentiellement forts car les gradients d'écoulement sont relativement forts dans les nappes superficielles. . La sensibilité est donc forte. |

*Légende*

| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |
|---|---|---|---|

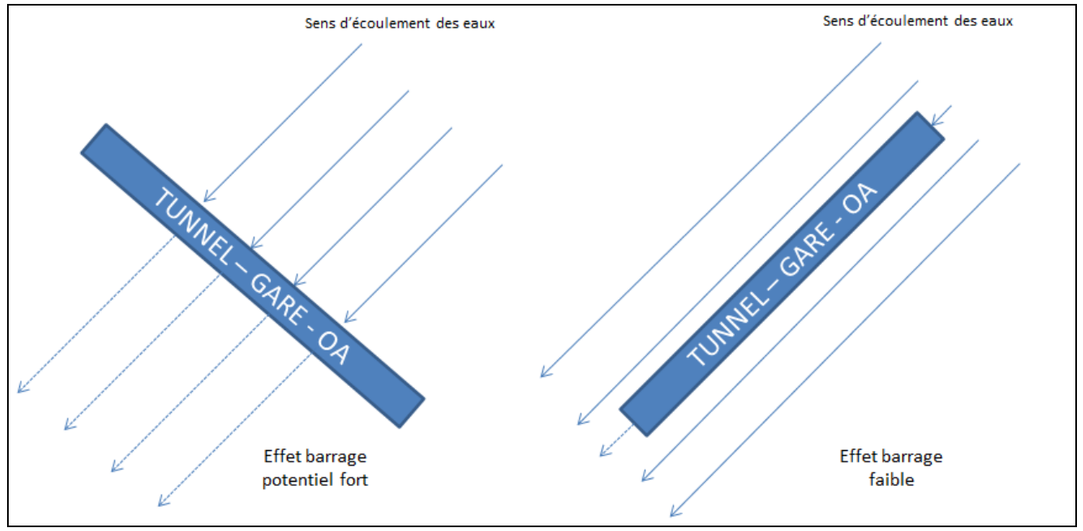
### 1.6.5.2 Méthodologie d'évaluation des impacts du projet sur les écoulements

L'effet barrage se caractérise simplement par la réalisation d'un écran imperméable (ou peu perméable) au sens des écoulements des eaux souterraines. Cette notion appelle à une représentation conceptuelle identique à celle de l'effet barrage des eaux superficielles où la réalisation d'une structure perpendiculaire à un cours d'eau entraine une modification importante des caractéristiques de ce dernier, en amont et éventuellement en aval.

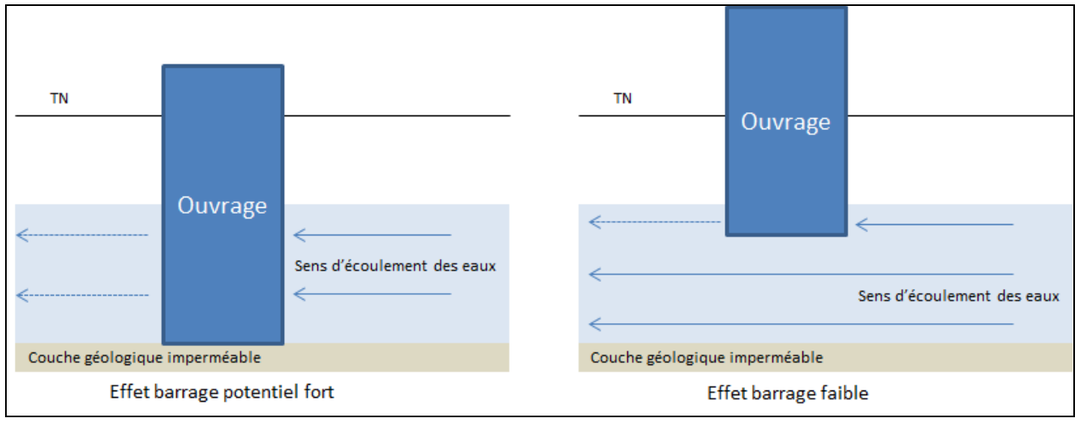
L'effet barrage dépend principalement de trois paramètres :

- de l'orientation de l'ouvrage souterrain par rapport au sens d'écoulement de la nappe ;
- du gradient hydraulique de la nappe, c'est à dire la pente de la surface piézométrique : plus le gradient hydraulique sera élevé au niveau de l'ouvrage, plus l'effet barrage sera important ;
- de la pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère occulté : plus l'épaisseur d'aquifère occultée est importante et plus l'effet barrage sera fort.

Les figures suivantes permettent de visualiser schématiquement les conditions hydrogéologiques influençant l'effet barrage.




**Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par l'insertion d'un ouvrage suivant le sens d'écoulement de la nappe**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**




**Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par un ouvrage pénétrant entièrement ou en partie dans une nappe**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**

L'évaluation quantitative de l'effet barrage a été réalisée avec deux différentes méthodes qui sont choisies suivant les la nature des aquifères occultés. La première méthode est basée sur les modèles numériques présentés dans le chapitre précédent. La seconde méthode est basée sur une approche analytique. Des deux approches, celle estimant l'impact le plus fort pour chaque gare est conservé.

Les modélisations hydrogéologiques complètes décrites au chapitre précédent ont été exploités pour évaluer l'effet barrage du projet au sein des principales nappes concernées par le projet à savoir :

- la **nappe de la Craie et des alluvions** sur le secteur de la **boutonnière de Boulogne-Billancourt** (modèle 1) ;
- la **nappe du Calcaire grossier du Lutétien** au niveau du plateau **d'Issy à Cachan** (modèle 2-Ouest) ;
- l'ensemble constitué par **le Calcaires grossiers, Marnes et Caillasses, sables de Beauchamp, Marno-calcaire de Saint-Ouen, alluvions** au niveau de la **plaine de Vitry** (modèle 2-Est).

Le principe de simulation qui a été retenu est le même sur ces deux modèles. Les gares et le tunnel ont été représentés par des perméabilités très faibles dans le modèle en suivant aussi finement que possible la géométrie du projet. Le résultat de la simulation avec le projet est ensuite comparé aux écoulements sans projet représentatif de l'état initial. La comparaison entre les deux permet de visualiser l'effet piézométrique sur les écoulements souterrains en termes de remontée de nappe amont et baisse de niveau de nappe à l'aval.

Les gares et les portions du tunnel, représentés dans les modèles hydrogéologiques globaux sont :

- Puits d'accès tunnelier à Issy-RER y compris gare de Pont de Sèvres dans le modèle 1 ;
- Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart à Arcueil Cachan dans le modèle 2 (secteur ouest) y compris gares de Bagneux et Châtillon-Montrouge;

- Gare les Ardoines – puits tunnelier Arrighi à Champigny-Centre y compris Vert-De-Maisons, Créteil-l'Echat, Saint-Maur-Créteil, Champigny-Centre dans le secteur Est du modèle 2.

Certaines gares sont susceptibles de traverser des aquifères superficiels perchés non représentés dans les modèles globaux pour des raisons numériques. C'est en particulier le cas des ouvrages suivants :

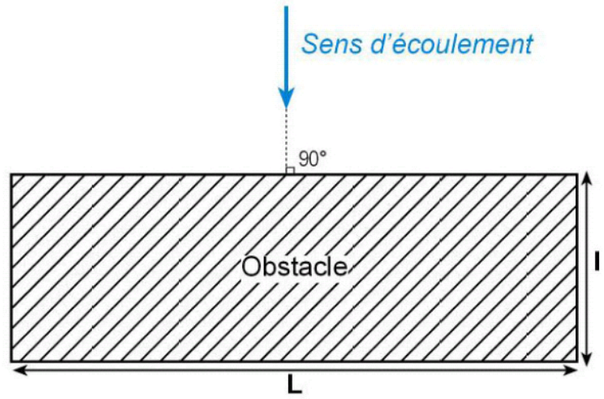
- **Gare de Bagneux** qui pénétrera dans la nappe perchée du **Marno-Calcaire de Saint-Ouen** ;
- **Gare de Villejuif IGR** qui pénétrera dans la nappe perchée du **Marno-Calcaire de Brie** et des **Sables de Fontainebleau** ;
- **Gare de Villejuif Louis Aragon** qui pénétrera dans les nappes perchées des **Marnes de Pantin** et du **Marno-Calcaire de Brie** ;
- **Gare de Vitry-Centre** qui pénétrera dans la nappe perchée des **Marnes de Pantin** ;
- **Gare de Bry-Villiers-Champigny** qui pénétrera dans la nappe du **Calcaire de Champigny** et celle des **Marnes de Pantin** si elle existe (aucun piézomètre sélectif de cette nappe n'a été posé pour l'instant) ;
- **Gare de Noisy-Le-Champ** qui pénétrera dans la nappe du **Marno-calcaire de Brie**.

Ces différentes nappes superficielles sont généralement peu profondes. Ainsi, leur occultation peut créer des effets barrages se traduisant par des relèvements de nappe dans des secteurs urbanisés présentant des infrastructures sensibles. Il convient donc d'évaluer l'effet barrage induit sur ces nappes superficielles sur la base des informations piézométriques disponibles.

La méthode utilisée, pour évaluer quantitativement cet effet barrage est une méthode analytique simple.

Lorsque **l'écoulement est perpendiculaire à l'obstacle** (cf. figure suivante), la formule suivante est utilisée :

$$\Delta h = i.\frac{L}{2}$$

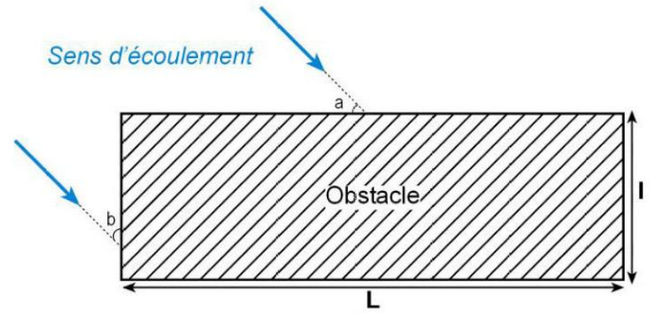



**Calcul de l'effet barrage pour un écoulement perpendiculaire à l'obstacle**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**

Lorsque **l'écoulement n'est pas perpendiculaire à l'obstacle**, la formule suivante est utilisée. Il s'agit d'une adaptation empirique de la formule précédente :

$$\Delta h = i.\left(\frac{b}{90}.\frac{l}{2}\right) + i.\left(\frac{a}{90}.\frac{L}{2}\right)$$

$$\Delta h = i.\left(\frac{b.l + a.L}{180}\right)$$




**Calcul de l'effet barrage pour un écoulement non perpendiculaire à l'obstacle**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**

Avec :

- Δh = relèvement de nappe à l'amont et abaissement à l'aval en mètres ;
- i = gradient de la nappe en m/m ;
- L = longueur de l'obstacle perpendiculaire à l'écoulement en mètres ;
- l = largeur de l'obstacle perpendiculaire à l'écoulement en mètres ;
- a = angle entre le sens de l'écoulement et la longueur de l'obstacle ;
- b = angle entre le sens de l'écoulement et la largeur de l'obstacle.

Cette méthode permet de déterminer le relèvement de la nappe au point le plus sensible c'est-à-dire au centre de l'obstacle. Elle suppose que la nappe soit complètement occultée. Elle ne permet donc pas de calculer des effets barrage de manière aussi fine qu'avec un logiciel de modélisation numérique mais est suffisamment précise pour juger de la sensibilité à cet aléa. Ainsi, ce calcul analytique simple a été appliqué pour chacune des gares occultant des aquifères superficiels.

Au stade actuel des études, peu de mesures piézométriques sont disponibles dans les nappes superficielles permettant de déterminer précisément le gradient d'écoulement au droit des gares. Cette approche analytique simple a permis de déterminer de manière indicative les zones potentiellement sensibles à l'effet barrage sur les nappes superficielles de sorte à orienter les études et les reconnaissances complémentaires nécessaire en phase PRO.

L'effet barrage calculé avec les méthodes décrites précédemment est analysé au regard des enjeux identifiés (infrastructures souterraines, exploitation d'eaux souterraines, zones polluées, anciennes carrières) afin de déterminer si un impact significatif est possible. Dans ce cas, des mesures de réduction de principe sont proposées tels que des systèmes de régulation visant à assurer une continuité des écoulements souterrains entre l'amont et l'aval (drains collecteurs amont et drains infiltrant aval par exemple). La faisabilité et le dimensionnement précis de mesures de réduction éventuelles ne peuvent être réalisés que dans les phases de conception avancée du projet ultérieures.

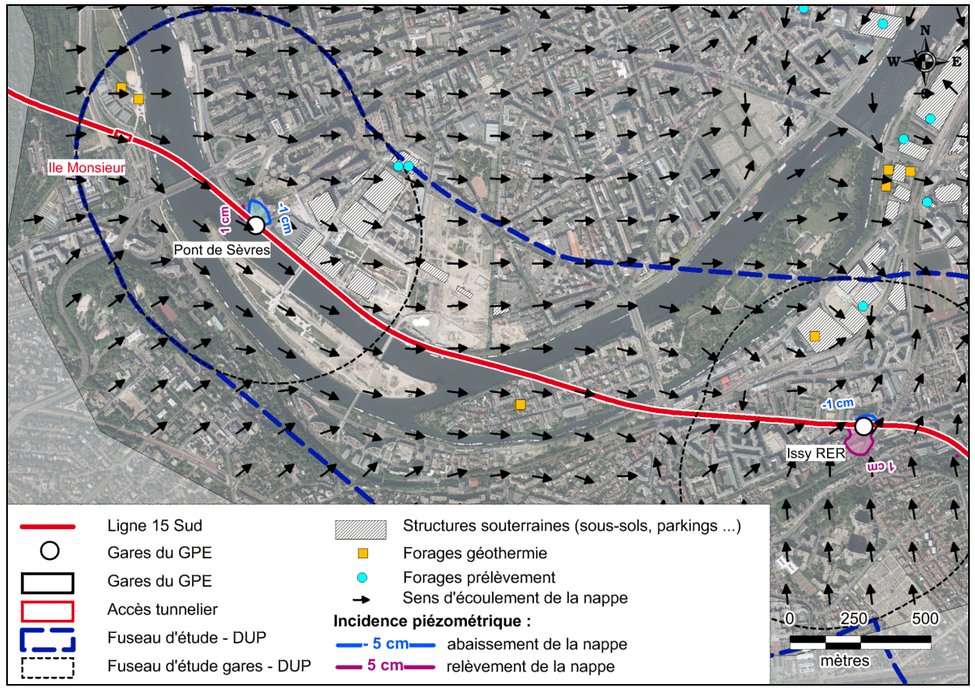
### 1.6.5.3 Impacts sur les écoulements d'eau souterraine liés à la présence du projet

a. *Secteur de la boutonnière de Boulogne avec modélisation hydrogéologique : modèle 1*

Le modèle hydrogéologique de la boutonnière de Boulogne a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe des alluvions et de la Craie créé par le tunnel et les gares entre le puits d'accès de l'Ile Monsieur à la gare d'Issy-RER. Au-delà de la gare d'Issy-RER, la Craie est surmontée d'une épaisse couverture de terrains tertiaires qui forme le plateau d'Issy à Cachan. La Craie est donc très profonde. Les simulations ont été réalisées en régime permanent d'écoulement et en régime transitoire en cas de crue de Seine. Le tunnel et les gares sont représentés par des éléments de calcul de très faible perméabilité. Les ouvrages souterrains recensés qui occultent la nappe (parking par exemple) sont également représentés dans le modèle par des mailles de perméabilité réduite de sorte à évaluer les effets cumulés sur les écoulements de toutes les infrastructures susceptibles d'interférer avec la nappe.

Les figures suivantes présentent les résultats des simulations pour des conditions de basses eaux de la Seine. Elles permettent de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe créé par le projet par rapport à l'état de référence hors crue. Deux états de référence sont pris en compte : le premier sans tenir compte du grand projet de géothermie de IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), le second avec.

**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe 4.**



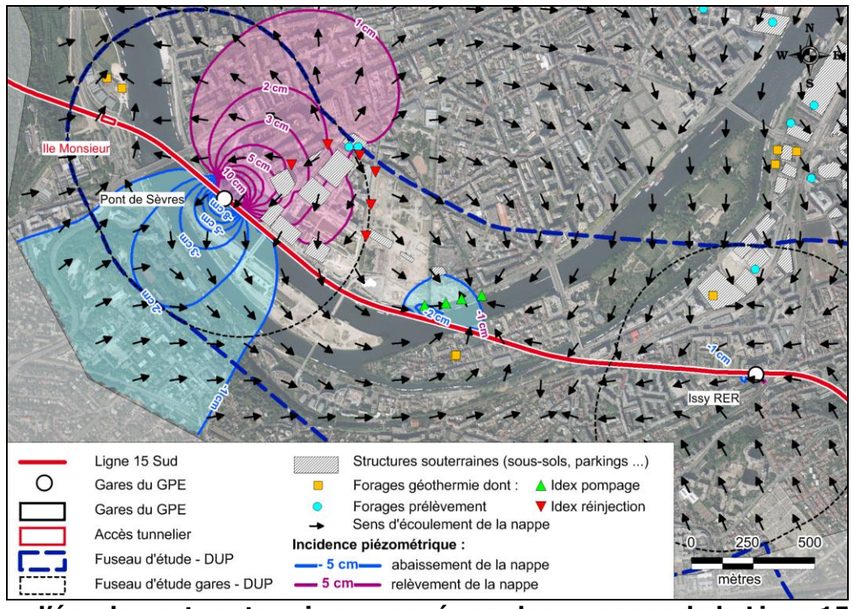

**Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne hors crue**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Le résultat de cette simulation montre que l'effet piézométrique est extrêmement limité au niveau des gares de Pont de Sèvres et d'Issy RER. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas un centimètre, ce qui est parfaitement négligeable.

Une seconde simulation a été réalisée en considérant le grand projet de géothermie IDEX, qu'il est prévu de réaliser au niveau de la ZAC de l'Ile Seguin. Ce projet de géothermie comprend 4 forages de pompage, situés le long du quai George Gorse à Boulogne-Billancourt (pour un débit prélevé total de 1 500 $m^3$/h) et 6 forages de réinjection, situés à proximité de la gare de Pont de Sèvres.

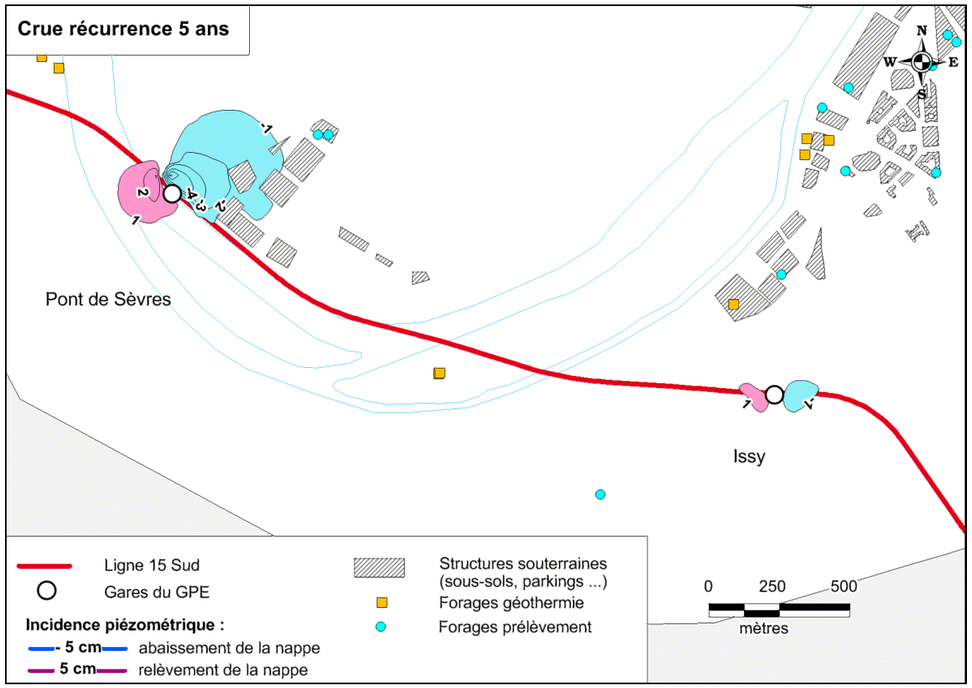
Le résultat de cette simulation montre que l'effet piézométrique au niveau de la gare de pont de Sèvres est légèrement plus important en considérant le projet de géothermie de la ZAC de l'ile Seguin (IDEX). Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre d'une dizaine de centimètres à proximité de cette gare (cf. figure suivante). Il y a donc un léger effet cumulé entre les deux projets. En effet, les forages d'injection du projet de géothermie voisin vont induire un cône de relèvement de nappe dans le secteur de la ZAC de l'ile Seguin et donc une modification des écoulements dans le secteur au nord de la gare. Le gradient de la nappe est alors orienté dans le sens nord-est sud-ouest contre la face nord-est de la future gare, provoquant un effet barrage très faible mais plus important que si le projet de géothermie n'est pas considéré. À proximité immédiate des infrastructures souterraines recensées, le relèvement de nappe induit par le projet reste très faible (au maximum 5 cm).

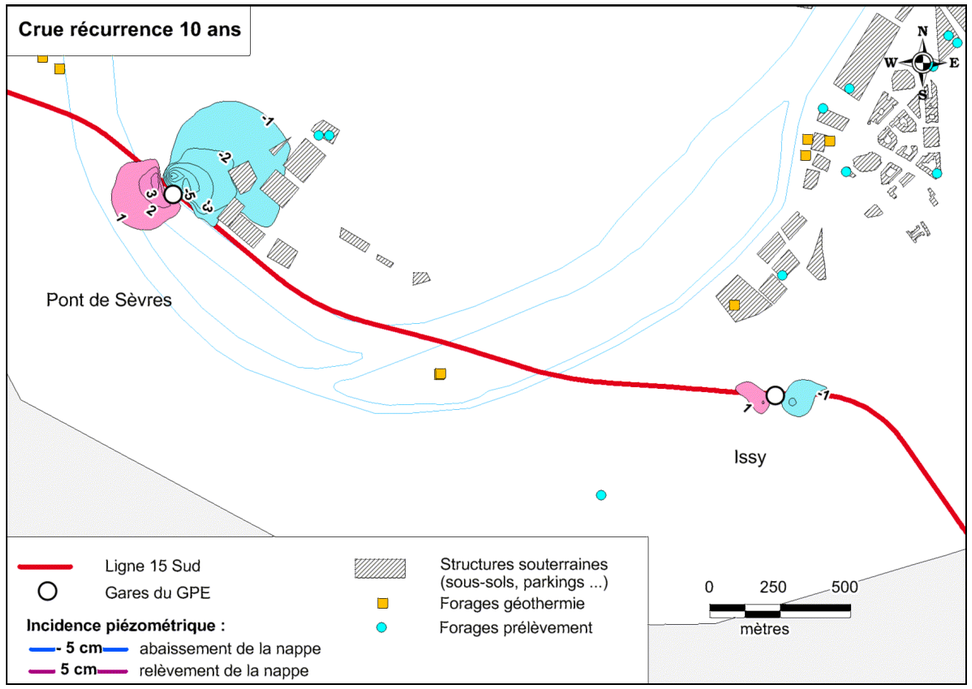
Le projet ne créera donc pas de risques supplémentaires significatifs d'inondations d'infrastructures par remontée de nappe. De plus, le calcul a été réalisé en considérant une situation défavorable qui est le fonctionnement du projet IDEX en régime permanent à son débit maximal. Les modifications piézométriques au niveau de la gare d'Issy RER restent inchangées, de l'ordre de quelques centimètres.

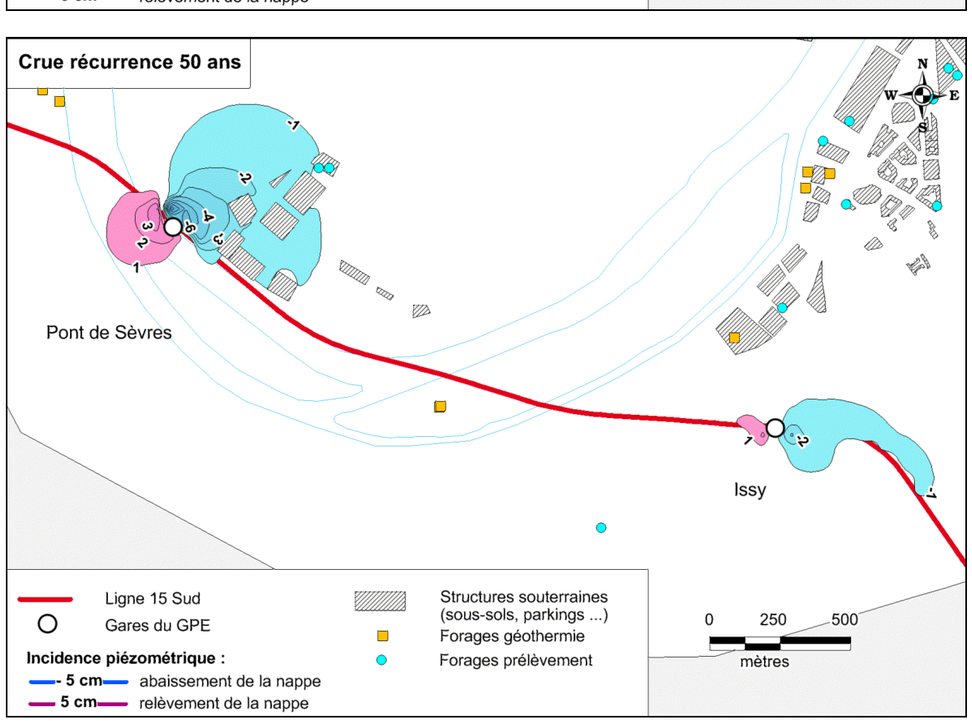



**Effets sur l'écoulement souterrain provoqués par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne en considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin hors crue**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

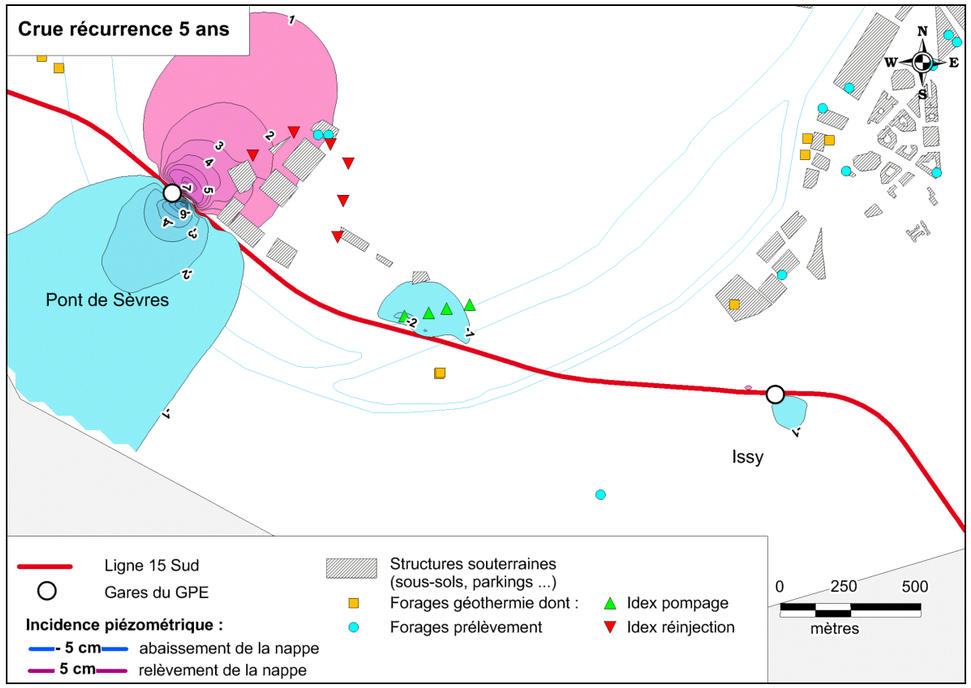
Les figures suivantes présentent les résultats des simulations pour plusieurs conditions de crues de la Seine. Elles permettent de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe créé par le projet par rapport à l'état de référence en crue. Deux états de référence sont pris en compte : le premier sans tenir compte du grand projet de géothermie d'IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), le second avec prise en compte de ce projet.

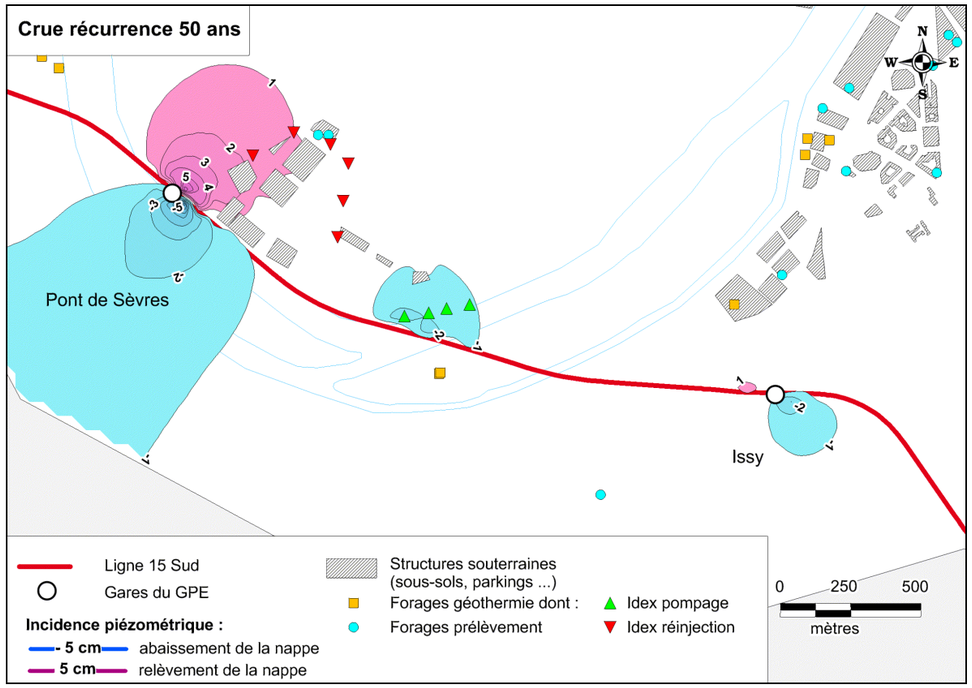


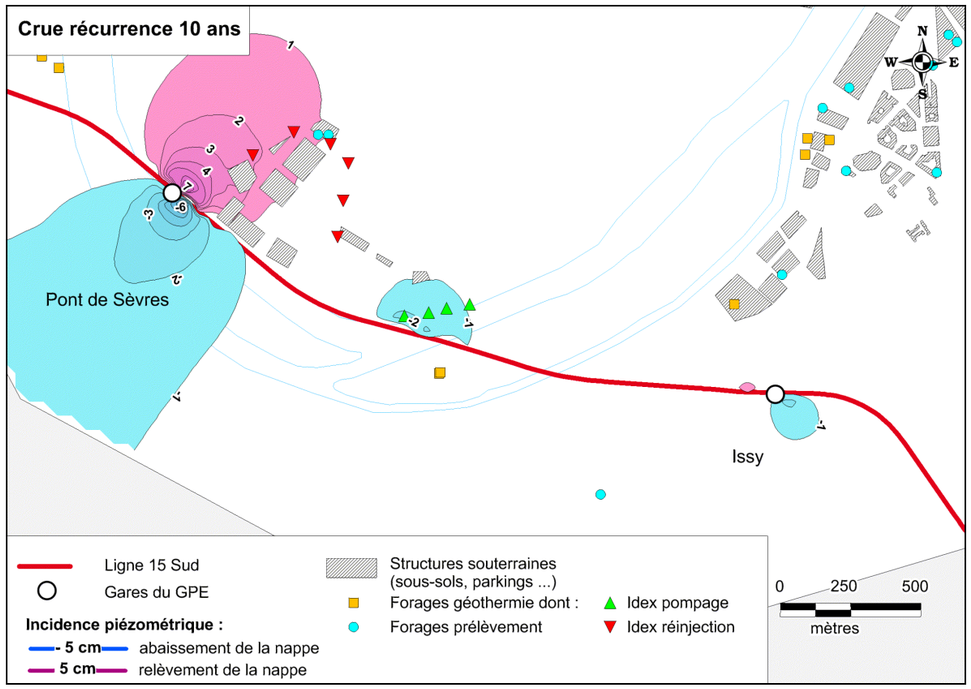




**Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne pour diverses situations de crue**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**




**Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne pour diverses situations de crue en considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les figures ci-avant présentent la différence entre la piézométrie de la nappe au pic de crue (transmise dans l'aquifère) à l'état initial (sans les infrastructures) et la piézométrie de la nappe avec les infrastructures (gares et tunnel en place) avec et sans le projet de géothermie de la ZAC Seguin.

Dans la situation qui ne tient pas compte du projet de géothermie, l'effet piézométrique augmente avec l'amplitude de l'onde crue simulée. Dans le cas d'une crue de récurrence 50 ans, elles montrent les effets piézométriques maximums suivants (étant entendu que les effets pour les crues de récurrence 5 ans et 10 ans sont plus faibles) :

- effet piézométrique du puits tunnelier : impact nul ou inférieur au centimètre,

- effet piézométrique de la gare de Pont de Sèvres : augmentation, par effet barrage, de l'amplitude de l'onde de crue transmise dans l'aquifère de 4 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et abaissement de la nappe de 7 cm sur l'autre face de la structure (coté boucle de Boulogne),

- effet piézométrique de la gare Issy RER : relèvement du niveau de nappe de 3 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et baisse de 2 cm à l'opposé,

L'effet piézométrique du tunnel en lui-même : ne se fait sentir que dans sa partie située à l'est de la gare Issy RER avec une baisse de 1 à 2 cm.

Ces effets piézométriques sont extrêmement faibles. Ils peuvent être considérés comme positifs pour les infrastructures construites sous la nappe de la ZAC Seguin.

Dans la situation qui tient compte du projet de la ZAC Seguin, l'effet piézométrique est également extrêmement limité. Il n'est que de quelques centimètres.

Il apparait que le relèvement induit au niveau des infrastructures de la ZAC est réduit rapport à la situation hors crue. En effet, l'effet de la crue de Seine sur le niveau de la nappe viendra créer une « pente » de nappe qui viendra en quelque sorte s'opposer à l'incidence sur la piézométrie des forages d'injection. L'effet cumulé entre les deux projets est donc réduit dans les situations de crue qui sont les plus défavorables du point de vue du risque d'inondation de structures enterrées.

Les gares de **Pont de Sèvres** et d'**Issy RER** traverseront localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions de la Seine et la majeure partie de l'épaisseur de la Craie productive sous-jacente. **Les résultats des simulations montrent, que quel que soit le scénario retenu, l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité.** Les modifications piézométriques calculées n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable, et seront limitées aux périmètres voisins des gares. Ce très faible impact s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de la nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère. La hauteur globale de l'aquifère est de l'ordre de 30-40 mètres environ, alors que le diamètre du tunnel est de 10 mètres.

**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de la boutonnière de Boulogne.**

### b. *Secteur du plateau d'Issy à Cachan avec modélisation hydrogéologique (modèle 2 secteur est) et approche analytique – annexe 5*

Le modèle hydrogéologique du plateau d'Issy à Cachan a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe du Lutétien, créé par le tunnel et les gares entre la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et la gare d'Arcueil-Cachan. Au-delà de la Bièvre, le tunnel s'insère dans les formations des Masses et Marnes du Gypse, sous le plateau de Villejuif.

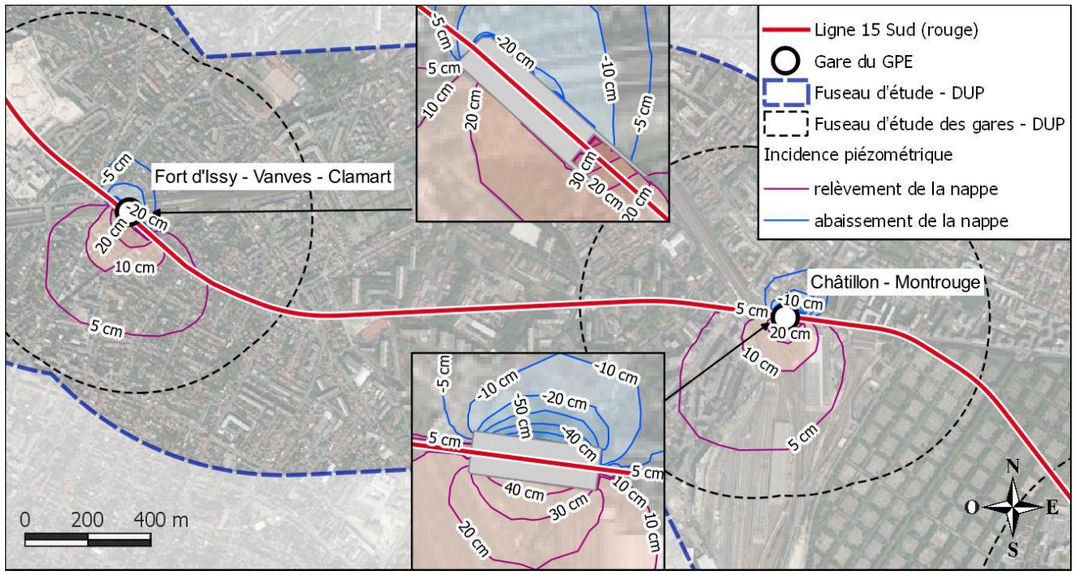
**Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.**

Par ailleurs, la démarche analytique a notamment permis d'évaluer l'effet barrage entrainé par la création de la gare de Bagneux sur la nappe superficielle du Marno-calcaire de Saint-Ouen, non représentée dans le modèle.

- ***Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart***

La future gare d'Issy-Vanves-Clamart traversera localement toute l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel oscille dans les formations de l'Yprésien, non aquifère, ainsi que dans la Craie sous-jacente. L'effet barrage provoqué par le tunnel dans ce secteur est négligeable.

La figure suivante permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'impact de la future gare sur les écoulements souterrains de la nappe du Lutétien est extrêmement faible. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre de 10 à 20 cm, ce qui reste négligeable (40 cm localement entre deux rideaux de pieux).

Cette gare est située à proximité immédiate d'un axe de drainage de la nappe du Calcaire Grossier au nord-ouest qui est constitué par l'intersection entre la topographie en bordure de coteau et le toit des formations yprésiennes argileuses. Ce contexte particulier rend difficile l'interprétation de la direction d'écoulement dans ce secteur. En effet, il est très difficile, au regard des mesures disponibles, de déterminer si l'écoulement de la nappe du Lutétien est dirigé vers son exutoire principal, à savoir la Seine vers le nord-est, ou vers son exutoire secondaire, à savoir les zones de débordement de coteau vers le nord-ouest.

Le modèle restitue une direction d'écoulement vers le nord-ouest en direction du coteau ce qui est possible mais favorable compte tenu de la position de la Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

L'approche par calcul analytique a donc été menée en parallèle de la modélisation numérique pour évaluer l'effet barrage dans un cas de figure moins favorable, où l'écoulement serait orienté vers le nord-est, perpendiculairement à la gare.

Le gradient piézométrique est alors d'environ 1,3 % au droit de celle-ci (cf. figure suivante).

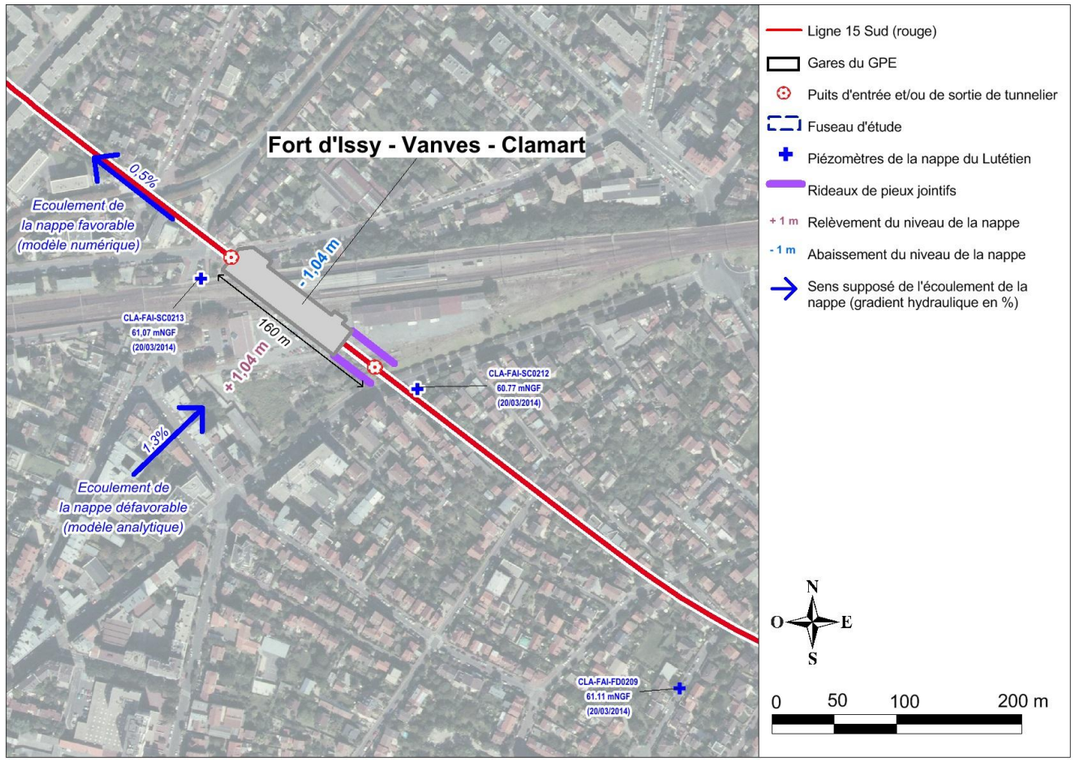
Les variations du niveau de la nappe du Lutétien (variations maximales au centre de l'obstacle), susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

| **GARE DE FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART – Nappe du Lutétien** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction du nord-est (perpendiculairement à l'axe de la gare)** |
| ***i* = 1,3 %** |
| $\Delta h = 0{,}013.\left(\frac{160}{2}\right)$ <br> $\Delta h = \pm\, \mathbf{1{,}04\ m}$ |

D'après les calculs analytiques l'effet barrage atteint près de **± 1,0 m** au niveau de la future gare, supérieur aux résultats issus de la modélisation numérique.

La perturbation des écoulements souterrains provoqués par la gare d'Issy-Vanves-Clamart n'est donc pas négligeable dans l'hypothèse où l'écoulement est orienté en direction du nord-est.

Le secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart est caractéristique d'une zone mixte en termes de typologie de bâtiment. Ainsi, les bâtiments sont petits à moyens laissant présager un seul niveau de sous-sol. Il convient de noter également la présence en aval de l'éco-quartier du Fort d'Issy, situé au nord-ouest de la future gare. Il présente des immeubles de grande hauteur possédant potentiellement un à plusieurs niveaux de sous-sol.



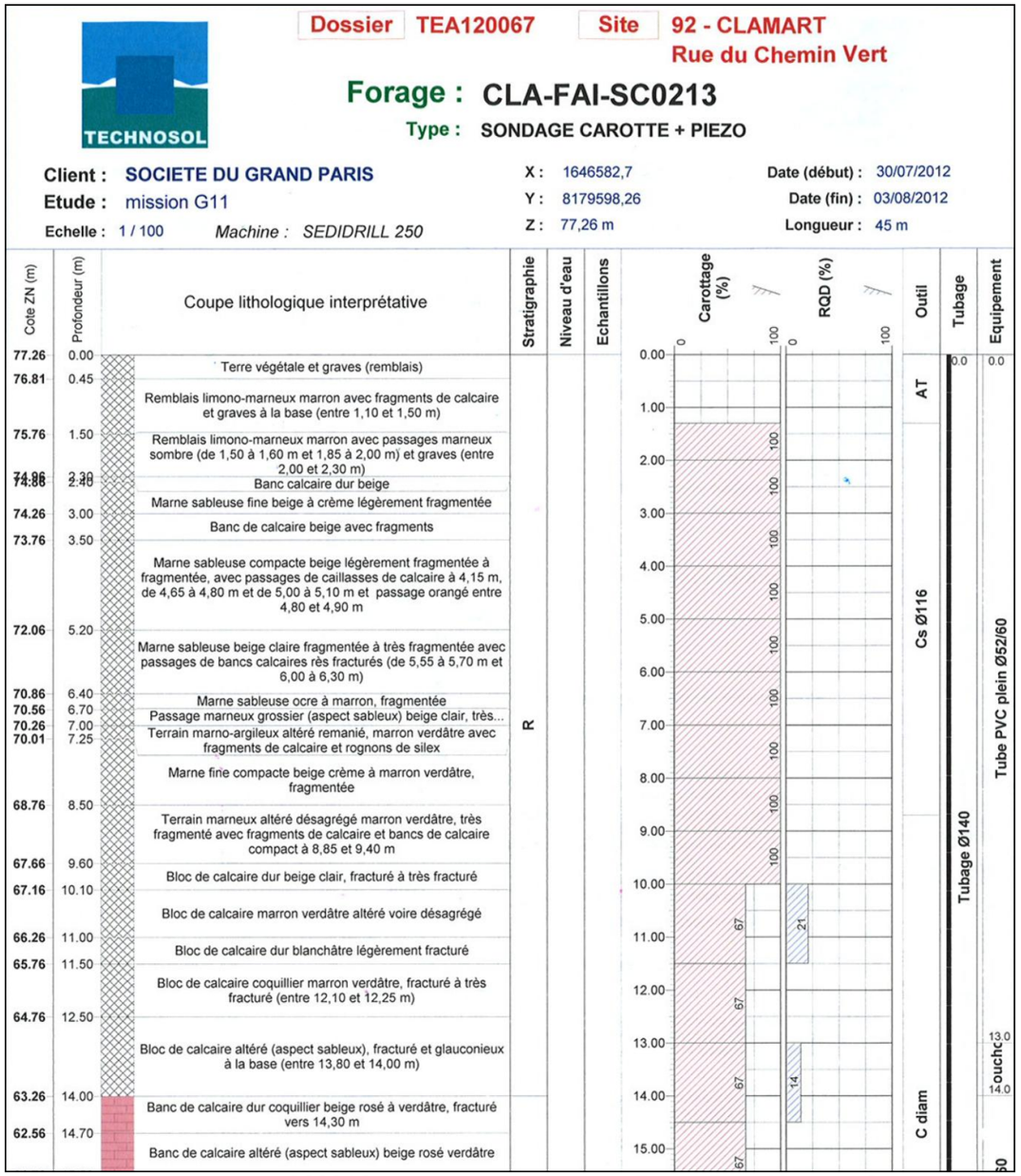

**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Pour rappel, la cote moyenne de la nappe des Calcaires grossiers au droit de cette gare est de 61 NGF. Ainsi, la future cote moyenne de la nappe en amont direct de la gare est susceptible d'atteindre **62,0 NGF**. Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 15 m). **Le risque de remontée de nappe dans les structures enterrées avoisinantes est donc faible.**

Par ailleurs, aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare d'Issy-Vanves-Clamart n'aura pas d'incidence sur le phénomène de dissolution du gypse.**

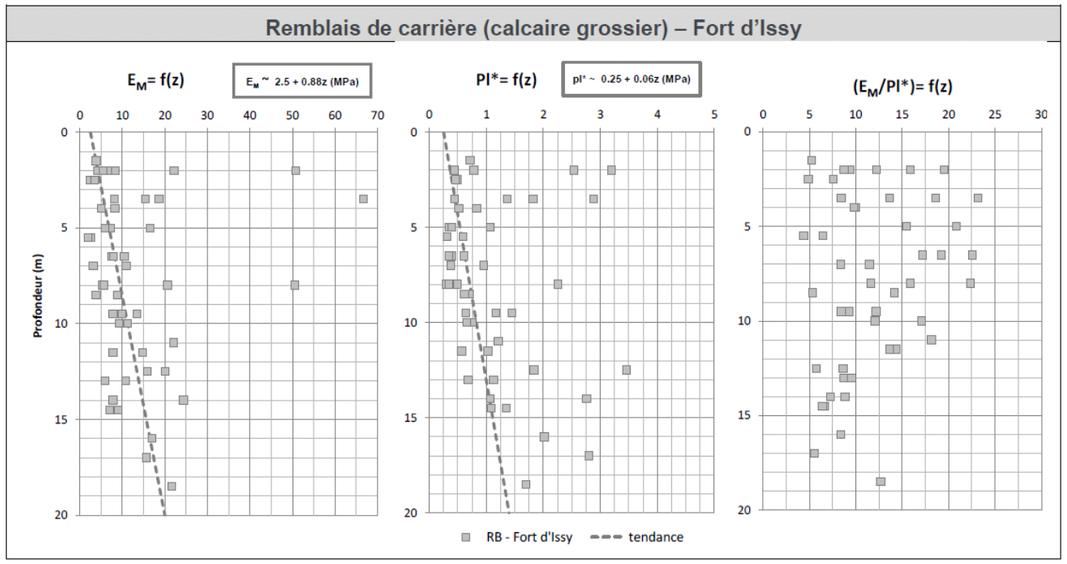
La gare d'Issy-Vanves-Clamart sera réalisée au droit d'une ancienne carrière de Calcaire grossier à ciel ouvert. Lors de la reconnaissance, l'épaisseur maximum de remblais identifiée dans les carottes atteint près de 20 mètres. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations.

La coupe suivante, réalisée au droit de la future gare et représentative des sondages réalisés sur ce secteur, indique que ces remblais sont très hétérogènes, de consistance limoneuse à sableuse et comprenant des blocs de calcaire à leur base.




**Coupe du sondage SC0213 au droit de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart**
**(Figure issue de la mission géotechnique G1)**

51 essais pressiométriques ont été réalisés au droit de ce secteur. Les remblais de carrière rencontrés au droit de la gare font état de caractéristiques pressiométriques faibles mais croissantes en profondeur (cf. figure ci-dessous).

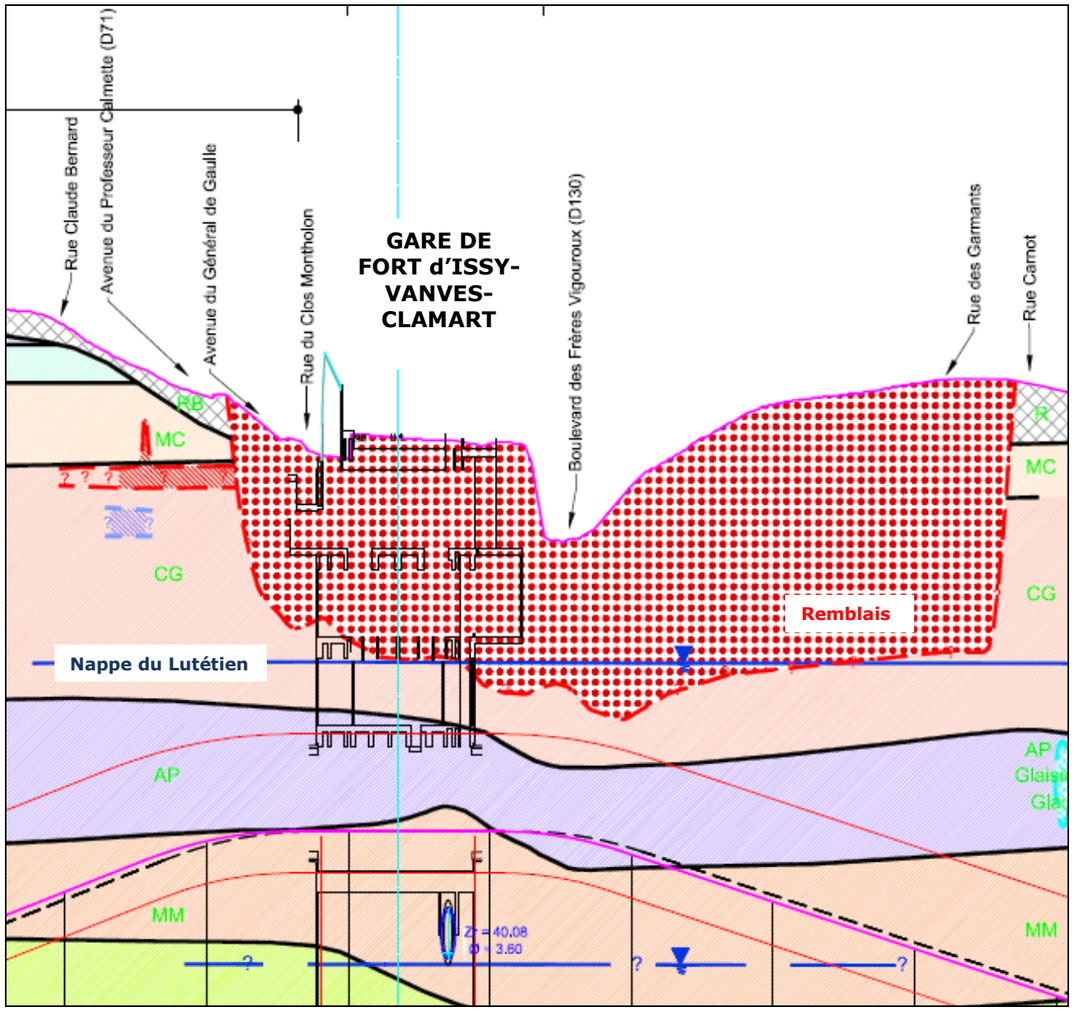



**Évolution des caractéristiques pressiométriques en fonction de la profondeur au droit de la future gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart**
**(Figure issue du mémoire géologique et géotechnique de la Ligne 15 Sud)**

$E_M$ (MPa) détermine le module pressiométrique de Ménard, correspondant à un module de déformation du sol. Pl* détermine la pression limite, qui correspond à l'état limite de rupture du terrain lorsque celui-ci est soumis à une pression uniforme croissante sur une paroi d'une cavité cylindrique.

Comme le montre la figure ci-dessous, le niveau de la nappe du Lutétien, atteint les niveaux inférieurs des remblais, composés de blocs calcaires et dont les caractéristiques pressiométriques sont les meilleures.

**Le risque de désordre, lié à la baisse du niveau piézométrique en aval de la future gare apparait donc comme faible.**




**Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart**
**(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)**

La gare de **Fort d'Issy-Vanves-Clamart** traversera localement la totalité de l'aquifère du Lutétien. En raison de la position de la gare, située sur un axe de drainage, le gradient et le sens de l'écoulement sont relativement incertains au niveau de la gare.

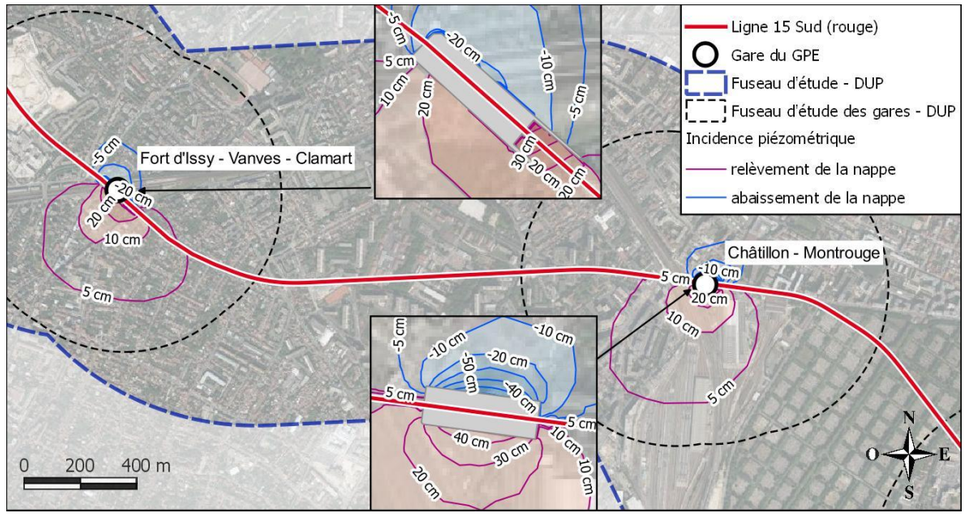
En considérant l'hypothèse la plus défavorable, c'est à dire pour un gradient d'écoulement orienté en direction du nord-est, les variations piézométriques provoquées par l'effet barrage sont non négligeables au niveau de la future gare. Toutefois, les enjeux restent faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, remblais quasi désaturés au droit de la gare, absence de gypse).

**Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart apparait comme très limité.**

- ***Gare de Châtillon-Montrouge***

La future gare de Châtillon-Montrouge traversera la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel occultera également une partie des Calcaires grossiers.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare de Châtillon-Montrouge sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que les impacts de la future gare sur les écoulements souterrains de la nappe du Lutétien restent faibles. Le relèvement en amont de la gare est estimé à +0,50 m et l'abaissement en aval à -0,60 m.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

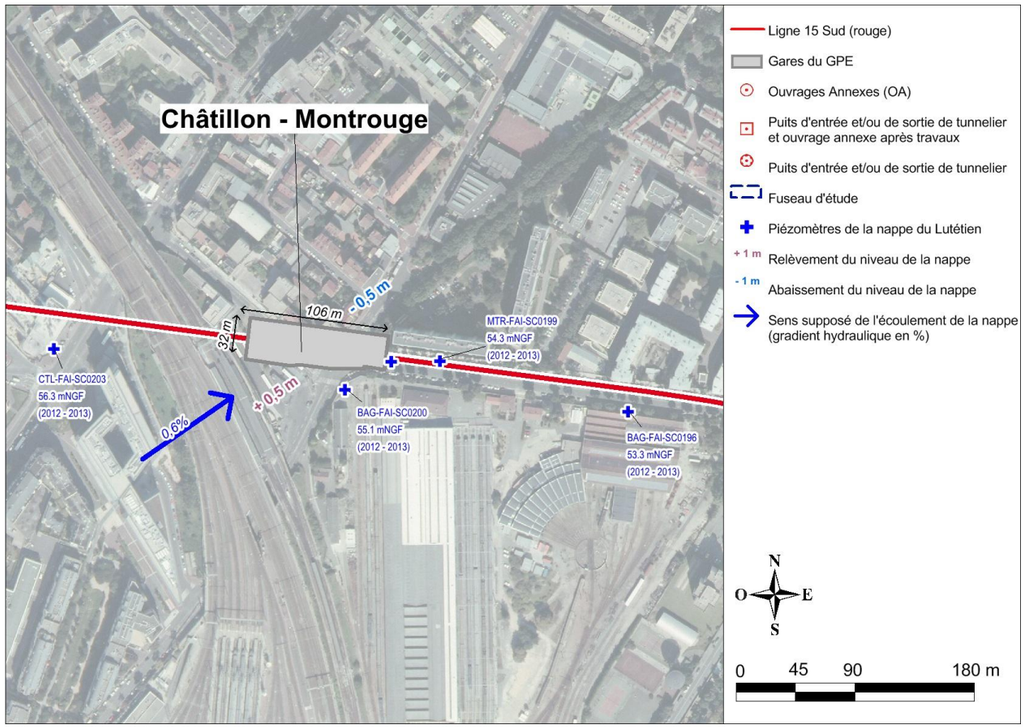
L'écoulement de la nappe du Lutétien est globalement orienté en direction du nord-ouest. Le gradient piézométrique est d'environ 0,6 % au droit de celle-ci (cf. figure suivante). Le tunnel occulte environ 50 % des Calcaires grossiers du Lutétien à l'est et à l'ouest de la gare. L'écoulement est orienté à environ 60° par rapport à l'axe du tunnel (cf. figure ci-dessous).

Les variations du niveau de la nappe du Lutétien susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

| **GARE DE CHATILLON-MONTROUGE – Nappe du Lutétien** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction du nord-ouest** |
| ***i = 0,6 %*** |
| $$\Delta h = 0{,}006.\left(\frac{50}{90}.\frac{32}{2}+\frac{41}{90}.\frac{106}{2}\right)+0{,}006.\left(\frac{60}{90}.\frac{300}{2}\right).50\%$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0,50\ m}$$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,50 m** au niveau de la future gare. Les résultats analytiques sont en adéquations avec les résultats issus de la modélisation numérique.

Le secteur de Châtillon-Montrouge est dominé par une typologie de type grands bâtiments (à partir de R+4/5), laissant présager un à plusieurs niveaux de sous-sol. Ce secteur est également caractérisé par un certain nombre de bâtiments remarquables de très grande hauteur dont le nombre de niveau de sous-sol peut potentiellement être élevé.




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Châtillon-Montrouge**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Pour rappel, la cote moyenne de la nappe des Calcaires grossiers au droit de cette gare est de 56 NGF. Ainsi, la future cote moyenne de la nappe en amont direct de la gare est susceptible d'atteindre **56,6 NGF**. Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 20 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est donc faible.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare. Le risque vis à vis de la présence de gypse reste donc quasi nul. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge n'aura pas d'incidence sur le phénomène de dissolution du gypse.**

Deux niveaux de carrières souterraines remblayées ont été identifiés au droit de la future gare de Châtillon-Montrouge. La cote moyenne du niveau de nappe se trouve à environ 2,5 mètres sous la base du second niveau de carrière. **La remontée du niveau piézométrique en amont de l'ouvrage n'est pas en mesure d'inonder de niveaux de carrières au droit de la future gare.**

La gare de **Châtillon-Montrouge** traversera localement la totalité de l'épaisseur de l'aquifère du Lutétien.

Les variations piézométriques provoquées par l'effet barrage sont de l'ordre de 0,6 mètres, ce qui est non négligeable. Cependant, les enjeux restent faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, niveaux de carrières sous le niveau de la nappe, absence de gypse).

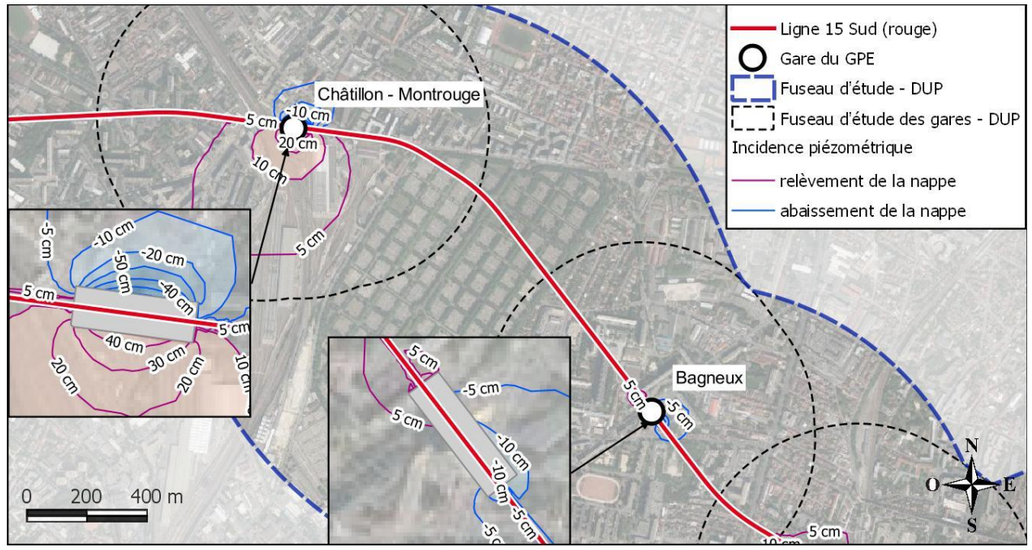
**Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de Châtillon-Montrouge est considéré comme faible.**

- ***Gare de Bagneux***

La future gare de Bagneux traversera la totalité de l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien ainsi que la totalité de l'épaisseur du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Le tunnel dans ce secteur occulte la partie inférieure du Calcaire grossier du Lutétien.

*Nappe du Lutétien :*

La figure suivante issue du modèle hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare de Bagneux sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare de Bagneux. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres à proximité immédiate de la gare, ce qui est négligeable.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

L'écoulement de la nappe du Lutétien a été considéré orienté en direction de l'est-sud-est soit une direction d'écoulement moins favorable que celle restituée dans le modèle. Le gradient piézométrique retenu est de 1,0 % au droit de celle-ci. Le tunnel occulte environ 50 % des Calcaires grossiers du Lutétien. L'écoulement est orienté à environ 30° par rapport à l'axe du tunnel (cf. figure ci-dessous).

Ainsi les variations du niveau de la nappe, susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

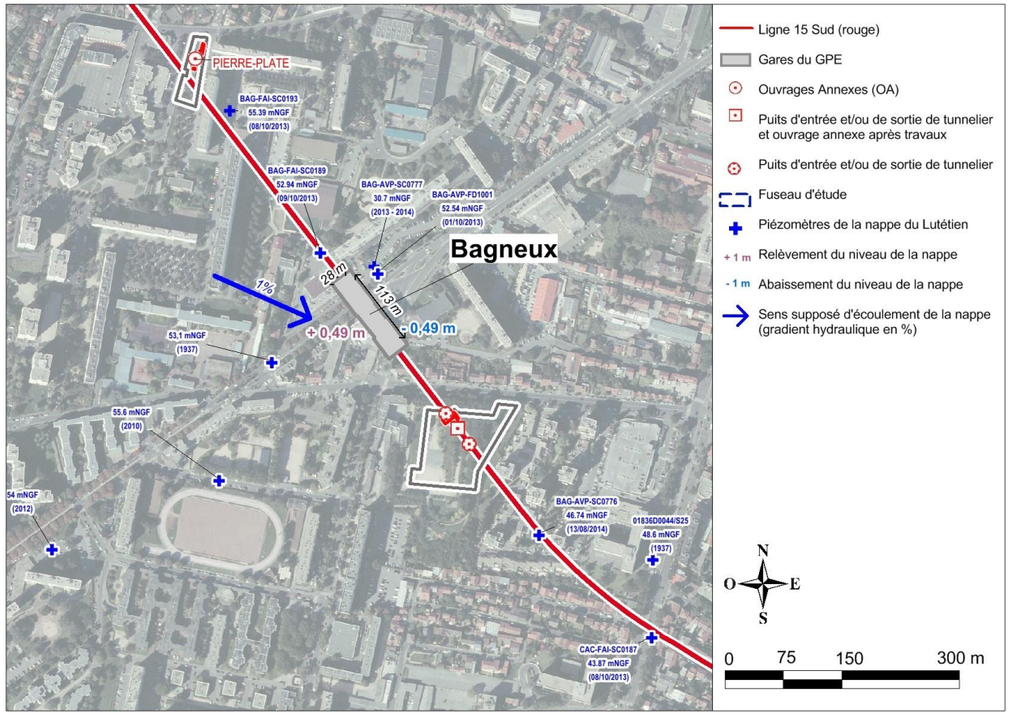
| **GARE DE BAGNEUX – Nappe du Lutétien** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction du sud-est** |
| ***i = 1,0 %*** |
| $$\Delta h = 0{,}01.\left(\frac{47}{90}.\frac{28}{2}+\frac{40}{90}.\frac{113}{2}\right)+0{,}01.\left(\frac{30}{90}.\frac{200}{2}\right).50\%$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0,49\ m}$$ |

L'effet barrage calculé analytiquement est de **± 0,5 m**. Cet effet est supérieur à celui restitué par le modèle mais reste modéré.

La nappe du Lutétien est située à près de 30 mètres de profondeur. **Le risque de remontée de nappe dans les structures souterraines avoisinantes est donc faible.**

Quelques traces de gypse ont été identifiées au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare, sur un seul sondage. Cependant la présence de niveaux gypseux sur ce sondage n'excède pas quelques centimètres. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Les sondages ont mis en évidence des niveaux de carrière au droit de la future gare. La cote moyenne du niveau de nappe se trouve à environ 2,5 mètres sous la base du niveau de carrière le plus profond. **Le risque d'inondation des carrières souterraines par l'effet barrage, en amont de la gare de Bagneux, est donc quasi nul.**




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bagneux**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

*Nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen (première nappe rencontrée sous le terrain naturel et non modélisée) :*

Au stade actuel des études, un seul piézomètre captant la nappe superficielle du Marno-calcaire de Saint-Ouen a été mis en place par la Société du Grand Paris à proximité de la gare. Trois autres mesures piézométriques récentes, sont toutefois disponibles dans ce secteur. Ainsi, le sens d'écoulement et le gradient hydraulique de cette nappe sont relativement bien connus.

L'écoulement de la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen est globalement orienté en direction nord-est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Le gradient d'écoulement est d'environ 1,3 % (cf. figure ci-dessous).

Ainsi les variations du niveau de la nappe (variations maximales au centre de l'obstacle), susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

| **GARE DE BAGNEUX – Nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction du nord-est (perpendiculairement à l'axe du tunnel)** |
| ***i = 1,3 %*** |
| $\Delta h = 0{,}013.\frac{113}{2}$ <br> $\Delta h = \pm 0{,}74\ m$ |

L'effet barrage calculé analytiquement atteint **± 0,75 m**, au centre de l'obstacle.

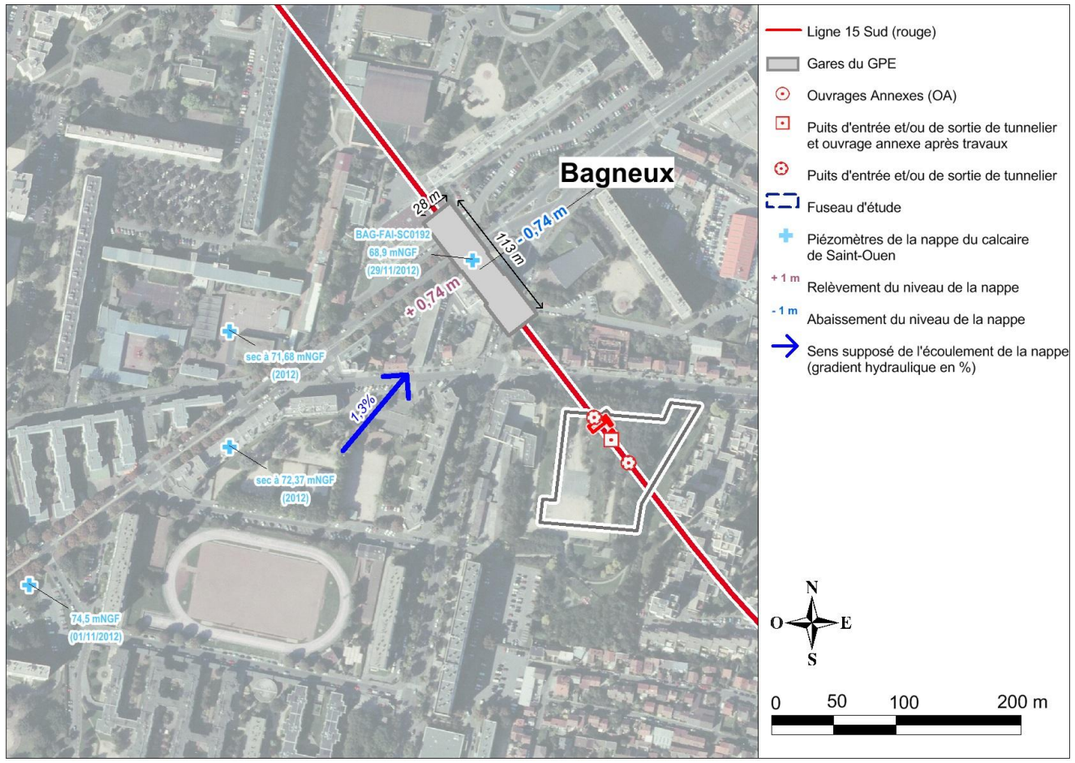
Le secteur sud-ouest de la gare de Bagneux est caractérisé par une dominance de bâtiments hauts (minimum R+4), présentant a priori un à plusieurs niveaux de sous-sol. L'enjeu n'est donc pas négligeable aux alentours de cette gare.

Le recensement des bâtiments à proximité immédiate de la future gare a montré la présence de bâtiments comprenant au maximum 1 niveau de sous-sol, soit une cote de 80 NGF.

Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 13 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est donc faible.**

Des inclusions de gypse ont été identifiées dans le Marno-calcaire de Saint-Ouen, sur un sondage réalisé à proximité de la future gare de Bagneux. Toutefois ce sondage n'a pas mis en évidence de cavités de dissolution du gypse. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare de Bagneux de devrait pas avoir d'incidence significative sur le phénomène de dissolution du gypse.**

Aucun niveau de carrière n'a été identifié dans ces formations au droit de la future gare. **Les risques vis à vis des carrières sont donc nuls.**




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bagneux**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

La gare de **Bagneux** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Lutétien.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont relativement faibles. Les risques sont également faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, niveaux de carrières sous le niveau de la nappe, absence de gypse).

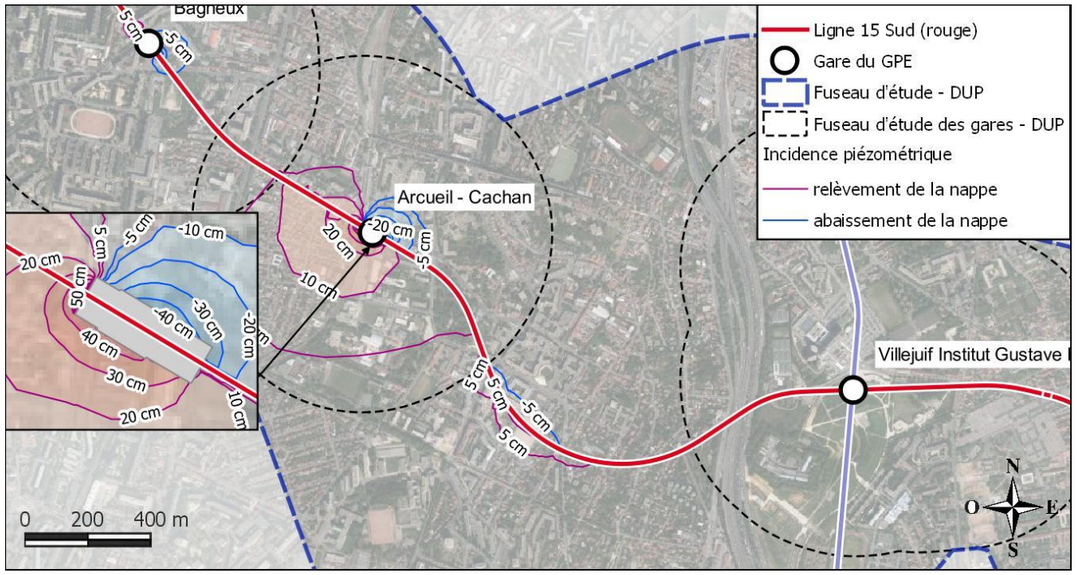
Cette gare traversera également localement la totalité de l'aquifère du Marno-calcaire de Saint-Ouen. L'effet barrage provoquée par la création de cette gare atteint près de 0,7 m, ce qui reste non négligeable. Toutefois les risques restent faibles (profondeur importante de la nappe, peu de gypse, absence de carrière).

**Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de la gare de Bagneux apparait comme très limité.**

- ***Gare d'Arcueil-Cachan***

La future gare d'Arcueil-Cachan traversera localement toute l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare d'Arcueil-Cachan sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la future gare d'Arcueil-Cachan. Les modifications piézométriques issues du modèle atteignent près de 0,5 mètre à proximité immédiate de la gare, ce qui est faible.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

L'écoulement de la nappe du Lutétien est globalement orienté en direction de l'est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Toutefois, un doute subsiste quant à la direction précise au droit de la gare. Le gradient piézométrique retenu est d'environ 1,6 % au droit de celle-ci.

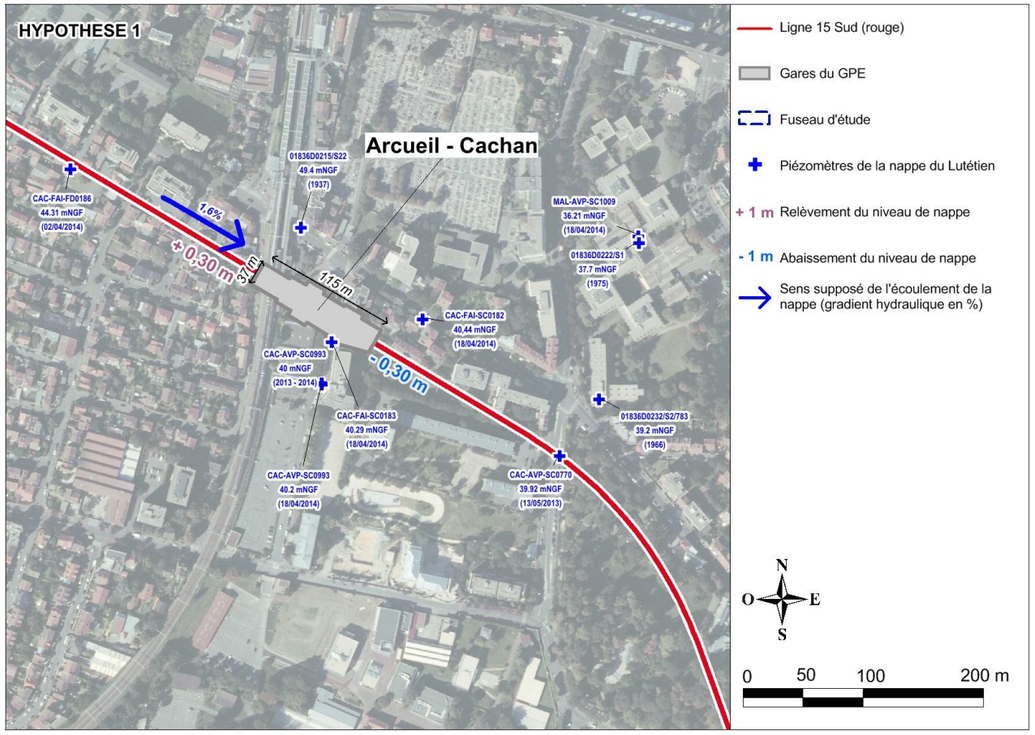
Ainsi les variations du niveau de la nappe, susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

| **Sens d'écoulement en direction du sud-est – hypothèse 1** | **Sens d'écoulement en direction de l'est-nord-est – hypothèse 2** |
|---|---|
| ***i = 1,6 %*** | ***i = 1,6 %*** |
| $\Delta h = 0{,}016.\left(\frac{37}{2}\right)$ | $\Delta h = 0{,}016.\left(\frac{48}{90}.\frac{115}{2}+\frac{45}{90}.\frac{37}{2}\right)$ |

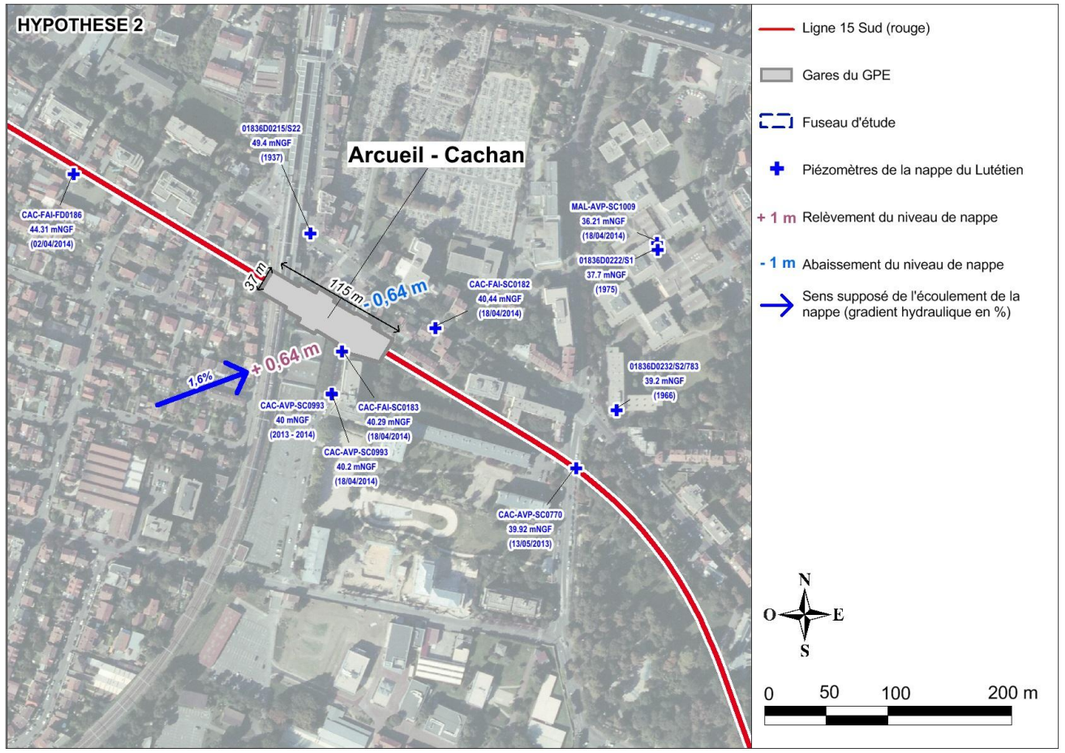
| | |
|---|---|
| $\Delta h = \pm 0,30\ m$ | $\Delta h = \pm 0,64\ m$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage est de **± 0,65 m** au niveau de la future gare d'Arcueil-Cachan, dans le cas le plus défavorable. Les résultats analytiques sont en adéquations avec les résultats issus de la modélisation numérique.

Le secteur à proximité de la gare d'Arcueil-Cachan ne présente pas d'enjeu particulier. En effet, il s'agit d'une zone dite « mixte », à dominante de bâtiments petits à moyens (maximum R+5) et ne présentant, a priori, que peu de niveaux de sous-sol.




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare d'Arcueil-Cachan (hypothèse 1 de gradient)**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

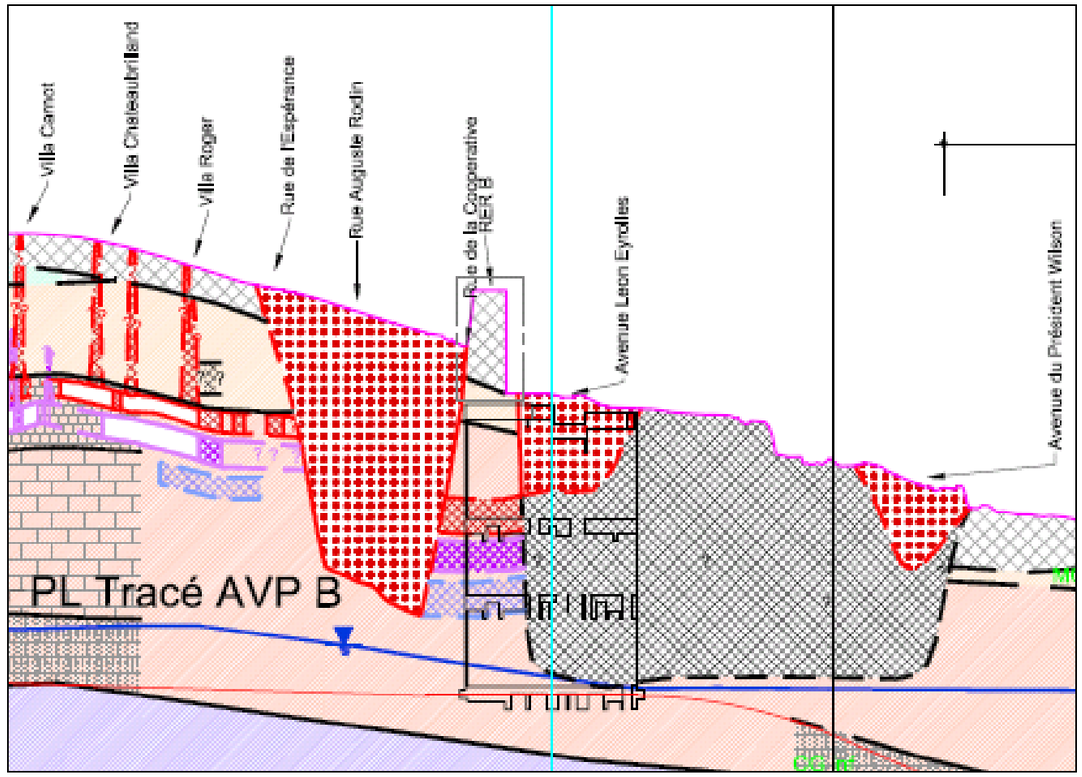



**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare d'Arcueil-Cachan (hypothèse 2 de gradient)**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~15 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est relativement faible.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare d'Arcueil-Cachan. **Les risques de dissolution du gypse provoqué par la modification des écoulements souterrains sont donc nuls.**

Des anciennes carrières à ciel ouvert ont été identifiées au droit de la future gare. Des niveaux de remblais important (de l'ordre de 10 mètres) sont présents au droit de celle-ci. Toutefois, la nappe est située en moyenne à 7 mètres sont ces niveaux de remblais (cf. figure suivante). Le relèvement piézométrique en amont de la gare n'est pas en mesure d'atteindre ces niveaux de remblais. **Les risques sont considérés donc comme quasi nuls.**




**Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan**
**(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)**

La gare de **d'Arcueil-Cachan** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Lutétien.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont de l'ordre de 0,6 mètre. Toutefois, les enjeux sont faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, remblais non saturés, absence de gypse).

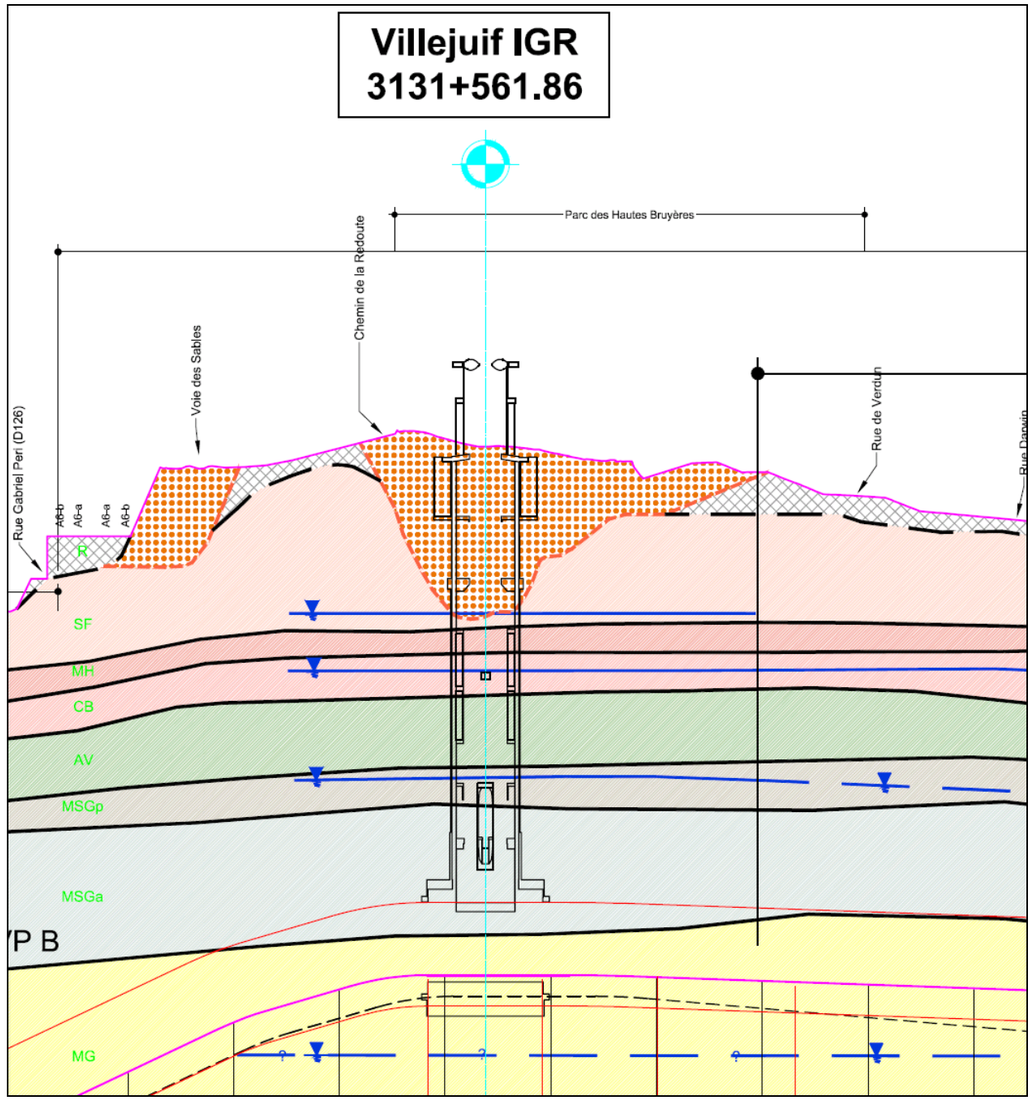
**Ainsi, les risques de désordre induits par l'effet barrage au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan apparaissent comme très limités.**

*c. Secteur du plateau de Villejuif avec approche analytique*

L'évaluation de l'effet barrage au niveau du plateau de Villejuif a été de manière analytique.

- ***Gare de Villejuif IGR***

La future gare de Villejuif IGR traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Sables de Fontainebleau et la totalité de la nappe du Calcaire de Brie. Au droit du plateau de Villejuif, le tunnel oscille dans les formations des Masses et Marnes du Gypse sous-jacentes (cf. figure ci-dessous).




**Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Villejuif IGR**
**(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)**

*Nappe des Sables de Fontainebleau (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :*

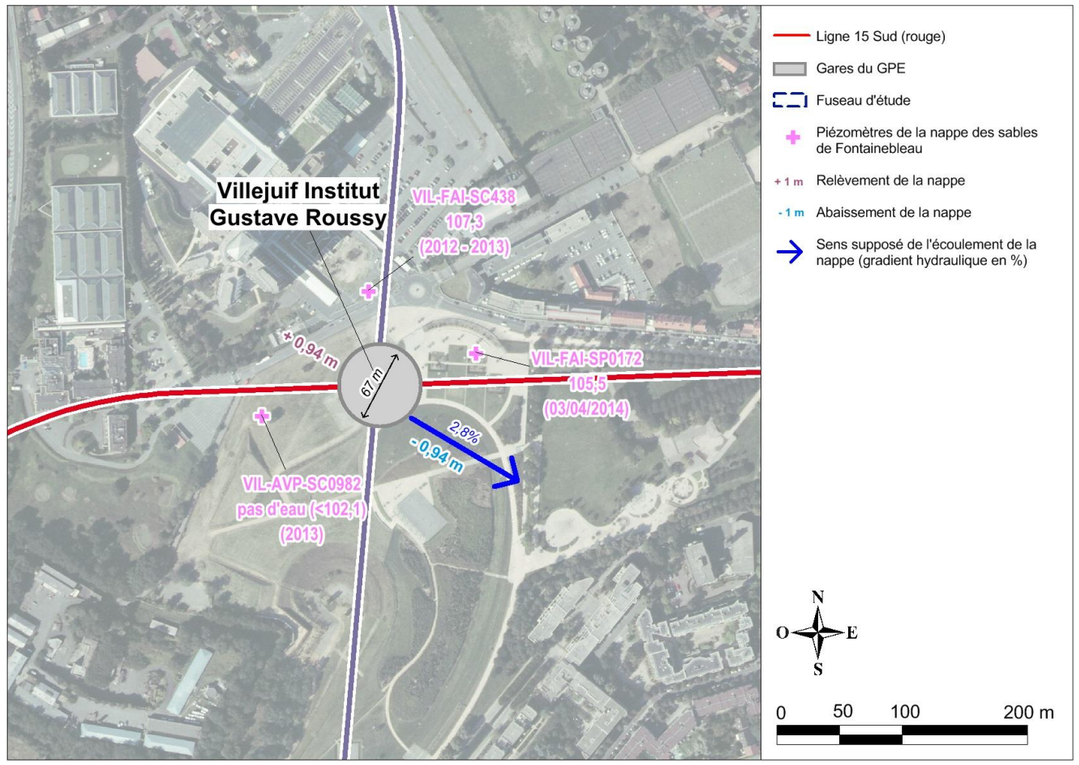
La Société du Grand Paris a réalisé trois piézomètres captant cette nappe autour de la future gare. L'écoulement est globalement orienté en direction du sud-ouest avec un gradient d'au maximum de 2,8 % (cf. figure ci-dessous). Des doutes subsistent toutefois sur la direction de l'écoulement.

Des piézomètres supplémentaires, captant spécifiquement la nappe des Sables de Fontainebleau seront mis en place dans les phases ultérieures du projet.

La variation du niveau de la nappe est calculée, à ce stade, comme suit :

| **GARE DE VILLEJUIG IGR – Nappe des Sables de Fontainebleau** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction sud-ouest** |
| ***i = 2,8 %*** |
| $\Delta h = 0{,}028.\left(\frac{67}{2}\right)$<br>$\Delta h = \pm \mathbf{0,94\ m}$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,95 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR, ce qui reste non négligeable.




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif IGR**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Par ailleurs, l'Institut Gustave Roussy est situé à 100 m au nord-ouest de la future gare. Le projet doit donc tenir particulièrement compte de ce site. Ce bâtiment est susceptible de posséder un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

Au sud-ouest de la future gare se trouve la redoute des Hautes Bruyères, située sur le Parc Départemental des Hautes Bruyères Elle héberge aujourd'hui une caserne d'une Compagnie Républicaine de Sécurité et présente un fort potentiel de niveaux de sous-sols (des vestiges d'un village néolithique, d'anciennes galeries souterraines peut-être, des fossés…) et constitue également un enjeu fort.

Le secteur au nord-est de la future gare est caractérisé par une typologie de bâti homogène de type petite à moyenne hauteur (R+4/5 maximum) et ne constitue donc pas d'enjeu particulier.

Toutefois, le recensement des bâtiments à proximité immédiate de la future gare a montré la présence de bâtiments comprenant au maximum 1 niveau de sous-sol, soit une cote minimum de 116 NGF.

Ce recensement n'est pas exhaustif, et n'inclut pas la totalité des bâtiments de l'Institut Gustave Roussy qui peuvent contenir plusieurs niveaux de sous-sols.

Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 15 m). **Le risque de remontée de nappe dans d'éventuelles structures souterraines avoisinantes reste a priori faible.**

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les Sables de Fontainebleau sur le secteur d'étude. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse est donc nul.**

Cette gare est située au droit d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau. L'épaisseur des remblais est de l'ordre de 15 mètres. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti.

La figure suivante présente la coupe d'un sondage type réalisé au droit de la gare de Villejuif IGR. Les matériaux de remblais sont hétérogènes.

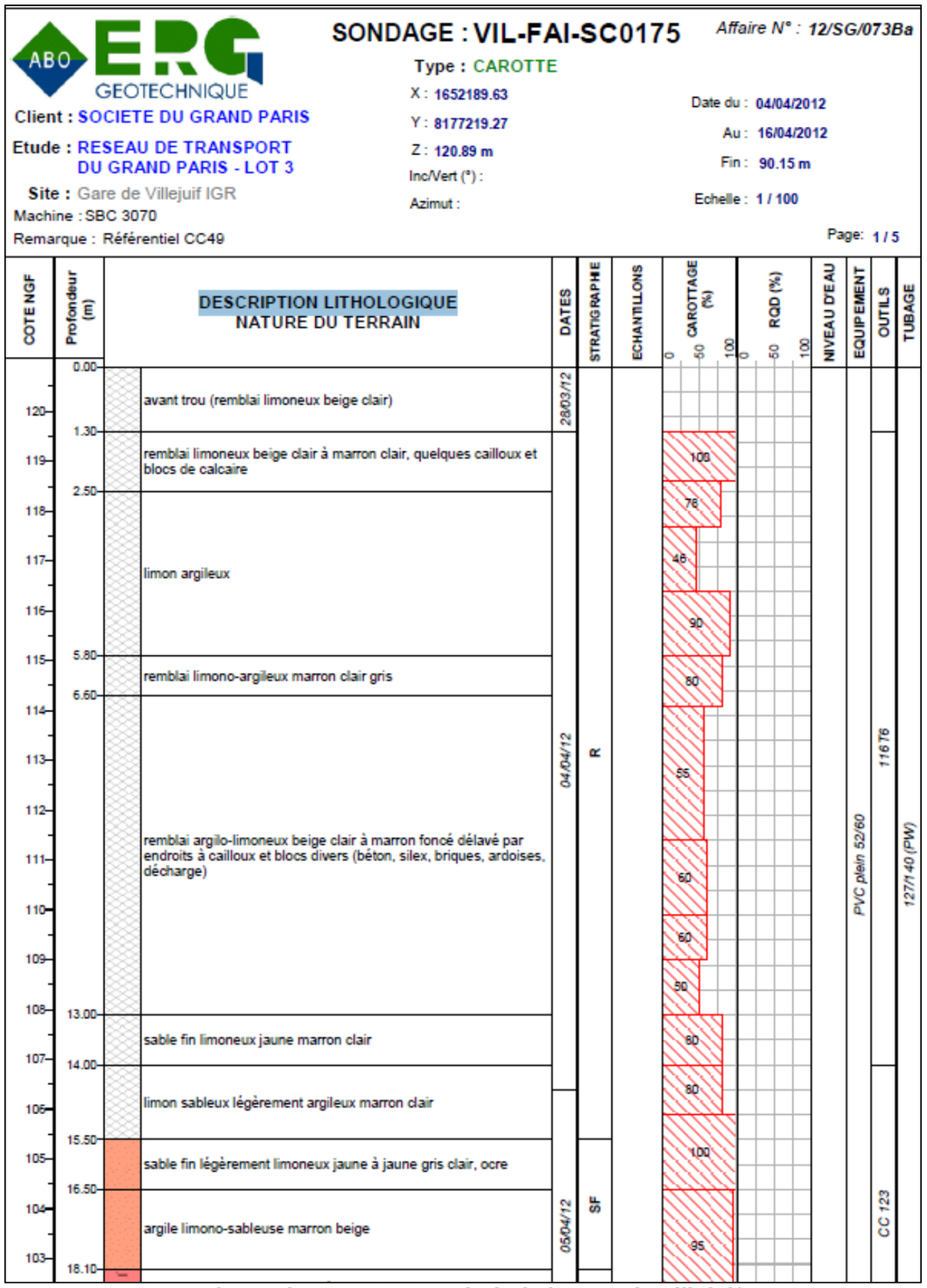
Les remblais de carrière rencontrés au droit de la gare de Villejuif IGR (anciennes exploitations de Sables de Fontainebleau) font état de caractéristiques pressiométriques hétérogènes et globalement médiocres.

La figure de la page suivante, montre que les remblais sont presque désaturés au niveau de la gare de Villejuif IGR. Le relèvement piézométrique est tout de même en mesure d'atteindre ces niveaux de remblais désaturés.

Toutefois, le relèvement piézométrique est du même ordre que le battement naturel de cette nappe (1,1 m sur le piézomètre ADES situé à Saclay).

**Les risques de désordre liés aux variations du niveau piézométrique apparaissent donc comme faibles. Toutefois, une attention particulière sera apportée par le géotechnicien au niveau de cette gare.**

Les niveaux piézométriques à proximité de cette gare seront surveillés au moyen de piézomètres qui seront suivis régulièrement après la phase de chantier.




**Coupe du sondage SC0175 au droit de la gare de Villejuif IGR**
**(Figure issue de la mission géotechnique G1)**

*Nappe du Calcaire de Brie :*

La Société du Grand Paris a réalisé deux piézomètres captant cette nappe autour de la future gare. L'écoulement est globalement orienté en direction du sud-ouest avec un gradient relativement faible. Des doutes subsistent toutefois sur la direction de l'écoulement et le gradient hydraulique, les mesures piézométriques n'étant pas synchrones.

Il conviendra d'actualiser les mesures sur les deux piézomètres mis en place par la SGP.

La variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

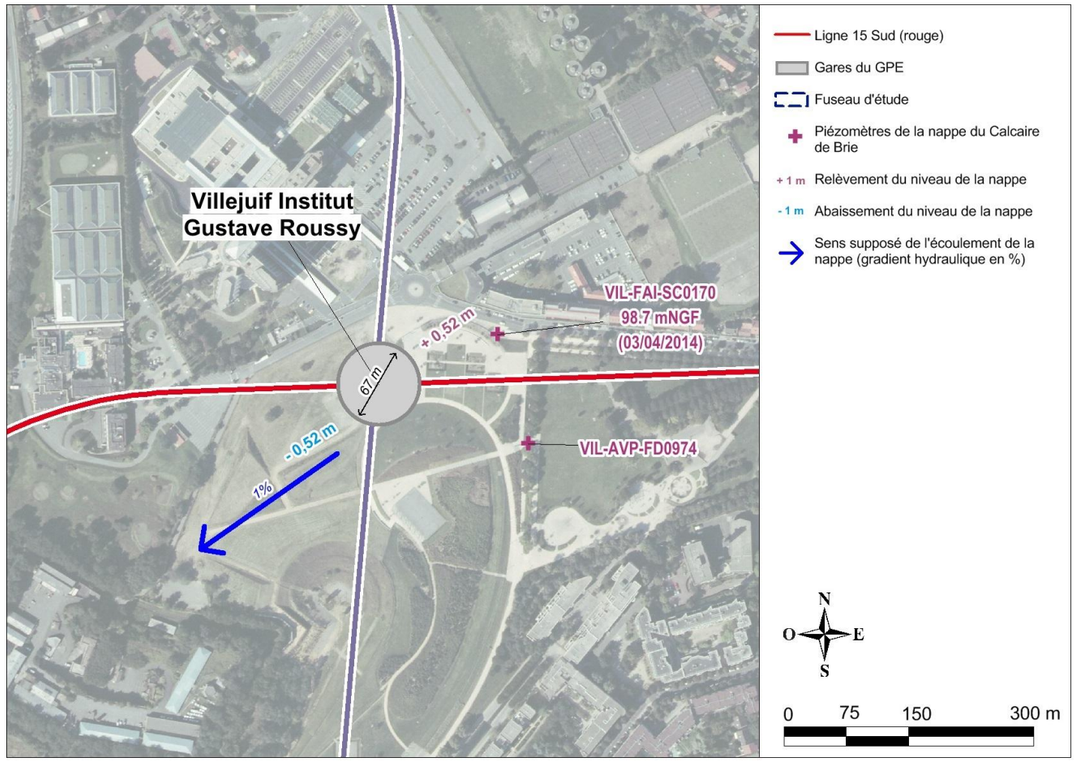
| **GARE DE VILLEJUIF IGR – Nappe du Calcaire de Brie** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction du sud-ouest** |
| **i = 1,0 %** |
| $$\Delta h = 0{,}01.\left(\frac{105}{2}\right)$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0{,}52\ m}$$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,5 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR.

Cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 22 m). **Le risque de remontée de nappe dans d'éventuelles structures souterraines avoisinantes est donc quasi nul.**

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Brie sur le secteur d'étude. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Aucunes carrières souterraines n'ont été identifiées au droit de la gare de Villejuif IGR. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif IGR**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

La gare de **Villejuif IGR** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Sables de Fontainebleau.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont de l'ordre du mètre. Toutefois, mis à part la présence de niveaux de remblais importants pouvant être mis en eau, les enjeux sont faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, absence de gypse). Une attention particulière sera apportée par les géotechniciens concernant la mise en eau de niveaux de remblais de qualité médiocre.

Cette gare traverse également localement toute l'épaisseur de l'aquifère du Calcaire de Brie. L'effet barrage provoquée par la création de cette gare est non négligeable mais les risques restent faibles (profondeur importante de la nappe, absence de gypse, absence d'anciennes carrières).

**Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Villejuif IGR sont considérés comme faibles. Des reconnaissances complémentaires seront réalisées concernant la nappe des Sables de Fontainebleau. Une attention sera également apportée par les géotechniciens concernant les désordres potentiels liés à la mise en eau possible de niveaux de remblais de qualité médiocre.**

- ***Gare de Villejuif-Louis-Aragon***

La future gare de Villejuif-Louis-Aragon traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Calcaire de Brie et la totalité de la nappe des Marnes de Pantin.

*Nappe du Calcaire de Brie (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :*

Deux piézomètres captant spécifiquement cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Au stade actuel, les mesures piézométriques d'un seul de ces ouvrages sont disponibles. Le sens d'écoulement est globalement orienté en direction du sud-est. Le gradient est d'environ 1,1 %.

Il conviendra de préciser et actualiser le gradient hydraulique avec les mesures les plus récentes.

La variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

| **GARE DE VILLEJUIF-LOUIS-ARAGON – Nappe du Calcaire de Brie** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction sud-ouest** |
| ***i = 1,1 %*** |
| $$\Delta h = 0{,}011.\left(\frac{33}{90}.\frac{98}{2}+\frac{60}{90}.\frac{26}{2}\right)$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0,29\ m}$$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,3 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR.

Ce secteur est très homogène en termes de typologie de bâti. Il existe quelques bâtiments de grande hauteur à proximité de la gare (R+4 et plus), possédant potentiellement plusieurs niveaux de sous-sol. La zone est donc sensible et une attention particulière y sera portée.

Le recensement des bâtiments à proximité de la gare a mis en évidence la présence de bâtiments comportant 2 niveaux de sous-sol, au nord de la future gare. A priori, ces bâtiments ne se trouvent pas en amont hydraulique de la gare.

Les bâtiments qui se trouvent en amont hydraulique (ouest et nord-ouest de la gare) comportent au maximum un seul niveau de sous-sol. L'altitude du plancher bas de ces sous-sols est d'environ 97 NGF, soit deux mètres au-dessus du niveau moyen de la nappe.

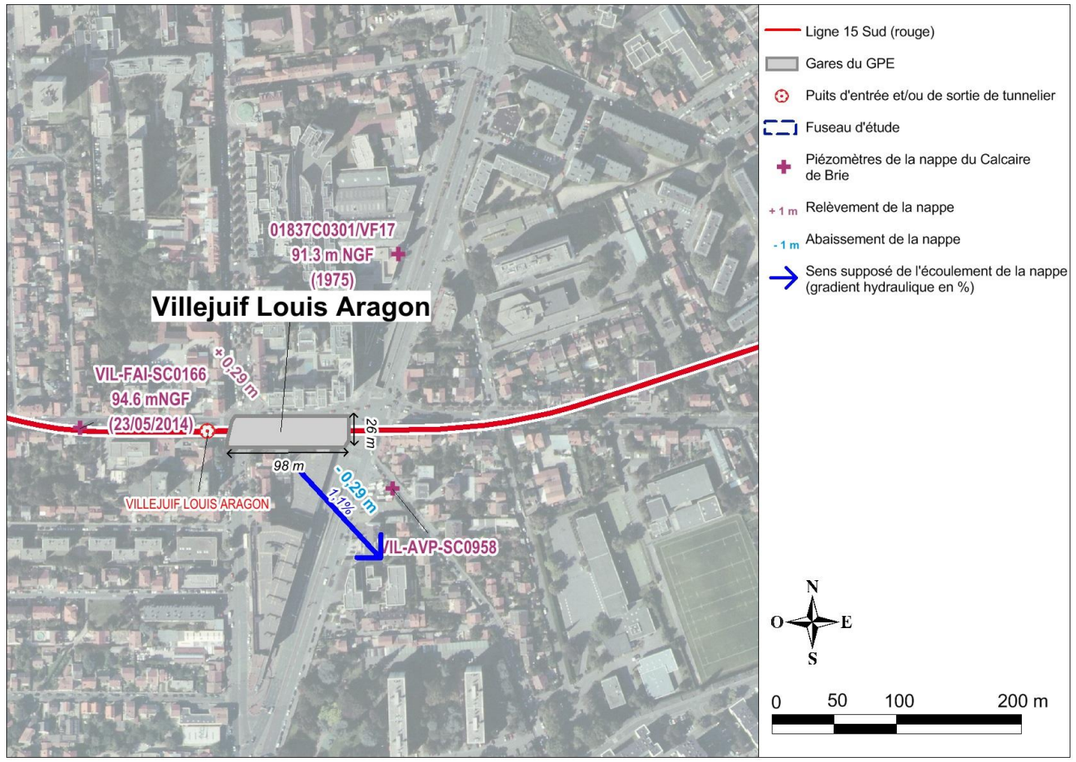
La nappe du Calcaire de Brie, est située à une profondeur moyenne relativement faible (~ 4 m). D'après les calculs, le relèvement piézométrique provoqué par l'effet barrage n'est pas en mesure d'atteindre les sous-sols des bâtiments avoisinants.

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 10 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de **1,42 m**, plus de quatre fois supérieur à l'effet barrage calculé.

L'implantation d'au moins deux piézomètres sélectifs en phase ultérieure parait toutefois nécessaire afin de préciser le gradient hydraulique.

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Brie à proximité de la future gare. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Villejuif Louis-Aragon. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif-Louis-Aragon**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

*Nappe des Marnes de Pantin :*

Au niveau de la Gare de Villejuif-Louis-Aragon, trois piézomètres captant la nappe des Marnes de Pantin ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Les niveaux piézométriques mesurés sur ces piézomètres ne permettent pas de déterminer précisément une direction et un gradient d'écoulement. Le gradient hydraulique de cette nappe semble toutefois faible.

Par ailleurs, cette nappe est située à une profondeur importante, aux alentours de 14 mètres. **Les risques de remontée de nappe dans les structures enterrées sont donc quasi nuls.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans mes Marnes de Pantin au droit de la future gare. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Pour finir, aucune ancienne carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Villejuif Louis-Aragon. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

La gare de **Villejuif Louis Aragon** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Calcaires de Brie.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont faibles, de l'ordre de 0,3 m. Toutefois, cette nappe se situe à faible profondeur, aux alentours de 4 mètres. Plusieurs piézomètres captant spécifiquement cette nappe seront implantés aux alentours de la gare dans les phases ultérieures afin de préciser le gradient hydraulique. Les risques vis à vis du gypse et des carrières sont quant à eux négligeables.

Cette gare traverse également localement toute l'épaisseur de l'aquifère des Marnes de Pantin. Bien que les données disponibles à ce stade concernant cette nappe restent limitées, le gradient d'écoulement semble très faible. Ainsi, cette gare n'est pas susceptible de perturber les écoulements souterrains dans ce secteur en phase d'exploitation.

**Ainsi, les risques d'inondation de sous-sol en raison de l'effet barrage au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon sont considérés comme modérés. Néanmoins, plusieurs piézomètres captant spécifiquement la nappe des Calcaires de Brie seront mis en place afin de préciser le gradient hydraulique. Ces reconnaissances complémentaires permettront de calculer précisément l'effet barrage induit par cette gare.**

*d. Secteur de la plaine de Vitry avec modélisation hydrogéologique (modèle 2 secteur ouest) et approche analytique*

Ce secteur, occupant les vallées de la Seine et de la Marne, couvre la zone allant du Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine, jusqu'au contrebas du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Marne.

Dans cette zone, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil, et sur les Calcaires Grossiers du Lutétien de Créteil à Champigny-sur-Marne.

Dans la partie Vitry-sur-Seine - Créteil, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur pouvant atteindre une quinzaine de mètres ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 5 à 15 mètres, l'épaisseur de cette formation diminue vers l'est ;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 5 mètres ;
- Marnes et Caillasses du Lutétien sur une épaisseur de 12 à 15 mètres.

Dans la partie Créteil – Champigny-sur-Marne, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur d'environ 10 mètres ;
- Calcaires Grossiers du Lutétien sur une épaisseur de 12 mètres environ ;
- Formations de l'Yprésien sur une vingtaine de mètres.

La profondeur de la nappe dans ce secteur est relativement faible, située de 4 à 6 m de profondeur. Elle est influencée en partie par l'infiltration des eaux de pluie, la propagation d'ondes de crue des cours d'eau dans les aquifères et le démarrage ou l'arrêt éventuel de pompages existants dans le voisinage.

Le gradient hydraulique de la nappe dans la plaine de Vitry est très faible.

Le modèle hydrogéologique de la plaine de Vitry a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe des alluvions, du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Calcaires grossiers du Lutétien créé par le tunnel et les gares entre Vitry Centre et Champigny Centre. Au-delà de Champigny Centre le tunnel oscille au sein des formations du Calcaire de Champigny, sur le plateau de Champigny.

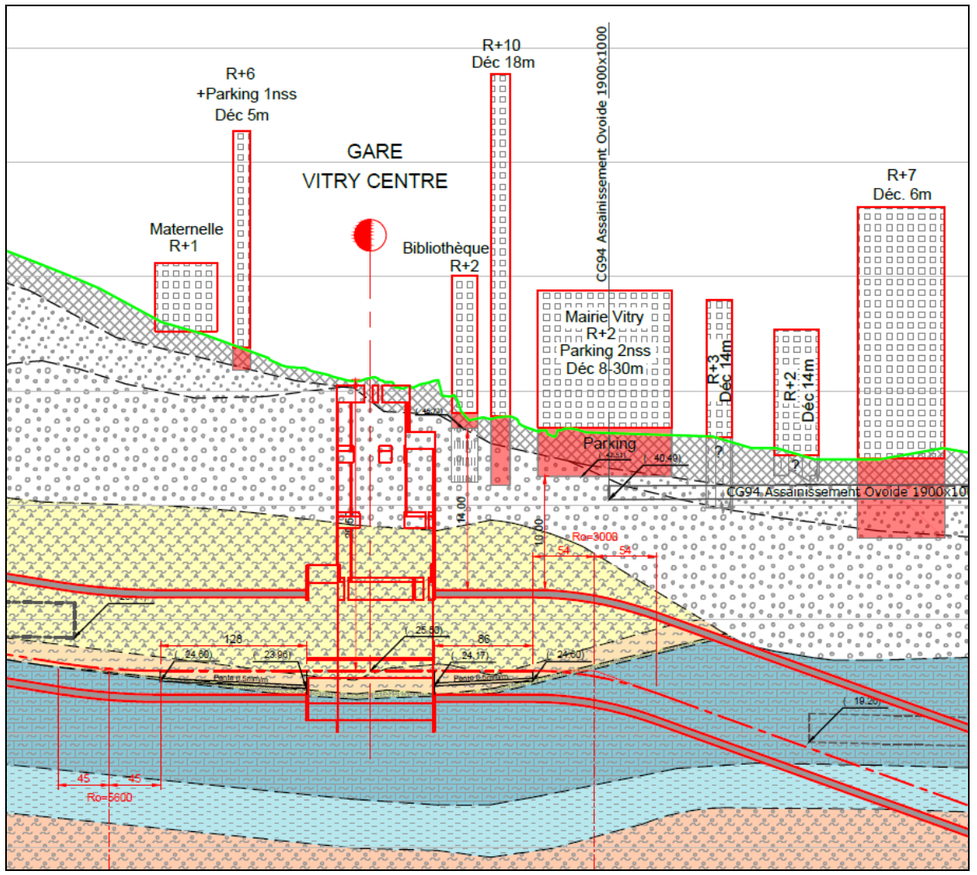
Les simulations ont été réalisées en régime permanent d'écoulement. Le tunnel et les gares sont représentés par des éléments de calcul de très faible perméabilité.

Le calcul de l'effet barrage au niveau de la plaine de Vitry, hormis la gare de Vitry-Centre, a été estimé uniquement grâce à la modélisation numérique.

- ***Gare de Vitry-Centre***

La future gare de Vitry Centre traversera localement toute l'épaisseur des alluvions et des Masses et Marnes du Gypse.

Ce secteur est caractérisé par la présence d'environ 10 mètres d'alluvions perchées en contrebas du plateau de Villejuif et situées sur les formations des Masses et Marnes de gypse (figure ci-dessous).




**Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Vitry Centre**
**(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)**

*Nappe des alluvions (nappe phréatique) :*

Aucunes données ne sont disponibles sur les niveaux piézométriques de la nappe des alluvions à proximité de la gare de Vitry Centre.

Plusieurs piézomètres seront mis en place dans les phases ultérieures du projet afin de vérifier si une nappe perchée est présente dans les alluvions au droit de cette gare. Si cela est le cas, le gradient d'écoulement et donc l'effet barrage seront évalués analytiquement au droit de cette gare.

Les enjeux sont potentiellement forts à proximité de la gare avec la présence de plusieurs bâtiments de grandes hauteurs présentant des niveaux de sous-sols importants.

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans ces formations. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc nul.**

De même, aucune carrière n'est présente au droit de la gare. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

*Masses et Marnes du Gypse :*

Les variations piézométrique de la nappe des Masses et Marnes du Gypse ont été évaluées analytiquement.

Trois piézomètres captant spécifiquement cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Au stade actuel, les mesures piézométriques de deux de ces ouvrages sont disponibles. Le sens d'écoulement supposé est globalement orienté en direction de l'est-nord-est. Le gradient d'écoulement est inconnu, mais au regard de la position de la gare, à flanc de coteau, celui-ci devrait être important (cf. figure ci-dessous).

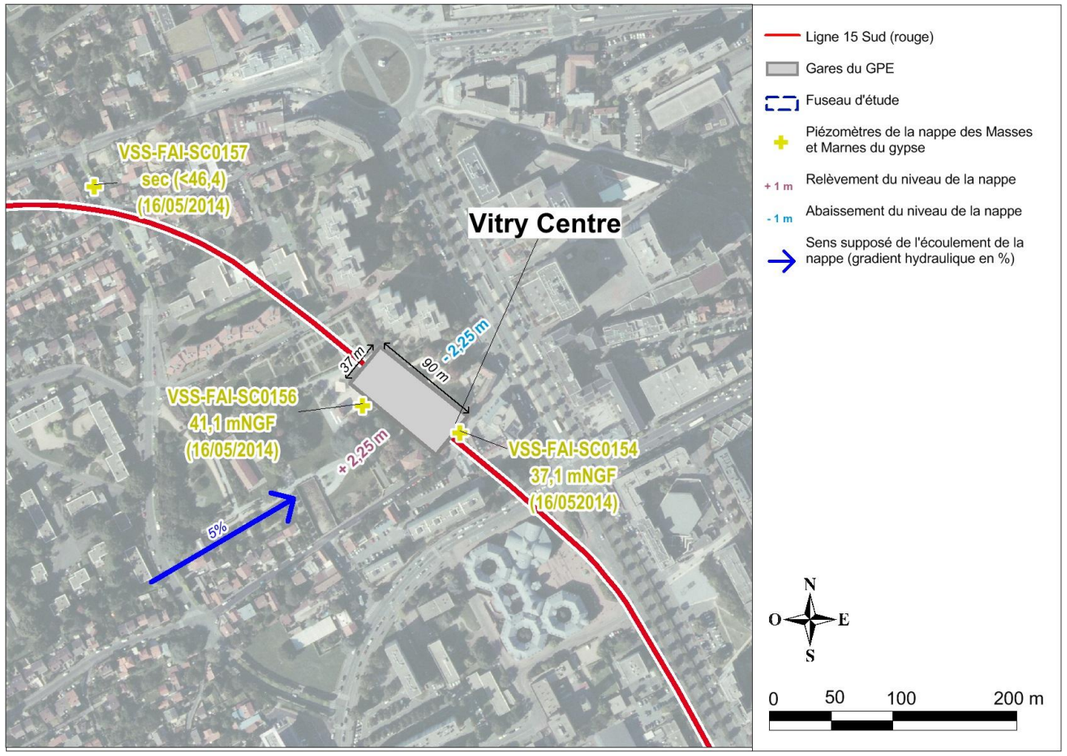
Un calcul analytique a été effectué avec un gradient très important de 5%, mais hypothétique ; la variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

| **GARE DE VITRY CENTRE – Nappe des Masses et Marnes du Gypse** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction de l'est-nord-est** |
| ***i = 5 %*** |
| $\Delta h = 0{,}05.\left(\frac{90}{2}\right)$ <br> $\Delta h = \pm 2{,}25\ m$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 2,25 m** au niveau de la future gare de de Vitry Centre.

Aux abords directs de la gare de Vitry Centre, un nombre important de bâtiments de très grande hauteur (plus de 17 m voire plus de 26 m) rendent le secteur particulièrement sensible et nécessite une attention particulière.

Le secteur de Vitry Centre constitue donc potentiellement un enjeu fort au regard de la typologie de bâti laissant présager un grand nombre de niveaux de sous-sol.




**Évaluation de l'effet barrage de la nappe phréatique au droit de la gare de Vitry Centre**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Toutefois la nappe des Masses et Marnes du Gypse est située à une profondeur relativement importante, aux alentours de 14 mètres. **Les risques de remontée de nappe dans les structures enterrées sont donc faibles.**

Du gypse est présent dans les formations des Masses et Marnes du Gypse. Il a été identifié dans de nombreux sondages à proximité de la gare. **Les risques de dissolution du gypse provoqué par la modification des écoulements souterrains sont donc non négligeables.**

Pour finir, aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Vitry Centre. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

La gare de **Vitry Centre** traversera toute localement toute l'épaisseur des alluvions.

Aucun ouvrage ne capte ce niveau lithologique dans le secteur. Des piézomètres seront réalisés dans les phases ultérieures du projet afin de reconnaitre une éventuelle nappe perchée dans les alluvions.

Cette gare traverse également toute l'épaisseur de l'aquifère des Masses et marnes du Gypse. Le gradient d'écoulement de cette nappe est relativement élevé mais incertain. L'effet barrage provoqué par cette gare est alors potentiellement important. Cette formation contient des niveaux gypseux. Ainsi il conviendra de préciser le gradient hydraulique de cette nappe par la mise en place de piézomètres captant spécifiquement celle-ci.

**Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Vitry Centre sont considérés comme modérés, vis à vis de la présence de niveaux gypseux et la présence de structures enterrées.**

**Plusieurs piézomètres captant spécifiquement le niveau alluvionnaire seront mis en place pour reconnaitre une éventuelle nappe perchée. Des piézomètres supplémentaires, captant la nappe des Masses et Marnes du gypse seront également mis en place afin de préciser le gradient hydraulique de cette nappe et réaliser un calcul plus précis des perturbations des écoulements.**

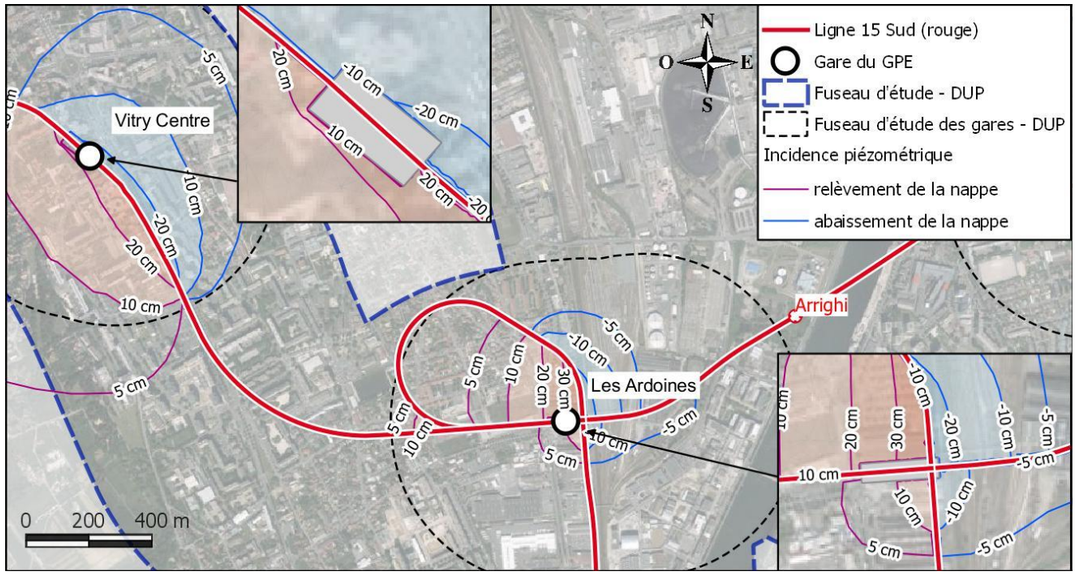
**Ces piézomètres permettront également de surveiller le gradient hydraulique après la phase travaux.**

- ***Gare des Ardoines***

La future gare des Ardoines traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen, qui sont en relation hydraulique sur ce secteur. Les parois moulées de la gare seront ancrées dans le Calcaires Grossier et prolongées par une jupe injectée, puis un fond injecté de 5 mètres d'épaisseur. Une partie de la nappe du Lutétien sera alors occultée.

*Nappe des alluvions (nappe phréatique) :*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



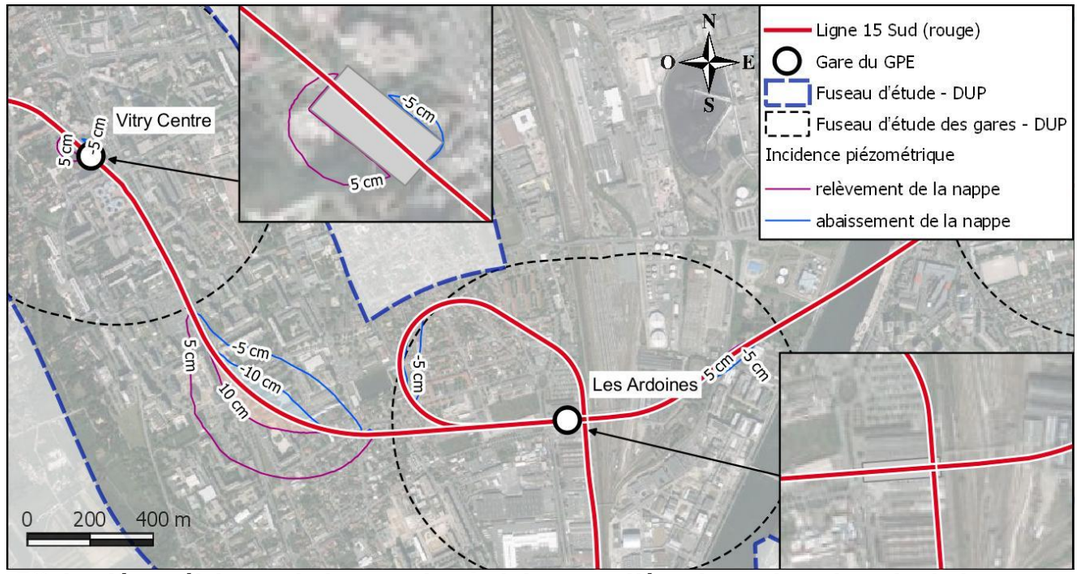

**Effets piézométriques de la gare des Ardoines sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare des Ardoines. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre de 30 centimètres, ce qui est négligeable.

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans la plaine de Vitry. De plus, au niveau de ce secteur, l'axe du tunnel et de la gare sont quasi parallèle à l'axe d'écoulement.

*Nappe du Lutétien :*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare des Ardoines sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est également extrêmement faible dans la nappe du Lutétien. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 centimètres, ce qui est négligeable.

Il convient de noter également un léger effet barrage entre les gares de Vitry Centre et Les Ardoines, d'une dizaine de centimètres. Cet effet barrage se produit car l'écoulement devient quasi perpendiculaire à l'axe du tunnel qui circule dans ce secteur dans les formations du Lutétien.

La gare des **Ardoines** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce faible effet s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

La paroi moulée pénètre localement dans une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe l'effet piézométrique est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

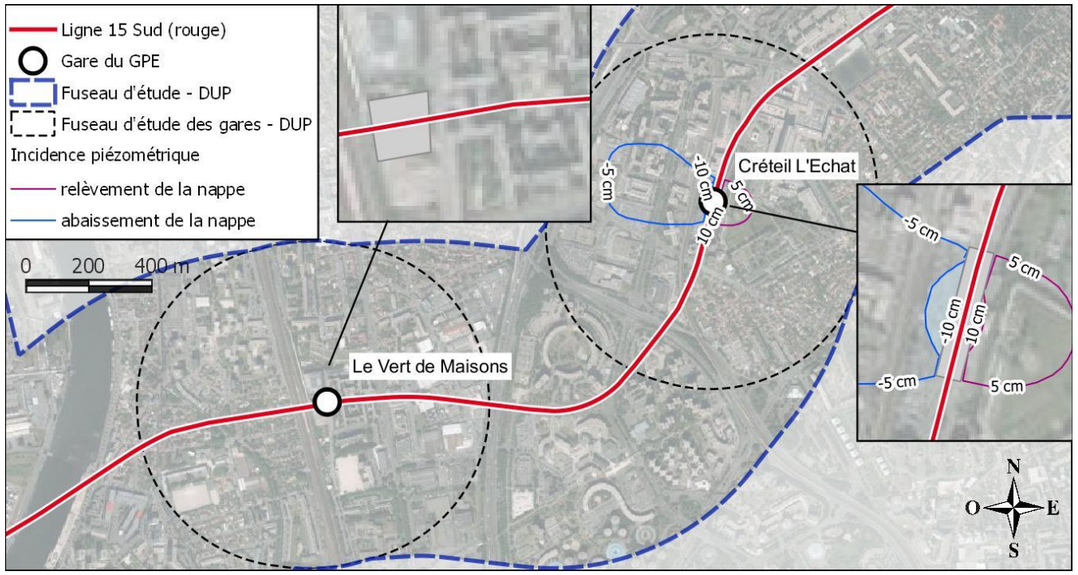
**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur des Ardoines.**

- **<u>Gare du Vert de Maisons</u>**

La future gare du Vert de Maisons traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen. Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans le Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux Argiles Plastiques, très peu perméables.

*<u>Nappe des alluvions (nappe phréatique) :</u>*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



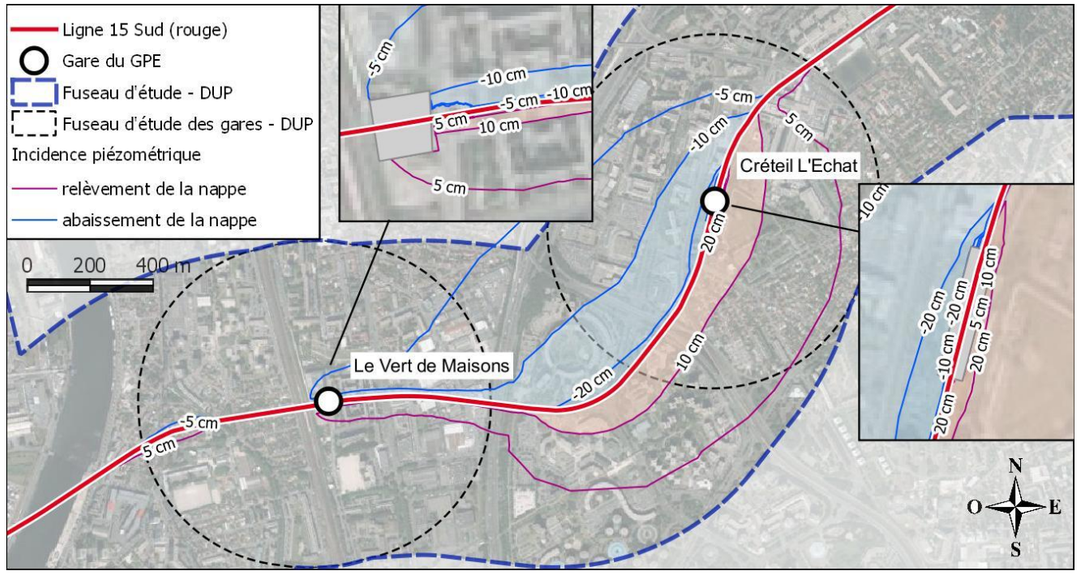

**Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare du Vert de Maisons. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 cm, à proximité immédiate de la gare (non visible sur la figure).

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans la plaine de Vitry.

*Nappe du Lutétien :*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare du Verts de Maisons. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable.

Un effet piézométrique de 10 à 20 centimètres est aussi visible sur une grande partie du tracé entre la Gare du Vert de Maisons et celle des Créteil-L'Echat. En effet, dans ce secteur, le sens d'écoulement de la nappe est presque perpendiculaire au tunnel qui occulte une partie de la nappe du Lutétien.

La gare du **Vert de Maisons** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

La paroi moulée traverse également une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe la perturbation piézométrique attendue est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

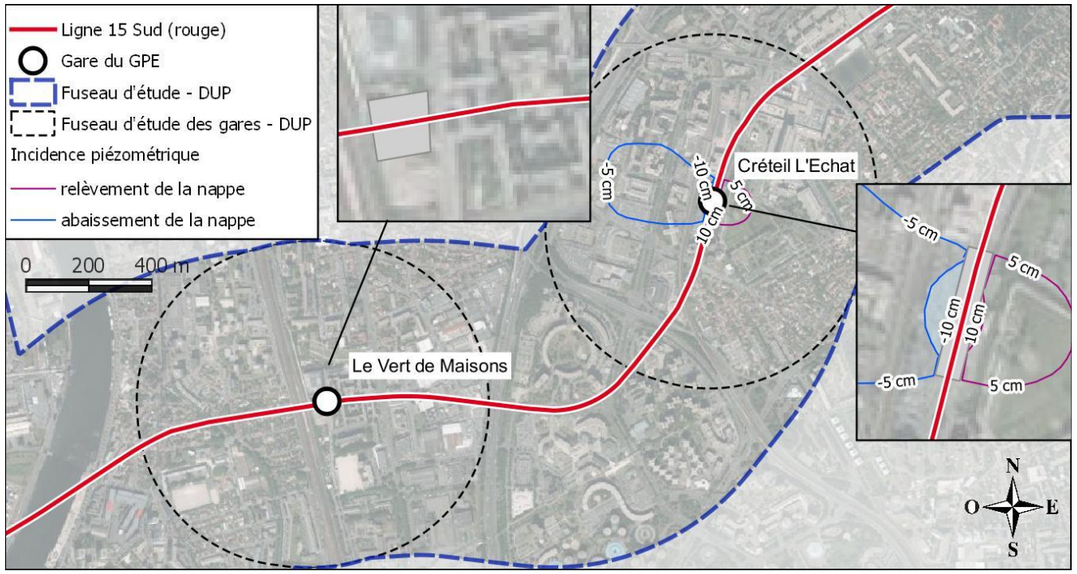
**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur du Vert de Maisons.**

- ***Gare de Créteil-L'Echat***

La future gare de Créteil-L'Echat traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen qui sont en relation hydraulique. Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans le Calcaire grossier et prolongées par une jupe injectée et un fond injecté de 5 mètres d'épaisseur. Ainsi elles pénètreront une partie de l'aquifère du Lutétien.

*Nappe des alluvions (nappe phréatique) :*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



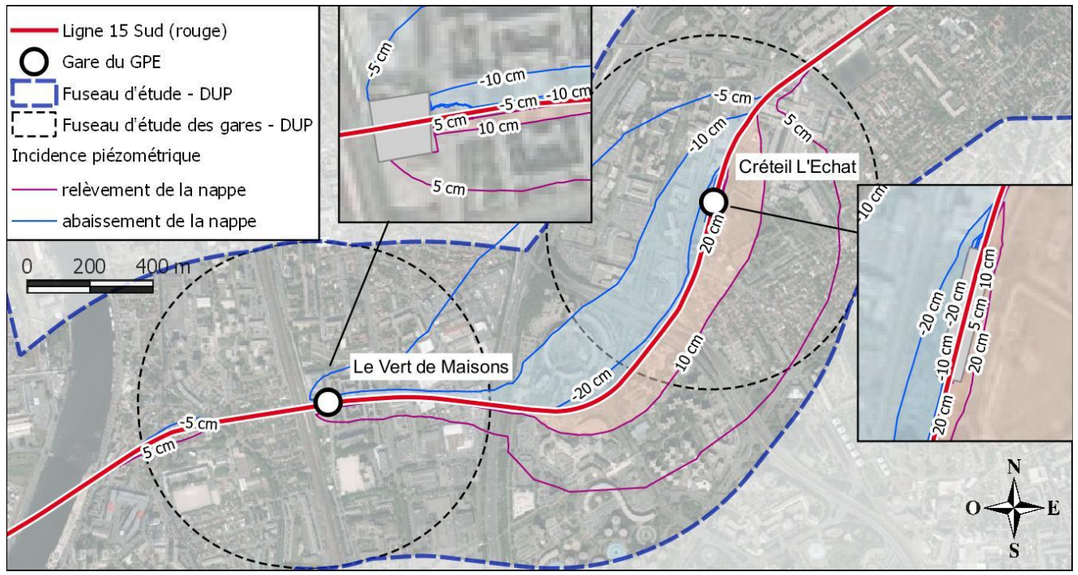

**Effets piézométriques de la gare de Créteil-L'Echat sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare de Créteil-L'Echat. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre d'une dizaine de centimètres, à proximité immédiate de la gare.

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans ce secteur.

*Nappe du Lutétien :*

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare de Créteil-L'Echat. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une vingtaine de centimètres, ce qui est négligeable.

Cet effet piézométrique de 10 à 20 centimètres est aussi visible sur lorsque le tunnel, oscillant dans le Lutétien, est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe.

La gare de **Créteil-L'Echat** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

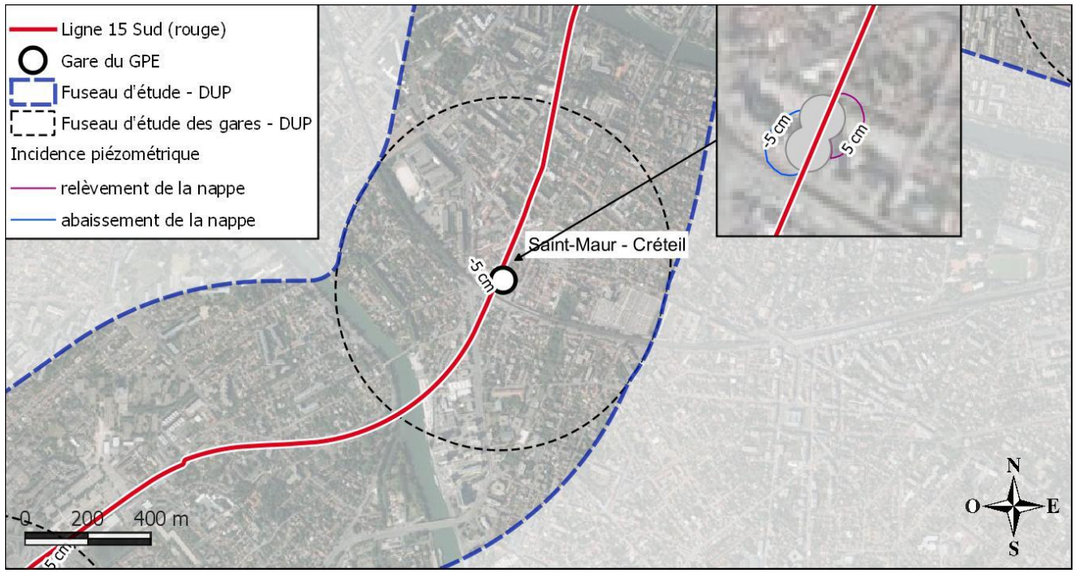
La paroi moulée pénétrera localement dans une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe la perturbation piézométrique attendue est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Créteil-L'Echat.**

- ***Gare de Saint-Maur-Créteil***

La future gare de Saint-Maur-Créteil traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions (nappe phréatique). Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans la Craie saine, sous-jacente aux formations de l'Yprésien peu perméables. Dans ce secteur, le tunnel se situe dans les formations de la Craie.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare de Saint-Maur-Créteil sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est quasi nul à proximité de la gare de Saint-Maur-Créteil. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable.

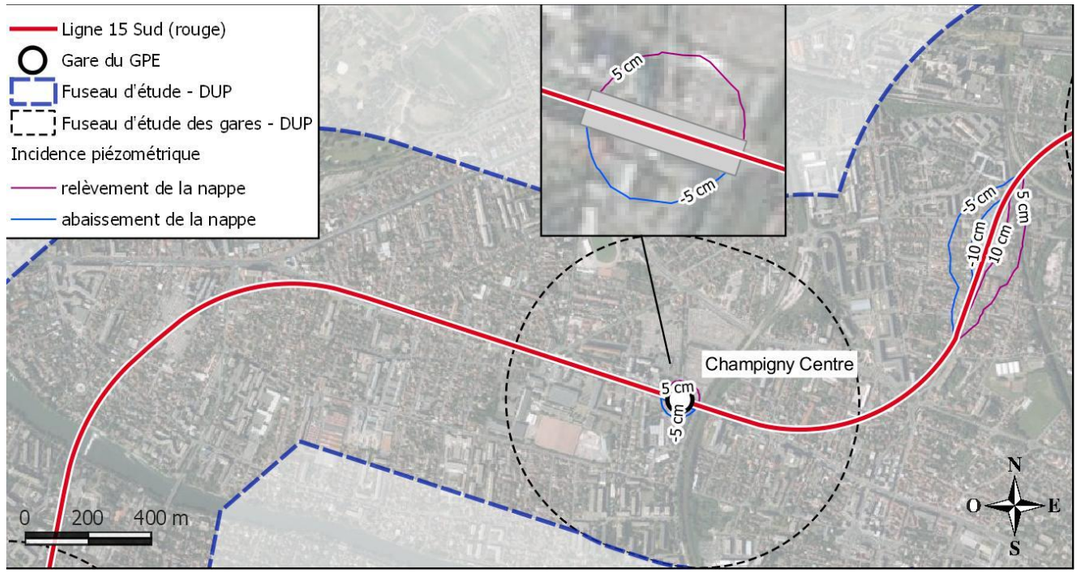
La gare de **Saint-Maur-Créteil** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Saint-Maur-Créteil.**

- ***Gare de Champigny-Centre***

La future gare de Champigny Centre traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions, connectée à celle du Lutétien sous-jacente. Les parois moulées de la gare sont ancrées dans les Fausses Glaises et les Argiles Plastiques sous-jacentes, peu perméables.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du complexe alluvions / Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.




**Effets piézométriques de la gare de Champigny Centre sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien**
**(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)**

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est très faible à proximité de la gare de Champigny Centre pour les nappes des alluvions et du Lutétien. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 centimètres, ce qui est négligeable.

Les enjeux à proximité de cette gare sont faibles (pas de carrière, pas de présence de gypse, profondeur de la nappe supérieur à 7 m).

La gare de **Champigny Centre** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité.

**Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Champigny Centre.**

*e. Secteur du plateau de Champigny avec approche analytique*

Le calcul de l'effet barrage au niveau du plateau de Champigny a uniquement été évalué à l'aide des formules analytiques.

- ***Gare de Bry-Villiers-Champigny***

La future gare de Bry-Villiers-Champigny traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Marnes de Pantin. Les parois moulées de la future gare occulteront également localement la quasi-totalité de l'épaisseur de la nappe des Calcaires de Champigny.

*Nappe des Marnes de Pantin (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :*

Au stade actuel des études, un seul piézomètre captant spécifiquement cette nappe a été mis en place par la Société du Grand Paris au droit de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

Ainsi, le gradient et le sens d'écoulement de la nappe des Marnes de Pantin est inconnu. Toutefois, au vu de la topographie locale, il est fortement probable que cette nappe s'écoule en direction du sud, perpendiculairement à l'axe de la gare. En raison de la position de la gare, située à flanc de coteau, le gradient d'écoulement devrait être élevé.

Dans les phases ultérieures, plusieurs piézomètres supplémentaires, captant spécifiquement la nappe des Marnes de Pantin, seront mis en place autour de la future gare afin d'identifier précisément le sens et le gradient d'écoulement de la nappe.

En considérant un gradient hydraulique très élevé de 5 %, mais hypothétique, la variation du niveau de la nappe peut être calculée comme suit :

| **GARE DE BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY – Nappe des Marnes de Pantin** |
|---|
| **Sens d'écoulement en direction sud-sud-ouest (perpendiculairement à l'axe du tunnel)** |
| ***i = 5 %*** |
| $\Delta h = 0{,}05.\left(\frac{130}{2}\right)$ <br> $\Delta h = \pm 3{,}25\ m$ |

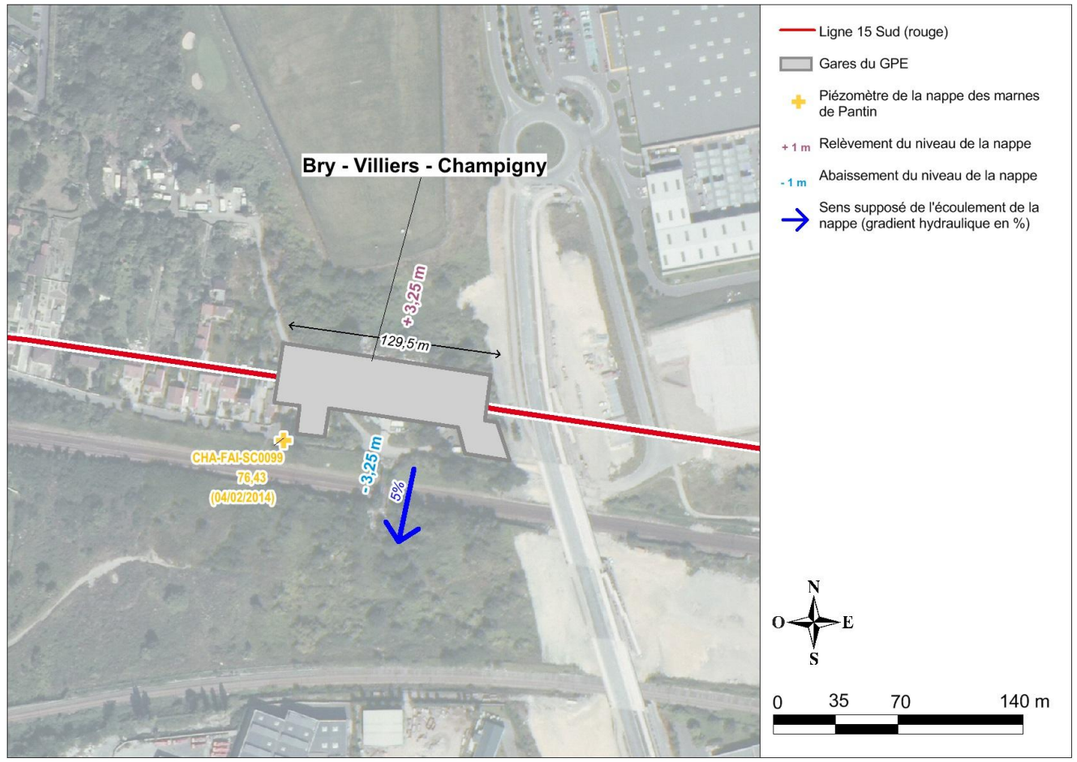
D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 3,25 m** au niveau de la future gare de Bry-Villiers-Champigny. Ce calcul apparait comme très sécuritaire et sera réévalué avec les mesures des piézomètres mis en place lors de la phase ultérieure.

Aux abords directs de la gare, la zone est assez faiblement urbanisée (friches vierges, golf). À 200 mètres à l'est, sur la commune de Villiers-sur-Marne, la typologie de bâti est à dominante de moyenne à grande hauteur. Le recensement des bâtiments dans cette zone a montré l'absence de bâtiments comportant des niveaux de sous-sols.

Cette nappe est située à une profondeur moyenne d'environ 8 mètres. **Le relèvement de la nappe en amont hydraulique de la gare ne devrait donc pas impacter d'éventuelles structures souterraines.**

Des cristaux de gypse ont été identifiés dans un seul sondage au droit de la future gare, dans les marnes d'Argenteuil sous-jacentes. **Toutefois, cette présence très limitée n'induit pas de risque sur d'éventuels phénomènes de dissolution du gypse.**

Pour finir, aucune carrière n'a été identifiée au droit de cette gare. **Le risque vis à vis des carrières est donc nul**.




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

*Nappe du Calcaire de Champigny :*

Au stade actuel des études, trois piézomètres captant cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris à proximité de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

Le sens d'écoulement supposé de la nappe est orienté en direction du sud-sud-est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Celui-ci est relativement imprécis et devrait se situer entre 3 % et 4,4 %.

Il conviendra de mettre en place plusieurs piézomètres supplémentaires captant spécifiquement la nappe des Calcaires de Champigny en amont de la future gare afin de spécifier précisément le sens et le gradient d'écoulement de cette nappe.

La variation du niveau de la nappe peut être calculée comme suit :

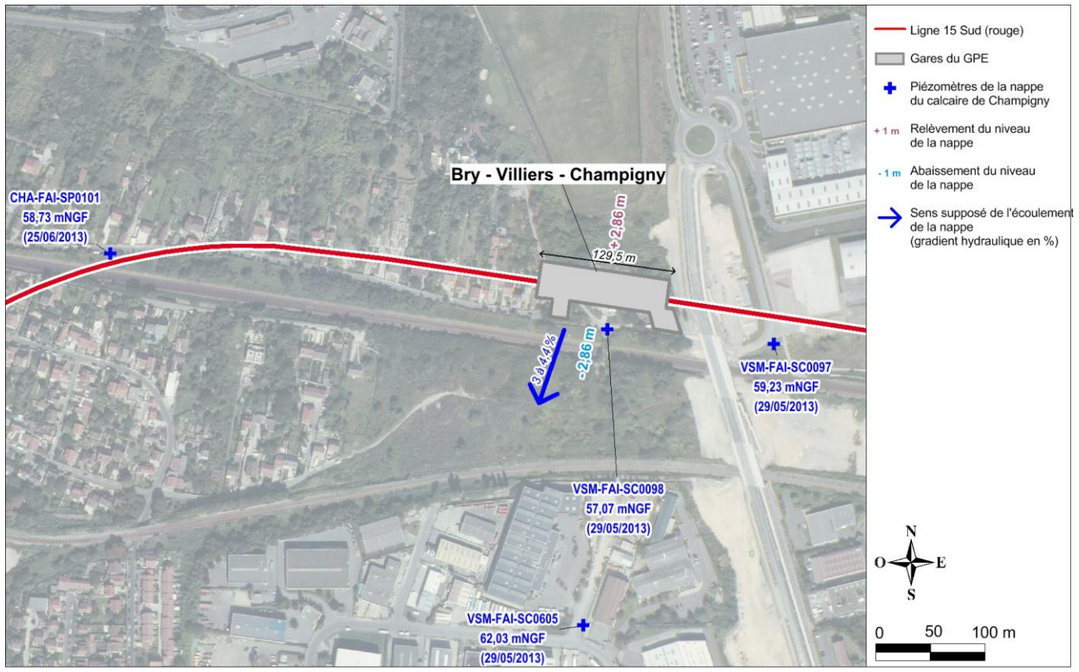
| **GARE DE BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY – Nappe du Calcaire de Champigny** | |
|---|---|
| **Sens d'écoulement en direction sud-sud-ouest (perpendiculairement à l'axe du tunnel)** | |
| ***i = 3 %*** | ***i = 4,4 %*** |
| $\Delta h = 0{,}03.\left(\frac{130}{2}\right)$ <br> $\Delta h = \pm\, \mathbf{1{,}95\ m}$ | $\Delta h = 0{,}044.\left(\frac{130}{2}\right)$ <br> $\Delta h = \pm\, \mathbf{2{,}86\ m}$ |

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 2,9 m** au niveau de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

La nappe du Calcaire de Champigny est située à plus de 20 mètres de profondeur au droit de la future gare. Le relèvement engendré par l'effet barrage au niveau de cette gare n'est pas en mesure d'atteindre les structures souterraines. **L'enjeu vis à vis des structures enterrées est donc nul**.

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Champigny à proximité de la future gare. **Les risques vis à vis du gypse sont donc nuls.**

Aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**




**Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

La gare de **Bry-Villiers-Champigny** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Marnes de Pantin. Les résultats des calculs analytiques montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est potentiellement relativement fort au niveau de cette gare. Toutefois les enjeux sont très faibles à proximité de celle-ci.

Cette gare occultera également localement l'épaisseur de la nappe du Calcaire de Champigny. Malgré un fort effet barrage, lié au gradient de la nappe relativement important au droit de celle-ci, les risques sont faibles.

**Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny sont considérés comme faibles. Plusieurs piézomètres, captant spécifiquement la nappe des Marnes de Pantin, seront toutefois mis en place afin de vérifier le gradient hydraulique avant la phase travaux.**

- ***Gare de Noisy-Champs***

La future gare de Noisy-Champs traversera localement toute l'épaisseur de l'aquifère du Calcaire de Brie.

Au niveau de la gare de Noisy-Champs, deux piézomètres captant la nappe superficielle du Calcaire de Brie ont été mis en place par la Société du Grand Paris. Trois mesures piézométriques supplémentaires, issues de la Banque de Données du Sous-sol sont également disponibles. Les données piézométriques trop peu nombreuses ne permettent pas de donner précisemment le sens d'écoulement et le gradient hydraulique de la nappe du Calcaire de Brie.

Toutefois, elles laissent présager un sens d'écoulement parallèle à la topographie, ce qui est conforme aux directions d'écoulement généralement observées dans ce type d'aquifèr perché. La longueur de la gare étant orientée parallèlement à la pente topographique, l'écoulement général de la nappe du Calcaire de Brie pourrait donc être parallèle à la gare, ce qui est favorable du point de vue de l'effet barrage.

Toutefois, en raison de la longueur importante de la structure enterrée de cette gare (500 m), un faible angle de la nappe par rapport à l'axe de la gare serait susceptible un effet barrage non négligeable. Une vigilence particulière sera donc apportée par rapport à l'effet barrage potentiellement engendré par cette gare.

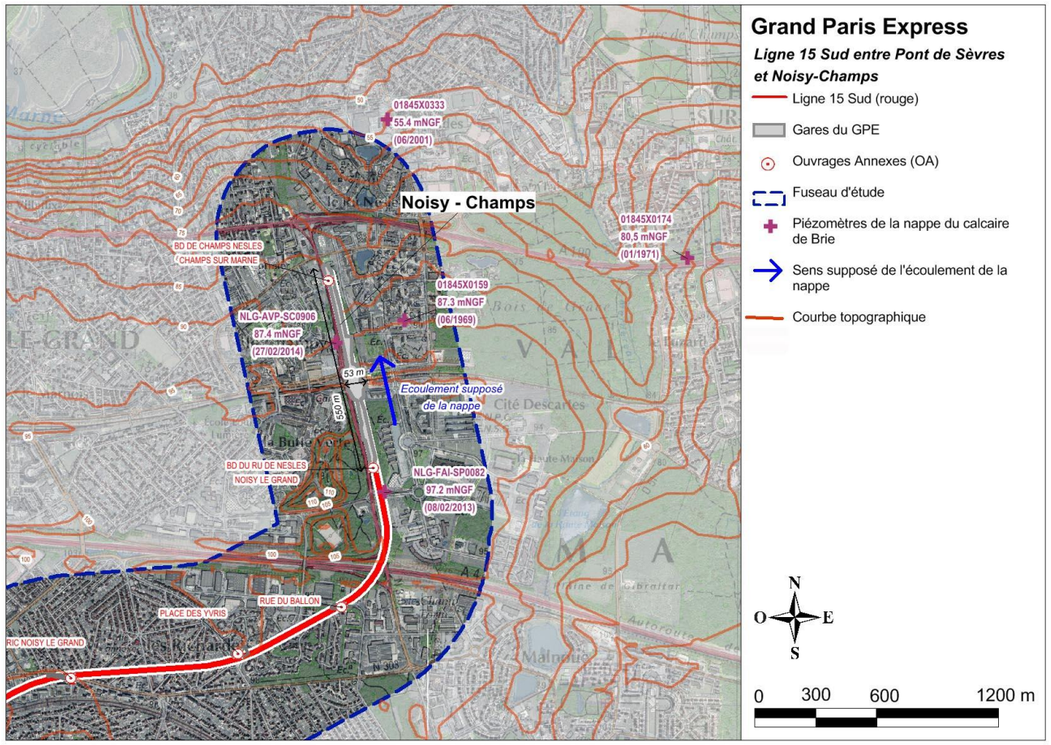
Ainsi, des piézomètres complémentaires seront réalisés dans les phases ultérieures le long de cet ouvrage pour mesurer précisément le gradient de la nappe et ainsi évaluer précisemment l'effet barrage potentiellement engendré par l'obstacle

Le secteur de Noisy-le-Grand est hétérogène en termes de typologie de bâti. Il est bordé, à l'est, par le Campus Descartes de l'Université de Marne-la-Vallée, et à l'Ouest, par le Parc de la Butte Verte et le Quartier du Champy. Le Campus Descartes ne présente pas de bâtiment de très grande hauteur (R+5 maximum). Cependant le nombre de niveaux de sous-sol peut s'avérer important et constitue donc un point de surveillance.

À l'ouest, des immeubles de grande hauteur sont recensés. Ceux-ci peuvent présenter un nombre de niveaux de sous-sol important. L'enjeu est relativement fort au niveau de cette gare.

Au Sud, les bâtiments sont caractéristiques d'une zone d'habitat individuel, type pavillonnaire. Aucun élément remarquable n'a été recensé. Les enjeux sont donc inexistants au niveau du sous-sol dans ce secteur.

Cette nappe est située à faible profondeur (4 m de profondeur environ). L'enjeu bâti vis-à-vis de l'effet barrage est donc considéré comme globalement fort du fait de la faible profondeur de la nappe aux alentours de la gare.




**Contexte hydrogéologique au droit de la gare de Noisy-Champs**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

Si à la suite des études complémentaires l'effet barrage s'avère conséquent et est en mesure d'avoir un impact sur les infrastrucutures environnantes, un système de régulation destiné à restituer, autant que possible, une transparence hydraulique dans les écoulements souterrains sera mis en place au niveau de l'ouvrage souterrain.

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans les sondages réalisés aux alentours de la gare. **Les risques vis à vis du gypse sont donc faibles.**

Cette zone ne comporte pas de carrières. **Les risques vis à vis des anciennes carrières sont donc nuls.**

La gare de **Noisy-Champs** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe Calcaires de Brie, située à faible profondeur. Les mesures piézométriques disponibles ne permettent pas de définir précisemment le sens et le gradient d'écoulement de la nappe, mais laissent présager un sens d'écoulement parallèle à la topographie et à la longeur de la gare. En raison de la longueur importante de l'ouvrage, un faible angle d'écoulement provoquera un effet piézométrique potentiellement fort au niveau de cette gare. Les enjeux sont non négligeables à proximité de cette gare avec la présence de tours de grande hauteur pouvant présenter des niveaux de sous-sol.

**Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Noisy-Champs sont potentiellement importants. Plusieurs piézomètres, captant spécifiquement la nappe Calcaires de Brie, seront mis en place afin de mesurer précisément le gradient d'écoulement de la nappe et permettre ainsi de quantifier plus précisément l'effet barrage.**

**Un modèle local sera mis en place afin d'évaluer le risque d'inondation des infrastructures souterraine qui seront recensées et de tester l'efficacité des mesures de réduction si nécessaire.**

### *1.6.5.4 Études complémentaires et mesures de réduction éventuelles*

Des doutes subsistent quant au sens d'écoulement et/ou au gradient de certaines nappes. Dans le cas où les enjeux sont non négligeables, des piézomètres supplémentaires seront mis en place dans les phases ultérieures du projet afin de pouvoir quantifier plus précisément l'effet barrage avant les travaux. C'est notamment le cas :

- **de la nappe des Sables de Fontainebleau au droit de la gare de Villejuif IGR**. Les enjeux sont non négligeables au droit de cette gare, des niveaux de remblais de qualité médiocre pouvant être mis en eau ;

- **de la nappe des Calcaires de Brie au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon**. En effet, cette nappe est située à faible profondeur et des infrastructures souterraines sont potentiellement présentes sur ce secteur ;

- **de l'éventuelle nappe des alluvions au niveau de la gare de Vitry Centre**. Les enjeux sont non négligeables à proximité de cette gare du fait de la possible présence de niveaux enterrés profonds. Des piézomètres, captant spécifiquement cette nappe seront alors mis en place dans les phases ultérieures.

- **de la nappe des Marnes de Pantin au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny.** Toutefois, les enjeux à proximité de cette gare sont faibles (absence de structures enterrées, absence de carrières et de niveaux gypseux) ;

- **de la nappe des Calcaires de Brie au niveau de la gare de Noisy-Champs**. En raison de la longueur importante de la structure enterrée de cette gare, les effets barrages peuvent être importants si l'écoulement est non parallèle à celle-ci. L'enjeu est non négligeable dans ce secteur du fait de la présence de nombreux immeubles de grande hauteur. Des piézomètres seront alors mis en place sur tout le pourtour de la gare.

L'objectif de ces études complémentaires est de préciser les sens et gradients d'écoulement afin de pouvoir quantifier plus précisément l'effet barrage dans les secteurs où l'enjeu est non négligeable. Cette quantification sera réalisée avec des modèles locaux d'écoulement de la nappe considérée. Si les résultats des calculs montrent des effets barrages significatifs et susceptibles d'engendrer des désordres, des mesures de réduction seront étudiées. Leur efficacité sera testée par calcul.

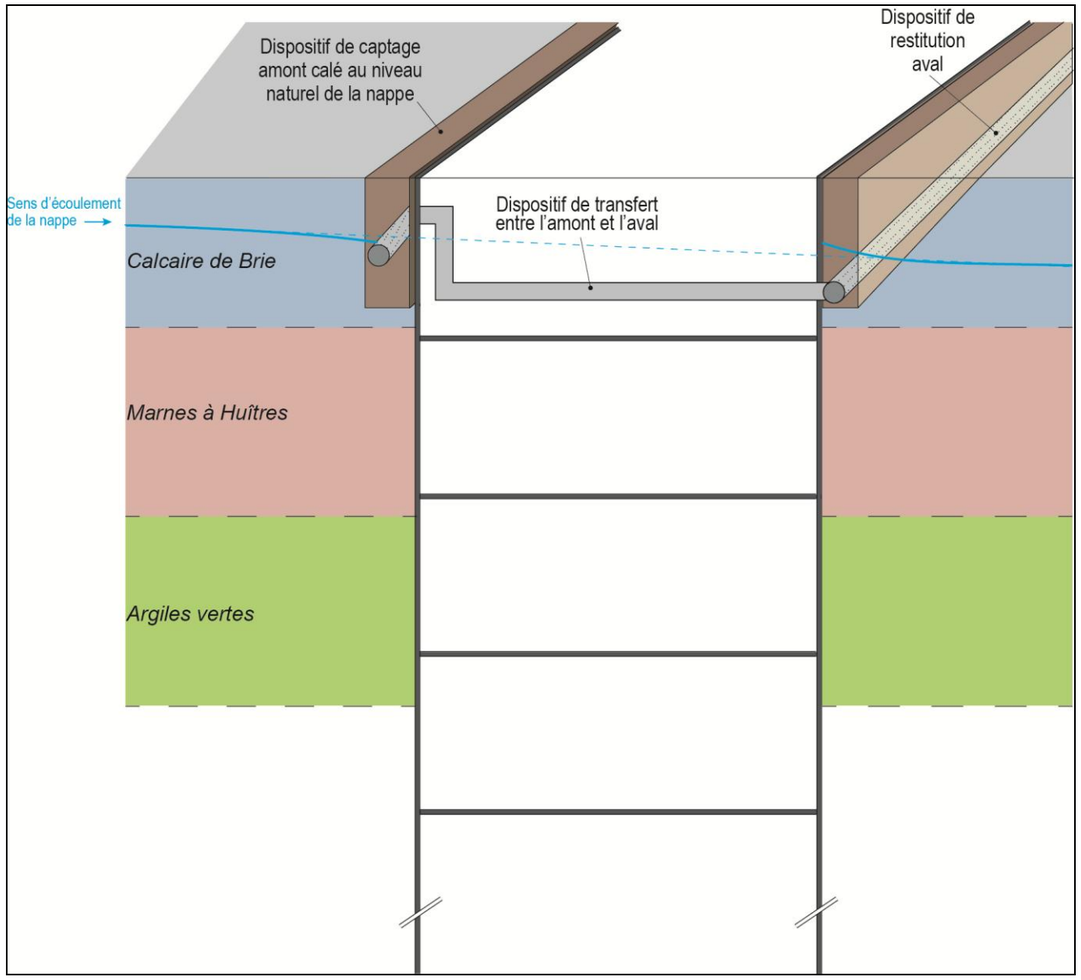
Il s'agit notamment de systèmes de régulation destinés à restituer, autant que possible, une transparence hydraulique dans les écoulements souterrains.

Un tel système de régulation est généralement composé :

- d'un **dispositif de captage** situé en amont hydraulique de l'obstacle, calé au niveau naturel de la nappe. Ce dispositif de captage peut s'agir d'une tranchée drainante comprenant un drain de captage, de tubes crépinés verticaux reliés à un drain horizontal, de barbacanes,...

- d'un **dispositif de transfert** entre l'amont et l'aval. Ce dispositif de transfert correspond généralement à une canalisation en tube plein qui peut passer au travers de l'ouvrage, sous un plancher par exemple ;

- d'un **dispositif de restitution** en aval qui peut correspondre à une tranchée comprenant un drain de restitution, des tubes verticaux,...




**Schématisation d'un dispositif de captage et de restitution des eaux souterraines**
**(Figure réalisée par BURGEAP)**

### *1.6.5.5 Mesures de suivi*

Des piézomètres de suivi seront mis en place autour de chaque gare. Le nombre de piézomètres mis en place dépendra de la sensibilité de l'ouvrage à l'effet barrage. A minima, un piézomètre captant la nappe phréatique sera mis en place à l'amont de chaque gare. Le réseau de piézomètres sera défini en mutualisant les besoins de suivi en raison des différents effets piézométriques attendus et notamment l'abaissement piézométrique en phase travaux.

Les piézomètres qui seront mis en place seront suivis sur une période suffisamment longue (au minimum deux ans) après la mise en place des parois moulées, pour vérifier les effets piézométriques réellement engendrés par le projet.

Ces ouvrages feront l'objet d'un suivi régulier, avec des mesures manuelles mensuelles.

À partir de ces mesures, il sera alors vérifié si l'effet barrage mesuré est conforme aux prévisions.

### 1.6.6 Impact de la construction et de l'exploitation du projet sur la qualité des eaux souterraines - mise en communication de nappes

Ce chapitre traite spécifiquement de l'analyse des dispositions prévues de sorte à ce que le projet ne constitue pas une source de pollution de nappe ou ne soit pas à l'origine de mise en communication de nappes.

Les conséquences éventuelles des pompages d'épuisement sur la migration des pollutions d'eau souterraine existantes alentours sont évaluées dans le chapitre «Impacts liés aux effets piézométriques des débits d'épuisement en phase travaux et de la récupération des eaux d'infiltration en phase définitive et mesures associées » sur la base des résultats de modélisation.

#### *1.6.6.1 Rappel des enjeux qualitatifs liés à la présence d'ouvrages traversant plusieurs aquifères*

Le contexte hydrogéologique francilien est caractérisé par une superposition de différents grands ensembles aquifères contenant une ou plusieurs nappes séparées par des horizons peu perméables à semi-perméables. Chacune de ces différentes nappes a des caractéristiques physico-chimiques qui lui sont propres. De plus, les nappes les plus superficielles sont naturellement plus exposées aux pollutions potentielles venant de l'activité humaine en surface et les nappes plus profondes sont naturellement bien protégées de ces mêmes pollutions.

De par son tracé, le tunnel de la Ligne 15 Sud va nécessairement traverser plusieurs nappes qui sont naturellement assez bien individualisées. Au niveau des gares et en fonction de leur profondeur, plusieurs nappes sont susceptibles d'être traversées par l'intermédiaire notamment des parois moulées.

Les **effets possibles** d'une mise en communication artificielle de nappes par l'intermédiaire du projet peuvent être les suivantes :

- transfert d'une pollution d'une nappe contaminée vers une nappe saine ;
- modifications des caractéristiques physico-chimiques des nappes concernées ;
- perturbations piézométriques liées à la vidange d'une nappe vers une autre à savoir baisse du niveau piézométrique de la nappe « vidangée » et relèvement piézométrique de la « nappe rechargée » et toutes les conséquences associées ;
- déclenchement ou accélération du phénomène de dissolution du gypse par la mise au contact artificielle d'une nappe au fort potentiel de dissolution avec des formations contenant des niveaux gypseux.

Les **enjeux** susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- les exploitations d'eau souterraine ;
- les ressources en eau « saines » en elle-même en tant que « patrimoine commun » ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple.

La sensibilité du milieu à ces phénomènes de mise en communication de nappes dépend essentiellement de l'**aléa** à savoir :

- l'existence de différentes nappes superposées et individualisées ;
- la présence de niveaux gypseux dans des formations situées sous un niveau d'eau souterraine.

Par ailleurs, phénomène de mise en communication des nappes mises à part, un projet de construction de métro souterrain interceptant des nappes suppose nécessairement :

- la mise en contact locale de « matériaux » de construction (béton et boues de forages entre autres) avec l'eau souterraine ;
- l'extraction locale des terrains de couverture naturels des nappes lors du terrassement des gares et des ouvrages annexes.

Ainsi, des impacts qualitatifs sur les eaux souterraines sont toujours possibles lors de la réalisation de travaux souterrains. Pour ce risque spécifique, l'**ensemble du tronçon** a été qualifié de **sensibilité modérée** car tout le tronçon est potentiellement concerné par une interférence entre projet et l'eau souterraine mais aucun usage d'eau souterraine n'est particulièrement sensible (production d'eau potable par exemple) n'est recensé aux alentours de la Ligne 15 Sud.

Le tableau ci-dessous est issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la mise en communication de nappes et à l'impact qualitatif lié à la réalisation d'un projet de métro souterrain.

| Secteurs concernés | Niveau de sensibilité |
|---|---|
| **Secteur de la boutonnière de Boulogne** | Présence d'une seule nappe dans les 100 premiers mètres mais contenue dans deux formations géologiques superposées (alluvions et craie). La sensibilité associée à la mise en communication de nappes reste faible |
| | Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles |
| **Secteur du plateau d'Issy à Cachan** | Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet |
| | Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles |
| **Secteur du plateau de Villejuif** | Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet |
| | Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles |
| **Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)** | Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet |
| | Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles |
| **Secteur du plateau de Champigny** | Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet |
| | Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles |

*Légende :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Sensibilité faible* | *Sensibilité modérée* | *Sensibilité forte* |

**Hiérarchisation de la sensibilité liée à la mise en communication des nappes**
**(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)**

### *1.6.6.2 Méthodologie d'évaluation des impacts de la construction du projet sur la qualité des eaux souterraines et le risque de mise en communication des nappes*

La préservation de la qualité des eaux est un engagement fort pris la Société du Grand Paris qui fait partie intégrante des critères de conception du projet. La prise en compte et le respect de cette exigence forte sont assurées par une démarche d'écoconception se traduisant par :

- un rapport d'écoconception ;
- un plan de management environnemental (PME) ;
- un plan de management et de réduction des nuisances de chantier par ouvrage.

Cette démarche consiste à identifier et proposer des actions d'amélioration du projet ou du programme sous l'angle environnemental dans une perspective de développement durable. Il est entendu que ces améliorations doivent porter sur des progrès allant au-delà de la réglementation applicable ; le respect de la réglementation, y compris environnementale, étant un impératif du programme.

**En ce qui concerne le milieu eau, le premier engagement de la société du Grand Paris consiste à la maîtrise des pollutions à la source.**

En revanche, les conséquences éventuelles des pompages d'épuisement sur la migration des pollutions d'eau souterraine alentours sont évaluées dans le chapitre «Impacts liés aux effets piézométriques des débits d'épuisement en phase travaux et de la récupération des eaux d'infiltration en phase définitive et mesures associées » sur la base des résultats de modélisation.

Le projet, en lui-même, a été conçu en phase travaux et d'exploitation pour ne pas être à l'origine d'une pollution des eaux et d'une mise en communication d'aquifères. De ce fait, l'évaluation des impacts du projet sur la qualité des eaux souterraines et sur le risque de mise en communication de nappes a consisté à réaliser une analyse de la pertinence des mesures prévues pour éviter tout impact.

### *1.6.6.3 Mesures d'évitement de l'impact du projet sur la qualité des eaux souterraines*

*a. Principe constructif*

La mise en place de parois moulées et de solutions complémentaires pour réduire le débit d'épuisement préalable à la réalisation des creusements pour les gares et les ouvrages annexes permettra d'isoler tout ou partie des nappes traversées.

Dans le cas de figure où les parois moulées seront ancrées dans des terrains argileux, celles-ci constitueront une barrière étanche entre la zone de travail et le milieu souterrain. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle de très faibles débits d'épuisement seront récoltées malgré une profondeur importante de pénétration de l'ouvrage sous le niveau de la nappe.

Dans les cas de figure où les parois moulées ne pourront atteindre un horizon suffisamment peu perméable, il sera nécessaire de réaliser un pompage d'épuisement pour travailler à sec malgré les dispositions prises pour réduire autant que possible ce débit d'épuisement (jupes injectées, bouchon injectés par exemple). Ce pompage d'épuisement sera réalisé jusqu'à que l'ouvrage soit devenu étanche vis-à-vis des eaux souterraines. Il constituera donc également un pompage « de fixation » d'une éventuelle pollution accidentelle venant de la surface. En effet, une éventuelle pollution au niveau du fond de fouille serait interceptée par les ouvrages d'épuisement destinés à assurer la mise au sec du chantier et donc ne pourrait migrer dans le milieu souterrain. La qualité des rejets sera régulièrement suivie. En cas de pollution accidentelle, un contrôle

renforcée sera effectué avant le point de rejet dans le milieu et des mesures correctives seront mises en place si nécessaire.

Les ouvrages de rabattement de nappe seront réalisés conformément aux règles de l'art comme décrit au chapitre « *Présentation des systèmes d'épuisement d'eau de nappe pour réaliser les ouvrages en phase travaux et mesures associées* » afin que ceux-ci ne constitue pas un vecteur d'une contamination potentielle de la surface d'une vers les eaux souterraines sous la zone de travail.

*b. Organisation du chantier*

Le responsable environnement de l'équipe de maîtrise d'œuvre du chantier s'assurera de la prise en compte des enjeux liés à la pollution de l'eau souterraine en validant (VISA) les plans d'installation de chantier fournis par les entreprises.

*c. Matériaux mise en œuvre*

Les matériaux mise en œuvre qui seront au contact avec le milieu souterrain sont principalement les boues de forage et les bétons.

- ***Boues de forage***

Afin de stabiliser les travaux de parois moulées et d'excavation du tunnel (dans le cas d'utilisation d'un tunnelier à pression de boue), des boues de forage seront employées.

Les boues de forage seront principalement à base de bentonite, activée et éventuellement avec adjuvants selon la nature des terrains. La bentonite est une poudre minérale, essentiellement à base de smectites ; groupe d'argiles qui présentent des propriétés spécifiques.

Afin d'éviter toute pollution des eaux de nappe dans les secteurs sensibles, il sera demandé aux entreprises d'utiliser des adjuvants biodégradables assurant le caractère inerte et non polluants des boues de forages.

- ***Béton***

Le béton est un matériau essentiellement minéral qui peut être considéré comme inerte vis-à-vis de l'eau souterraine. Toutefois, lors de sa prise il se produit une réaction exothermique (qui dégage de la chaleur) qui pourrait donc légèrement, localement et provisoirement modifier la température de l'eau souterraine. De plus, il est possible que le pH de l'eau souterraine augmente légèrement au moment de la prise. Cette augmentation possible de pH locale n'est pas de nature à engendrer un impact significatif de la qualité de l'eau souterraine.

L'huile de décoffrage qui sera utilisée sera à base végétale.

- ***Dispositions relatives à la gestion et l'entretien des matériels***
- l'entretien des engins sera réalisé sur des aires spécialement aménagées (par exemple sur des surfaces étanches ou dans un espace confiné soit étanche soit comprenant un système permettant le traitement) ;

- le stockage des produits polluants sera réalisé à l'abri de la pluie et dans des conditions telles qu'ils ne pourront pas être mélangés et polluer le sol. Ces substances toxiques ainsi récupérées seront collectées par des entreprises spécialisées qui en assureront le transfert, le traitement et l'élimination ;

- la vidange de matériel sera interdite sur le site.

- une aire de lavage sera mise en place avec un bac de décantation pour les bennes à béton, toupies et roues de camions.

La mise en œuvre de l'ensemble de ces éléments permettra d'assurer une préservation efficace de la qualité des eaux souterraines.

### *1.6.6.4 Mesures d'évitement prévues par le projet sur la mise en communication de nappes*

*d. Tunnel*

De par sa position et son diamètre (10 mètres), le tunnel va localement se situer entre deux nappes. La carte réalisée à partir de la coupe géologique du profil en long déduite de l'analyse géologique fine des sondages des missions G1 et G2 permet de visualiser les secteurs où le tunnel traversera deux nappes. Plusieurs secteurs sont concernés sur tout le tronçon. Il est donc indispensable que le tunnel ne soit pas à l'origine d'une mise en communication entre ces nappes aussi bien lors de la phase travaux que pendant la phase d'exploitation.

Grâce à la méthode de creusement au tunnelier avec chambre de confinement, le tunnelier s'affranchit des charges d'eau et réalisant l'étanchéification de l'ouvrage au fur et à mesure de son avancement. En effet, l'excavation du terrain est réalisée par le tunnelier au moyen de la rotation de la roue de coupe par phases successives correspondant à la longueur d'un voussoir (éléments préfabriqués en béton assemblé pour former la voûte). Le marinage (déblais) est évacué par bande transporteuse du tunnel jusqu'au puits de lancement du tunnelier où les déblais sont temporairement stockés ou évacués dans des sites de stockages spécifiques.

Après l'excavation, les voussoirs sont positionnés sur le pourtour du tunnel grâce à un érecteur. Les anneaux sont munis d'un dispositif d'étanchéité (joints étanches). Le diamètre excavé est toujours plus grand que le diamètre extérieur (extrados des voussoirs). Ainsi, en parallèle de l'excavation, des injections de bourrage comblent le vide annulaire présent entre l'extrados des voussoirs mis en place et le terrain. Ce mortier de bourrage doit permettre un parfait contact entre les voussoirs et le terrain en place et assure donc à l'étanchéité de l'espace annulaire. L'épaisseur de l'espace constitué par les voussoirs et le mortier de bourrage est de 40 cm environ.

Le tunnelier est donc une technique qui permet d'éviter la mise en communication de nappes à l'avancement en phase de creusement et en phase d'exploitation. Cette technique est donc tout à fait adapter au contexte hydrogéologique de la Ligne 15 Sud.

*e. Ouvrages annexes et gares*

Sur tout le tronçon les ouvrages annexes et les gares, réalisées depuis la surface, traverseront pour la plupart deux ou plusieurs nappes superposées.

Préalablement au terrassement des ouvrages et des gares, des parois moulées seront réalisées depuis la surface (ainsi que des solutions complémentaires de réduction du débit d'épuisement lorsque nécessaire).

Une paroi moulée est un écran en béton armé moulé dans le sol. La stabilité de la tranchée pendant les opérations de forage, de ferraillage et de bétonnage est obtenue avec un fluide de perforation appelé boue. La boue est fabriquée avec de la bentonite qui est une argile. Elle forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche appelé cake qui lui permet de ne pas percoler dans le terrain et d'assurer la pression hydrostatique qui s'oppose à l'éboulement des parois. Ainsi, durant la foration de la paroi, la pression de boue de forage est toujours supérieure à la pression de la nappe ce qui permet d'éviter que les nappes se mélangent. Une fois que le panneau de la paroi a atteint sa profondeur souhaitée, un tube plongeur est descendu en pied pour l'injection de béton. In fine, le béton assure l'étanchéité du panneau de paroi sur toute sa hauteur.

La paroi moulée forée à la boue permet donc d'éviter la mise en communication des nappes lors de la construction et en phase exploitation.

#### *1.6.6.5 Mesures de suivi*

Il n'est pas attendu d'impacts spécifiques sur la qualité des eaux souterraines liées à la construction ou à l'exploitation du projet. Néanmoins, diverses mesures de suivi seront mises en œuvre afin de vérifier que le projet n'est pas à l'origine d'impacts qualitatifs sur les eaux souterraines :

- Mise en place de piézomètres de surveillance à l'intérieur à l'extérieur de chaque ouvrage annexe ou gare permettant un suivi qualitatif des eaux souterraines. Le protocole de surveillance sera adapté en fonction du contexte de chaque ouvrage (cf. chapitre épuisement) ;

- réalisation d'analyses régulières des eaux d'exhaure avant rejet. Le protocole de surveillance sera adapté en fonction des solutions de rejet identifiés et de la qualité initiale attendue des eaux d'exhaure (cf. chapitre impacts rejet) ;

- en phase de creusement du tunnelier, différents paramètres seront suivis afin de s'assurer de l'efficacité de l'injection de mortier de bourrage (quantité de mortier injecté, pression d'injection etc…) ;

- lors de la réalisation des parois moulées, de multiples paramètres sont surveillées comme la vitesse d'avancement, la quantité de boue de forage utilisée et la quantité de béton mis en place, la géométrie des panneaux... Ces multiples contrôles ont pour objectif de s'assurer que la paroi moulée est parfaitement réalisée et joue bien son rôle mécanique d'une part et d'écran étanche d'autre part ;

Une fois les travaux terminés, l'étanchéité du tunnel et des ouvrages pourra être contrôlé par inspection et par la mesure de débit des eaux d'infiltration résiduelles. Si des anomalies sont constatées sur le débit récolté, des traitements complémentaires par injection seront réalisés.

### 1.6.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'hydrogéologie

Le tableau suivant synthétise pour chaque gare :

- les principaux aléas et enjeux hydrogéologiques identifiés ;

- les principales solutions techniques mises en œuvre pour éviter ou limiter les impacts ;

- une synthèse des impacts résiduels hydrogéologiques attendus ainsi que la section du rapport où cet impact est traité.

| *Critères à enjeu* | *Caractéristique de l'impact* | *Mesures mises en œuvre* |
|---|---|---|
| ***« Hydrogéologie »*** | ***<u>Abaissement du niveau piézométrique</u>*** | |
| | **<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u>**<br>La forte productivité de la nappe et la profondeur du projet implique des débits d'épuisement potentiels non maitrisables sans dispositions constructives particulières. | Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans la Craie saine peu perméable. L'abaissement piézométrique résiduel en phase travaux évalué avec ces parois moulées est très limité du fait de la réduction du débit d'épuisement.<br>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs. |
| | **<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u>**<br>L'aquifère est modérément productif et peu exploité mais le débit d'épuisement est susceptible d'être important sans dispositions particulières du fait de la profondeur du projet. | Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques.<br>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs |
| | **<u>Secteur du plateau de Villejuif</u>**<br>Aquifère de faible productivité.<br>Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe. | Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables ou désaturés. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques.<br>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs. |
| | **<u>Secteur de la plaine de Vitry</u>**<br>Compte tenu de la présence :<br>- D'un aquifère productif.<br>- De nombreuses exploitations d'eau souterraine.<br>- De la présence de niveaux de gypse anté-Ludien.<br>- De la présence locale de couches géologiques sensibles au tassement.<br>- De la contamination locale avérée de l'eau souterraine.<br>- De la profondeur du projet,<br><br>Il n'est pas envisageable de mettre en œuvre des pompages en phase travaux sans dispositions constructives permettant de réduire les débits d'épuisement. Ces derniers restent significatifs malgré les solutions constructives de réduction au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi.<br><br>Impact des nappes du Calcaire Grossier, des Alluvions et de la Craie en fonction du secteur. | Les gares du secteur seront réalisées sous protection de parois moulées qui seront prolongées selon le contexte par une jupe injectée et un fond injecté. Ces dispositions sont prévues pour limiter le débit d'épuisement résiduel et l'abaissement piézométrique en phase travaux.<br><br>D'après les résultats de modélisation, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus dans le secteur au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi.<br><br>Pendant la phase travaux, l'abaissement du niveau de la nappe serait :<br>- compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ;<br>- compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ;<br>- compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie.<br><br>La modélisation des effets piézométriques sur les exploitations d'eau souterraines a montré que les effets piézométriques induits restent compatibles avec les usages des exploitations d'eau souterraines du secteur.<br>Les responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet seront informés et des mesures compensatoires spécifiques leurs seront proposées de manière concertée.<br><br>Les résultats de calculs de modélisation montrent que le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux est faible.<br><br>Le risque de désordre lié à la dissolution du gypse sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur. |
| | **<u>Secteur du plateau de Champigny</u>**<br>Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet. | Les gares et ouvrages du secteur seront réalisés sous protection de parois moulées ancrées dans des formations peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera très faible. Aucun effet piézométrique significatif attendu en phase travaux. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs. |

| | | |
|---|---|---|
| ***« Hydrogéologie »*** | ***Rejet des eaux souterraines*** | |
| | **Secteur de la boutonnière de Boulogne**<br>Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Pont-de-Sèvres) | Les parois moulées permettront de réduire significativement le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire.<br>En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu. |
| | **Secteur du plateau d'Issy à Cachan**<br>Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. | Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu.<br>En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu. |
| | **Secteur du plateau de Villejuif**<br>Aquifère de faible productivité.<br>Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe. | Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu.<br>En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu. |
| | **Secteur de la plaine de Vitry**<br>Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Arrighi). | Les parois moulées et les injections de sol permettront de réduire le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire.<br>En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu. |
| | **Secteur du plateau de Champigny**<br>Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet. | - Faible débit de rejet attendu en phase travaux n'entrainant pas d'impacts sur le milieu.<br>- En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu. |
| | ***Modification des écoulements souterrains / effet barrage*** | |
| | **Secteur de la boutonnière de Boulogne**<br>Gradient de la / des nappe(s) superficielle(s) faible : impacts sur les écoulements souterrains limités pour les gares et ouvrages du secteur | Les modifications piézométriques en phase définitive (effet barrage) calculées seront très faibles. Aucune mesure particulière n'est nécessaire. |
| | **Secteur du plateau d'Issy à Cachan**<br>Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais aucun impact attendu sur le bâti ou les zones de sensibilité particulière (anciennes carrières par exemple) | Compte tenu du faible niveau de risque attendu, aucune mesure particulière n'est nécessaire. |
| | **Secteur du plateau de Villejuif**<br>L'impact sur le niveau de la nappe est faible pour la gare Villejuif IGR et modéré pour la gare Villejuif Louis Aragon en raison du risque d'inondation des sous-sols. | Le risque de désordre est considéré, à ce stade, comme faible compte tenu des données disponibles mais les enjeux sont non négligeables au droit de la gare Villejuif IGR puisque des niveaux de remblais de qualité médiocre peuvent être mis en eau.<br>Le risque de désordre est également considéré comme faible compte tenu des données disponibles pour la gare Villejuif Louis Aragon mais les enjeux sont également importants en raison de la faible profondeur de la nappe.<br>Pour ces deux gares, des piézomètres supplémentaires seront réalisés afin de préciser plus finement l'évaluation des effets piézométriques. |

| | | |
|---|---|---|
| ***« Hydrogéologie »*** | **<u>Secteur de la plaine de Vitry</u>**<br>Impact a priori modéré au droit de la gare Vitry Centre sur les nappes superficielles<br>Impact faible dans le secteur des gares Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre. | Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur la nappe des Masses et Marnes du Gypse et de vérifier l'éventuelle présence d'une nappe perchée dans les alluvions. |
| | **<u>Secteur du plateau de Champigny</u>**<br>Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais qui doivent être précisés par la mise en place de piézomètres complémentaires.<br>Les enjeux restent faibles au niveau de Bry-Villiers-Champigny. Ils sont plus importants à Noisy-Champs | Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur les nappes superficielles. |
| | ***<u>Mise en communication d'aquifère</u>*** | |
| | **<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u>**<br>Présence d'un seul aquifère dans les 100 premiers mètres : sensibilité faible associée à la mise en communication de nappes | Le projet ne risque pas de mettre en communication des aquifères grâce à la mise en place de parois moulées pour réaliser les gares et les ouvrages annexes et l'utilisation d'un tunnelier avec étanchéification à l'avancement. |
| | **<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u>**<br>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. | |
| | **<u>Secteur du plateau de Villejuif</u>**<br>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. | |
| | **<u>Secteur de la plaine de Vitry</u>**<br>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. | |
| | **<u>Secteur du plateau de Champigny</u>**<br>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. | |

### 1.6.8 Couts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrogéologie en phase travaux et exploitation

Les mesures sont directement liées aux techniques constructives. Ainsi, le coût de ces mesures est considéré comme directement intégrée au coût du projet. Les tableaux suivants présentent les principales mesures intégrées au projet concernant l'hydrogéologie.

| ***Dénomination de la mesure*** | ***Coût de la mesure*** |
|---|---|
| Creusement du tunnel au tunnelier avec étanchéification à l'avancement | Intégré au coût des travaux |
| Mise en œuvre de méthodes constructives avec parois moulées et injections de sol (jupes injectées et fonds injectés) | Intégré au coût des travaux |
| Mise en place et abandon de dispositifs de pompage en phase chantier conformes aux règles de l'art. Mise en place de dispositifs de traitement de l'eau lorsque que nécessaire. | Intégré au coût des travaux |
| Quantifier l'impact des débits d'épuisement au sein des « boites gare » et rejet des eaux d'exhaure ; | Intégré au coût des études de conception |
| Mise en place de piézomètres, de dispositifs de mesure (compteurs, enregistreurs automatiques de niveau d'eau, tassomètres etc…). Réalisation d'analyses d'eau. Rédaction et édition de rapports de suivi. | Intégré au coût des travaux |
| Suivi de chantier par un maitre d'œuvre spécialisé. | Intégré au coût des travaux |

**Coûts des mesures – Phase chantier**

| ***Dénomination de la mesure*** | ***Coût de la mesure*** |
|---|---|
| Ajuster les données pour permettre d'affiner le modèle hydrogéologique | Intégrés au coût des études à venir : PRO |
| Définir précisément l'effet barrage au niveau de certaines nappes superficielles mal connues à ce stade | Intégrés au coût des études à venir : PRO |
| Mise en place éventuelle de dispositifs de régulation du niveau de la nappe en cas d'effet barrage | Intégré au coût du projet |
| Suivi des ouvrages au cours du temps | Coût intégré à la gestion de l'ouvrage |

**Coûts des mesures – Phase exploitation**

## 1.7 Occupation du sous-sol

Les ouvrages et fondations souterrains sont les vraies cibles des désordres potentiels engendrés par la construction du projet et son exploitation.

En effet, lorsque le tunnelier conduit à l'effondrement de cavités souterraines, ou que les vibrations ou un abaissement de la piézométrie entrainent des tassements différentiels dans les couches géologiques, des dégâts peuvent apparaître sur les ouvrages et fondations souterrains.

La démarche entreprise par la Société du Grand Paris concernant l'occupation du sous-sol a permis de flécher de manière exhaustive la totalité des réseaux, fondations, infrastructures présentes le long du secteur d'étude. Ces derniers ont pu être hiérarchisés en fonction des enjeux associés. Ces enjeux sont consultables dans le rapport 1/3 de l'Étude d'Impact de la Ligne 15 Sud.

Globalement, les études entreprises par la Société du Grand Paris sur les infrastructures, réseaux et fondations au droit du tracé de la Ligne 15 Sud ont mené aux conclusions génériques suivantes :

- Absence d'enjeu et d'interférence avec le projet, induisant des impacts nuls et n'impliquant alors aucune mesure spécifique ;
- Enjeu faible à modéré, induisant des impacts faibles à modérés, et impliquant ainsi la mise en œuvre de mesures « classiques » (exemple : déviation de réseau, auscultation du bâti, etc.) ;
- Enjeu fort, induisant des impacts modérés à forts et impliquant la mise en œuvre de mesures « spécifiques » (exemple : confortement des terrains, protection de l'infrastructure, pilotage spécifique du tunnelier, etc.)

### 1.7.1 Impacts directs et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol

Les impacts directs se définissent comme des atteintes à l'intégrité physique des ouvrages et fondations. Ils sont entraînés par les travaux de construction du projet (tunnel et ouvrages annexes).

Ces atteintes ont plusieurs origines possibles :

- Dégradation de la géologie en place par dissolution de matériaux (gypse notamment) ou atteintes à des cavités souterraines existantes (carrières),
- Mouvement des formations géologiques en place (tassement différentiel ou gonflement) suite à une modification de la piézométrie ou à la rupture de paroi ou pilier de cavité.

L'analyse ci-dessous est construite sur les différents types d'ouvrages et associe les aspects réglementaires (servitudes).

#### *1.7.1.1 Atteintes aux canalisations de transport de gaz*

La présence d'un ouvrage superficiel (et sa base chantier associée) à moins de 50m d'une canalisation signifie que l'impact de dégradation du réseau peut être considéré comme non nul. Il est :

- Fort si la canalisation est localisée au droit de l'ouvrage superficiel,
- Moyen à faible, si la canalisation est localisée sous une voirie limitrophe à l'ouvrage superficiel et donc en interaction possible avec la future base chantier à définir,
- Nul si l'éloignement est plus important que 50m.

Par ailleurs, les réseaux GRT gaz étant situés dans les premiers mètres du sol, la sensibilité par rapport au tunnel de la Ligne 15 Sud est considérée comme nulle, au regard de la distance importante entre le réseau et le tunnel.

Plusieurs ouvrages superficiels sont concernés plus ou moins directement par le passage de canalisations GRT Gaz Haute Pression. Ces ouvrages sont les suivants :

- La gare de Pont de Sèvres, sur la commune de Boulogne Billancourt. Il s'agit d'une canalisation GRT Gaz haute pression de diamètre 300mm. Celle-ci intercepte l'emprise chantier de la gare de Pont de Sèvres au niveau du Rond Point du Pont de Sèvres.

  **La sensibilité est considérée comme forte**.

  Cette canalisation va être abandonnée en juin 2016 (date à confirmer). Ainsi, la solution envisagée est de laisser en place la canalisation, puis de la retirer au moment des travaux.

- L'OA Place de la Résistance sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. Il s'agit d'une canalisation GRT Gaz haute pression de diamètre 600mm. Celle-ci, parallèle à la Seine, intercepte l'emprise chantier de l'OA Place de la Résistance.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

- L'OA et puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine. Le long du quai Jules Guesde se situent deux canalisations GRT Gaz de 300 et 600mm de diamètre. Celles-ci n'interceptent pas l'emprise chantier de l'OA, mais les installations d'amarrage et d'évacuation des déblais par la Seine liés au creusement du tunnel, pourront entrer en interaction avec des réseaux sensibles, à l'image des canalisations GRT Gaz.

  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- La gare de Le Vert de Maisons au niveau de la limite communale entre Alfortville et Maisons-Alfort. Une canalisation GRT Gaz de diamètre 300mm se situe au droit de la gare de Vert de Maisons au niveau du square Dufourmantelle. Il se situe à environ 40cm du niveau du TN.

  Deux solutions sont envisagées :

  - Une protection mécanique (de type plaque de protection en polyéthylène) de 1 mètre de part et d'autre de la canalisation pour le réseau GRT Gaz est à prévoir,
  - Le remplacement de la canalisation par une canalisation parallèle sur-épaisse.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

- L'OA Avenue Roger Salengro Champigny sur la commune de Champigny-sur-Marne. Une canalisation GRT Gaz de 200mm de diamètre se situe à 2m environ de l'emprise de l'ouvrage d'entonnement.

  **La sensibilité est considérée comme modérée**.

- Le puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny sur la commune de Champigny-sur-Marne. Une canalisation GRT Gaz de diamètre 100mm se situe en proximité du puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny.

  **La sensibilité est considérée comme faible.**

Ces canalisations font l'objet de servitudes dans les documents d'urbanisme des communes. Ces servitudes sont décrites dans la pièce B1 au chapitre 2.9 sur l'occupation du sous sol.

La démarche de concertation avec les gestionnaire de réseau et la prise en compte de ces canalisations dans la conception du projet le rendent compatible avec ces servitudes.

#### *1.7.1.2 Atteintes aux canalisations de transport de pétrole*

Une canalisation de transport et distribution d'hydrocarbures est identifiée au niveau de la Ligne 15 Sud. Il s'agit d'une canalisation TRAPIL (pipeline Gennevilliers-Vitry-Villeneuve-le-Roi), de diamètre 250mm. Cette canalisation s'observe entre la gare des Ardoines et la Friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Ce réseau se situe à environ 1m sous le niveau du TN. La distance au tunnel étant très importante, la **sensibilité par rapport au tunnel est considérée comme nulle**.

Par ailleurs, les servitudes s'appliquant au réseau TRAPIL intercepte l'ouvrage spécial Friche Arrighi et notamment le poste de redressement. La réglementation associée à cette servitude est détaillée dans le Rapport 1 de l'Étude d'Impact de la Ligne 15 Sud.

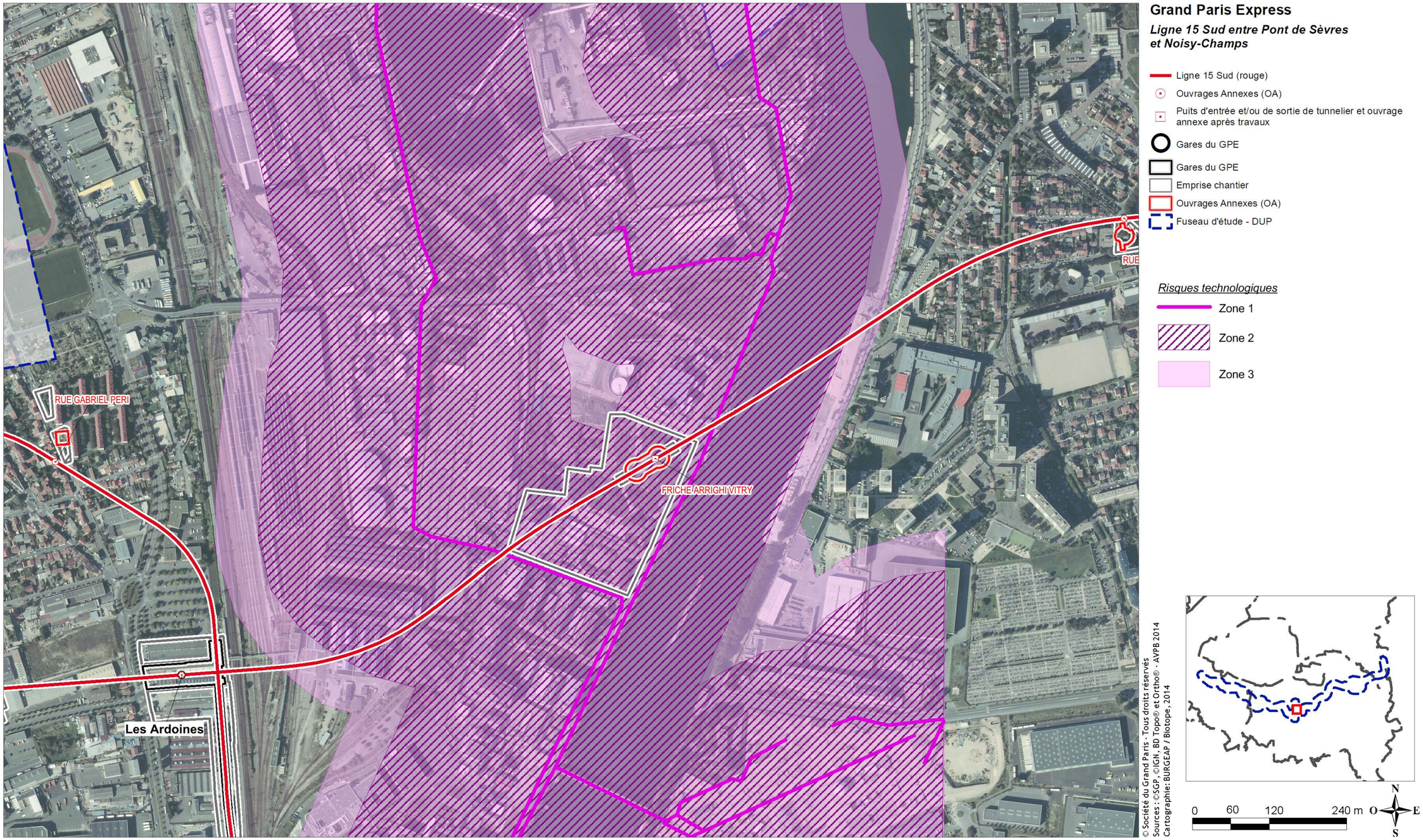
L'ouvrage spécial et le poste de redressement ne constituent pas un Immeuble de Grande Hauteur (IGH). En effet, le poste de redressement culmine à 8m de hauteur. Ils ne constituent pas non plus d'Établissement Recevant du Public (ERP).

**La sensibilité est donc considérée comme faible.**

Ces canalisations font l'objet de servitudes dans les documents d'urbanisme des communes. Ces servitudes sont décrites dans la pièce B1 au chapitre 2.9 sur l'occupation du sous sol.

La démarche de concertation avec les gestionnaire de réseau et la prise en compte de ces canalisations dans la conception du projet le rendent compatible avec ces servitudes.

**Interaction entre les ouvrages de la Ligne 15 Sud et le zonage réglementaire du réseau TRAPIL** (Source : DRIEE/DRIEA UT 94)



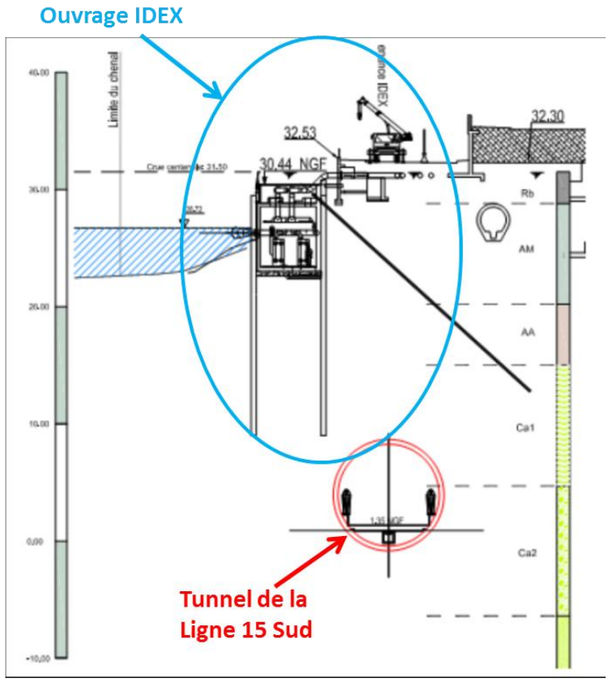
### 1.7.1.3 Atteintes aux canalisations de Chauffage Urbain (CPCU) et réseaux de froid

Les interactions entre le tunnel de la Ligne 15 Sud et des canalisations de chauffage urbain (CPCU) et des réseaux de froids sont rares. Elles s'inscrivent :

- Sur la commune de Boulogne-Billancourt, au niveau de la gare de Pont de Sèvres. Deux canalisations parallèles du réseau de froid IDEX, chacune de diamètre 500mm intercepte l'emprise de la gare.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

  Les principaux risques sont les dommages sur les ouvrages IDEX ainsi que le blocage du tunnelier, via l'interception de palplanches. Le dévoiement des réseaux, l'ajustement du tracé le guidage précis du tunnelier creusant à vitesse plus modérée sont les solutions de traitement envisagées.




**Coupe présentant le tunnel et les ouvrages IDEX au niveau du quai Georges Gorse (secteur de la gare de Pont de Sèvres) (Source : Société du Grand Paris)**

- Sur la commune de Bagneux, au niveau de la gare de Bagneux. Trois canalisations du réseau de chauffage urbain Dalkia sont présentes au niveau de l'emprise de la gare de Bagneux. Ces canalisations ont pour diamètre 250, 125 et 80mm de diamètre.

  Le dévoiement des réseaux est envisagé.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

- Sur la commune de Vitry-sur-Seine, au niveau de la gare des Ardoines. Deux canalisations du réseau de chaleur CV Distrib., de 250 et 350mm de diamètre sont présentes au niveau de la gare des Ardoines.

  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- Sur la commune de Créteil, au niveau de la gare de Créteil l'Echat. Une canalisation double (de deux fois 250mm de diamètre) du réseau de chaleur Dalkia se situe au niveau de la gare de Créteil l'Echat. Les études menées par la Société du Grand Paris ont permis de mettre en évidence un niveau de criticité élevé au niveau de la gare.

  En effet, au niveau de la gare de Créteil l'Echat, la chaufferie existante sera démolie. Le positionnement définitif de la nouvelle chaufferie n'est pas encore acté au stade actuel des études et deux implantations sont aujourd'hui envisagées :

  - une à proximité de la chaufferie existante, en pied de talus dans la parcelle APHP,
  - une au droit du Triangle de l'Echat.

  **Ainsi, la sensibilité est considérée comme très forte.**

### 1.7.1.4 Atteintes aux grands collecteurs et aux réseaux d'assainissement

Le croisement entre la profondeur du tunnel et celle des différents grands collecteurs et réseaux d'assainissement permet d'effectuer les constats suivants :

- **Entre les gares de Pont-de-Sèvres et de Bagneux :**

  - Au niveau de la gare de Pont de Sèvres, et jusqu'au pont de Billancourt, le tunnel passe en dessous du réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC) de diamètre 2,50 m. La couverture entre la clé du tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 6 m.

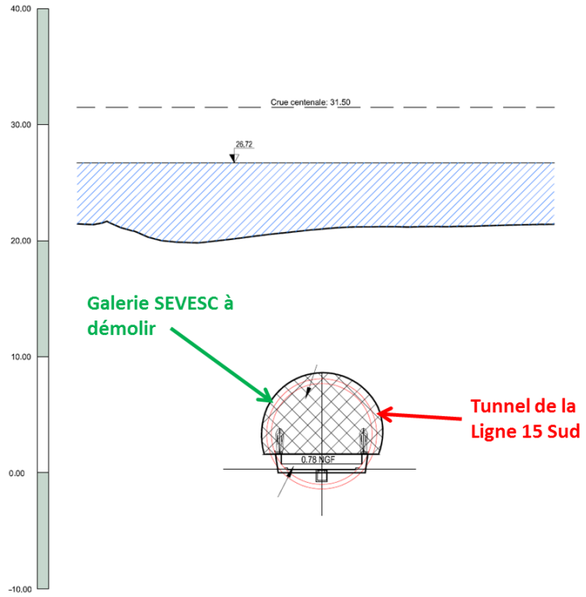
    **La sensibilité est considérée comme modérée.**

  - Au niveau de la gare de Pont de Sèvres, le tunnel passe au-dessus du siphon Sèvres-Boulogne du réseau SEVESC. Celui-ci, de diamètre 1,60m, se situe environ 7m en dessous du radier du tunnel.

    **La sensibilité est considérée comme faible.**

    La principale source de risque est l'interception d'un rameau abandonné se situant au même niveau que le tunnel de la Ligne 15 Sud et pouvant donc bloquer le tunnelier. Plusieurs solutions sont envisagées :

    - L'ajustement en plan du tracé,
    - La réalisation d'une galerie de reconnaissance et de démolition du rameau abandonné. Cette galerie nécessiterait un traitement de consolidation et d'étanchement lourd à l'avancement.
    - L'intervention à partir d'un puits implanté dans un batardeau en Seine.




**Coupe présentant le tunnel et la galerie à démolir (secteur l'Ile Monsieur et Pont de Sèvres) (Source : Société du Grand Paris)**

- L'émissaire SERO, ovoïde de 2,7x2,2m, intercepte le tracé au niveau de la gare de Pont de Sèvres sur la commune de Boulogne Billancourt et de l'OA Place de la Résistance.

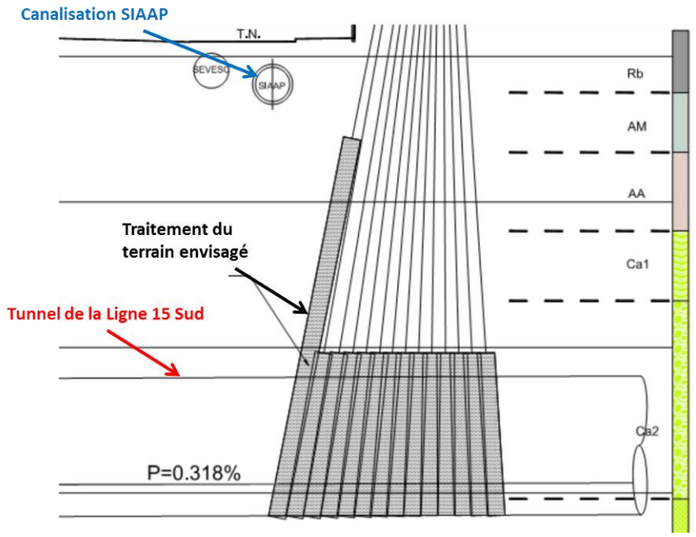
  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- L'émissaire sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2.75m passe au-dessus du tunnel de la Ligne 15 Sud sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. La distance entre la clé du tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 6m. Le tracé du réseau est sub-parallèle au tunnel de la Ligne 15 Sud sur une longueur importante. L'axe du tunnel croise l'ouvrage au pied du viaduc du tram T2, à 70 m environ du rejet en Seine, sous le quai de Stalingrad.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

  La principale source de risque est le tassement générant ainsi des dommages sur l'ouvrage.

  Le traitement envisagé au stade actuel des études menées par la Société du Grand Paris est la régulation de la pression de confinement afin d'éviter au maximum les tassements.



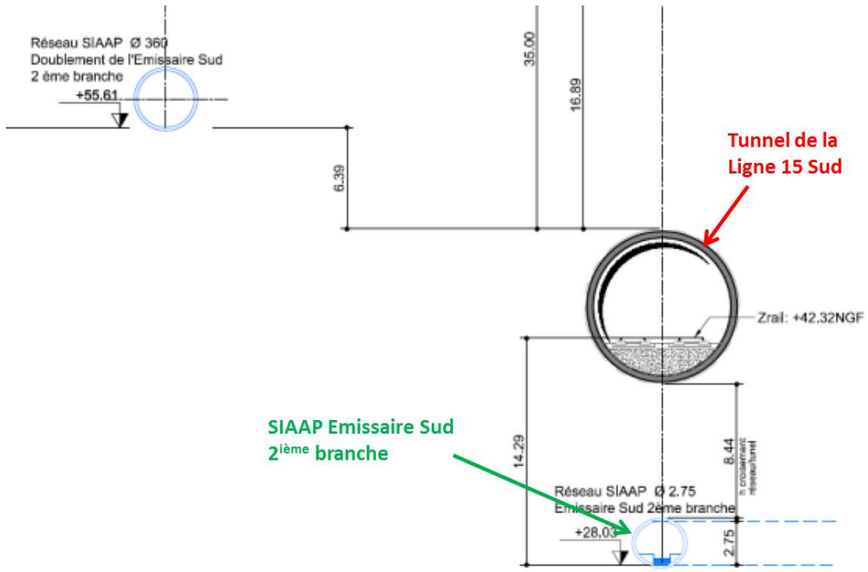

**Coupe présentant le tunnel et l'ouvrage SIAAP, ainsi que le traitement des terrains envisagés (secteur de l'OA Place de la Résistance) (Source : Société du Grand Paris)**

- De même, le réseau d'assainissement Issy Sud & Nord (SEVESC), ovoïde de dimension 2.2x1.3m, passe au-dessus du tunnel aux abords de la gare d'Issy RER à une distance d'environ 7m.

  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- À l'ouest de la gare de Châtillon-Montrouge, sur la commune de Chatillon, le tunnel passe au-dessus du réseau d'assainissement Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2,75m. La couverture entre le radier du tunnel et la voûte du réseau est de l'ordre de 8.4 m.

  **La sensibilité est considérée comme faible.**




**Coupe présentant le tunnel et l'émissaire Sud 2ième branche (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)**

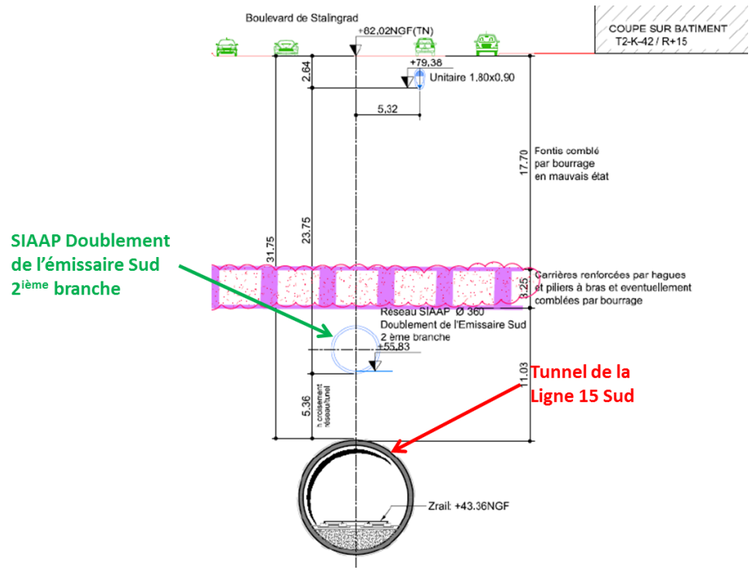
- À l'ouest de la gare de Châtillon-Montrouge, le tunnel passe une première fois sous le réseau d'assainissement du Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 3,60m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 5.6 m.

Étant donnée la récente réhabilitation de ce réseau (injections de collage et traitements des fissures et du parement), les conséquences sur le réseau devraient rester limitées.

**La sensibilité est considérée comme modérée.**

Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

- Auscultation dans le réseau,
- Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.



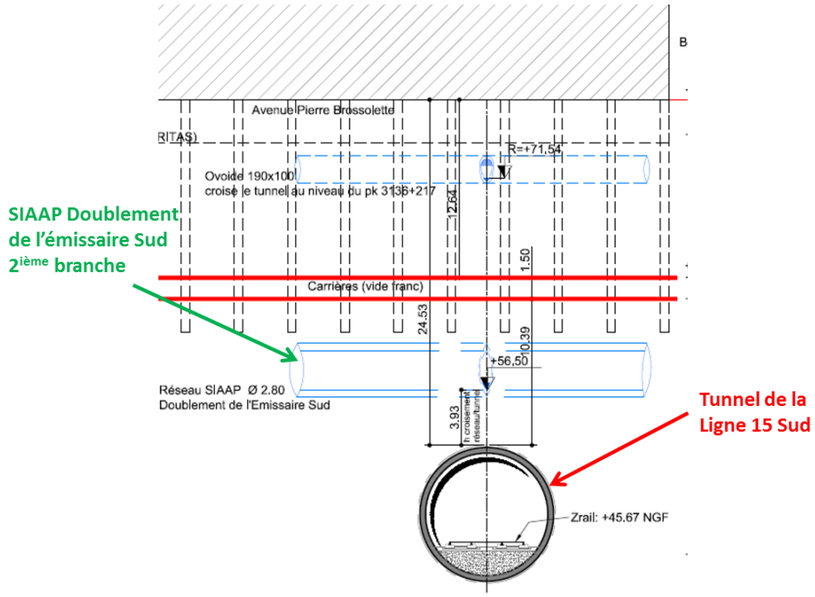

**Coupe présentant le tunnel et le Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)**

- Quelques dizaines de mètres plus loin, le tunnel passe une seconde fois sous le réseau d'assainissement du Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP). Il s'agit alors de l'Antenne de Montrouge, de diamètre 2,80m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 3.9 m.

**La sensibilité est considérée comme modérée.**

Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

- Auscultation dans le réseau,
- Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.




**Coupe présentant le tunnel et le Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche Antenne de Montrouge (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)**

- **Entre les gares de Bagneux et des Ardoines:**

  - À l'est de l'OA Parc Robespierre, sur la commune de Bagneux, le tunnel effectue un passage au-dessus du réseau d'assainissement Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2.75m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 4m.

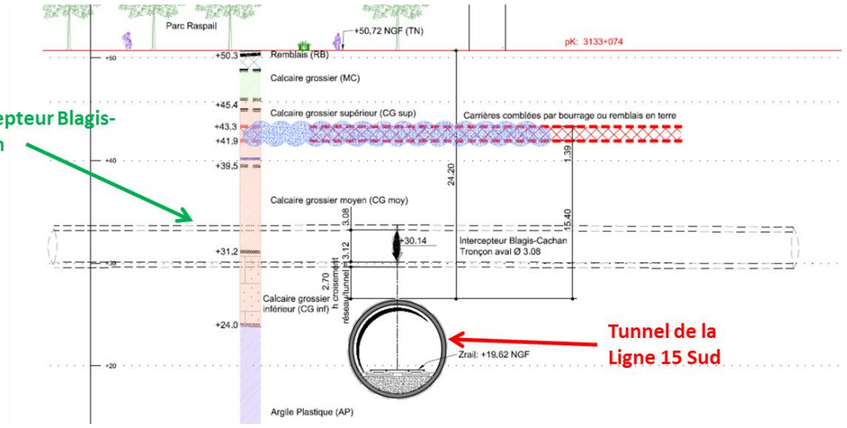
    **La sensibilité est considérée comme forte.**

  - À l'est de l'OA Parc Robespierre, sur la commune de Bagneux, le tunnel passe sous l'intercepteur de Blagis-Cachan. La couverture entre la voûte du tunnel et le radier du réseau est inférieure à 2,7m.

    **La sensibilité est considérée comme forte.**

    Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

    - Auscultation dans le réseau,
    - Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.




**Coupe présentant le tunnel et l'intercepteur Blagis-Cachan (secteur de l'OA Parc Robespierre) (Source : Société du Grand Paris)**

- Sur la commune de Cachan, à l'est de l'OA Square Général de Gaulle, le tunnel passe sous le réseau profond de Cachan. La couverture entre le réseau et la voûte du tunnel est d'environ 5.6m.

  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- Le tunnel longe l'émissaire de Villejuif R2, au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon. Le réseau suit le tracé de la Ligne en direction de la gare de Vitry Centre en passant par le Moulin de Saquet. D'un diamètre de 3m, la canalisation passe en profondeur par rapport au tunnel.

  **La sensibilité est considérée comme faible.**

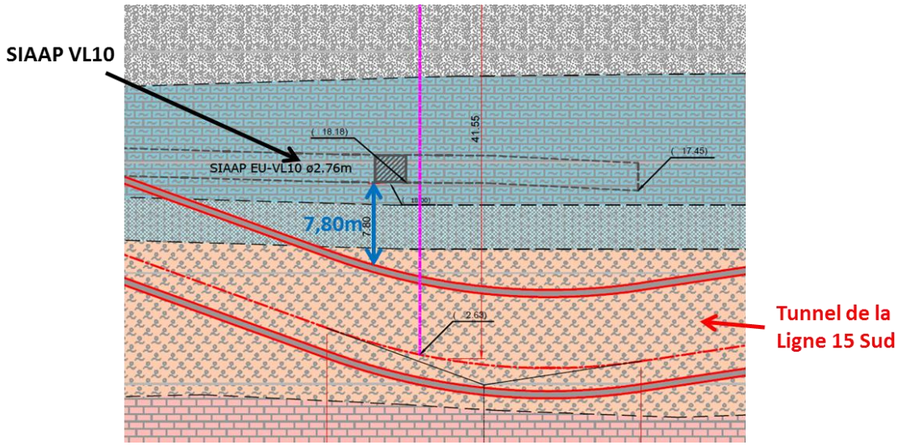
- Au Nord-Ouest de la gare de Vitry-Centre, le tunnel intercepte l'émissaire SIAAP VL10 sur la commune de Vitry-sur-Seine. D'un diamètre de 2,5m, il est situé en ce point à plus de 10m du tunnel mais constitue un point de surveillance en phase chantier.

  **La sensibilité est considérée comme modérée.**

- Le long de l'avenue Rouget de Lisle, sur la commune de Vitry-sur-Seine, le fuseau du projet intercepte à nouveau l'émissaire SIAAP VL10 entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine. D'un diamètre de 2,5m. Il est alors situé à 8m du tunnel.

  Compte tenu du contexte, forage dans les Marnes et Caillasse, il est possible que l'excavation engendre des vibrations. Cependant, compte tenu de la distance de 8m entre le tunnel et le collecteur, le risque que ces vibrations aient un quelconque impact structurel est négligeable.

  **La sensibilité est considérée comme faible.**




**Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP VL10 et le tunnel (secteur de l'OA Rue Louis Marchandise et Avenue A. Thomas) (Source : Société du Grand Paris)**

- **Entre les gares des Ardoines et de Champigny Centre :**

  - Le long des quais Jean-Baptiste Clément sur la commune d'Alfortville, le tunnel intercepte l'émissaire SIAAP Rive Droite S. Celui-ci est un ovoïde de dimension 1,9x1m et se situe à une distance importante du tracé du tunnel.

    **La sensibilité est considérée comme nulle.**

  - A l'Est de la gare Le Vert-de-Maisons, l'émissaire SIAAP VL9 intercepte le fuseau du projet. D'un diamètre de 3m, il est situé à environ 8m du tunnel et constitue un point de surveillance vis-à-vis du tunnel mais également de la gare de Le Vert de Maisons (distance environ égale à 7m).

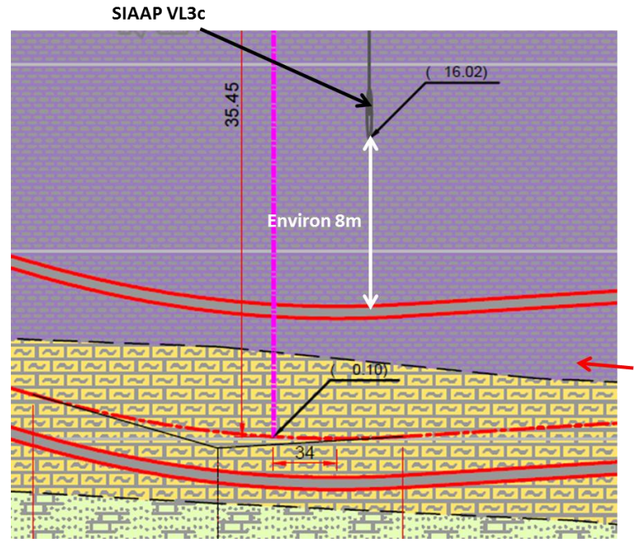
    **La sensibilité est considérée comme modérée.**

  - L'émissaire SIAAP VL3b intercepte le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil. D'un diamètre de 2,5m, il évolue parallèlement au tunnel, à une distance d'environ 200m et n'interfère donc pas avec le tracé.

    **La sensibilité est considérée comme nulle.**

  - L'émissaire SIAAP VL3c intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud sur la rive droite de la Marne, le long du quai de Halage sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. D'un diamètre de 2,5m, il est situé à une distance importante du tunnel. Les interactions entre l'émissaire et ce dernier seront donc faibles.

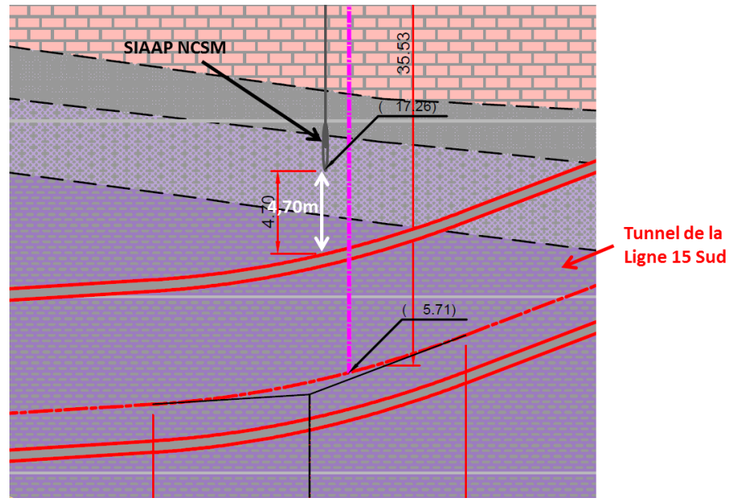
    **La sensibilité est considérée comme faible.**




**Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP VL3c et le tunnel (secteur de l'OA Impasse Abbaye) (Source : Société du Grand Paris)**

- L'émissaire SIAAP NCSM intercepte le fuseau de la ligne le long de la rue Charles Floquet sur la commune de Joinville-le-Pont. D'un diamètre de 2,5m, il est situé environ à 5m au-dessus du tunnel de la Ligne 15 Sud. Les études menées par la Société du Grand Paris mettent en évidence le risque de tassement vis-à-vis du collecteur NCSM.

  **La sensibilité est considérée comme forte.**

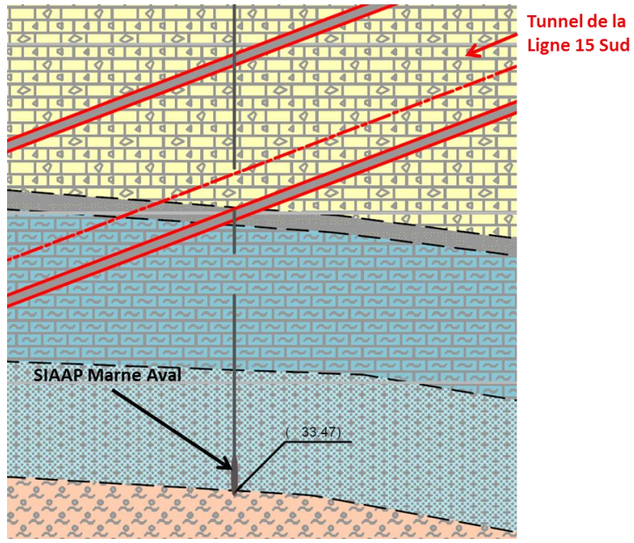



**Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP NCSM et le tunnel (secteur de l'OA Rue Charles Floquet) (Source : Société du Grand Paris)**

- **Entre les gares de Champigny Centre et Noisy-Champs:**

  - L'émissaire Marne Aval croise à la perpendiculaire le fuseau de la ligne à l'Ouest de la gare de Bry/Villiers/Champigny. D'un diamètre de 2m, il est situé à une distance importante sous le tunnel. Les interactions entre le tracé et l'émissaire seront donc faibles.

    **La sensibilité est considérée comme faible.**




**Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP Marne Avel et le tunnel (secteur aux abords de la gare de Bry-Villiers-Champigny) (Source : Société du Grand Paris)**

### *1.7.1.5 Atteintes aux canalisations d'eau potable*

Le tracé de la Ligne 15 Sud interfère avec trois aqueducs sur la commune de Cachan :

- L'aqueduc du Loing qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Parc Robespierre et Square Général de Gaulle au niveau de la limite départementale entre le Val-de-Marne et les Hauts-de-Seine sur la commune de Cachan.

- L'aqueduc de la Vanne qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Square Général de Gaulle et Jardin Panoramique, au niveau de la rue des Vignes.

- L'aqueduc du Rungis qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Square Général de Gaulle et Jardin Panoramique, entre la rue des Vignes et le boulevard de la Vanne.

A ces trois points, les aqueducs sont souterrains.

*Servitudes relatives à la protection des aqueducs :*

Les aqueducs sont dotés de servitudes relatives à la conservation des eaux. Ces zones de protection considérées pour la protection sanitaire de l'aqueduc sont :

- La zone de protection immédiate constituée par l'emprise ou le tréfonds appartenant à la ville de Paris,

- Les zones de protection rapprochée constituées par deux bandes de terrain de 13 mètres de largeur de part et d'autre de l'emprise,

- Les zones de protection éloignée constituées par deux bandes de terrain s'étendant des limites extérieures des zones de protection rapprochée jusqu'à une distance de 40 mètres mesurée à partir de l'axe de l'aqueduc.

**La sensibilité est considérée comme faible, l'inter-distance séparant l'infrastructure et les réseaux étant grande.**

### *1.7.1.6 Atteintes aux infrastructures de transport d'électricité*

Plusieurs lignes de transport d'électricité sont présentes au niveau de la Ligne 15 Sud. Ces réseaux sont situés dans les premiers mètres du sous-sol et ne sont pas contraignants pour le tunnel. En effet, le tunnel de la Ligne 15 Sud est quant à lui situé plus en profondeur sur l'intégralité du linéaire. Seule la proximité avec des ouvrages émergents (gares, puits de ventilation, …) peut présenter un risque.

Le long de la Ligne 15 Sud, les lignes suivantes sont concernées :

Liaisons RTE 63kV :

- RTE Billancourt Porchefontaine 55 et 56 situé au niveau de l'emprise chantier de la gare de Pont de Sèvres.

- RTE Liaison COS 48 Fo Bertholllt – Vanves 2008, de 60mm, intercepté au niveau de l'emprise de la gare de Châtillon-Montrouge.

- RTE Arrighi-Chevilly, de 63kV, intercepté au niveau de la gare de Vitry Centre.

- RTE Arrighi-Choisy-le-Roi (63kV), RTE Arrighi-Cavell (63kV), RTE Arrighi-Regha (63kV), RTE Arrighi-Pompadour (63kV), toutes interceptées au niveau de la zone industrielle des Ardoines, au niveau du poste électrique, situé en bordure du futur site de maintenance, le long du quai Jules Guesde. L'ensemble de ces lignes constituent des points de surveillance en phase chantier.

Des liaisons RTE 225kV :

- RTE Chevilly-Coriolis, de 225kV, intercepté au niveau de la gare de Vitry Centre,

- RTE Arrighi-Morbras (225kV) intercepté au niveau de la zone industrielle des Ardoines, au niveau du poste électrique, situé en bordure du futur site de maintenance, le long du quai Jules Guesde. Cette ligne constitue un point de surveillance en phase chantier,

- RTE Arrighi Colonie (225kV), au niveau de l'emprise chantier de la gare Créteil L'Echat.

Ces réseaux sont soit de surface soit situés dans les premiers mètres du sous-sol et sont peu contraignants vis-à-vis de la Ligne 15 Sud.

**La sensibilité est donc considérée comme nulle** au niveau du tunnel. Elle est **modérée au niveau des ouvrages interceptés** :

- La gare de Pont de Sèvres,
- La gare de Châtillon-Montrouge,
- La gare de Vitry Centre,
- Le SMI de Vitry-sur-Seine,
- La gare de Créteil L'Echât.

Ces bases chantier (en cours de définition) impacteront donc potentiellement le réseau RTE. Dans ce cas, certaines servitudes s'appliqueront :

- Le Code du Travail interdit l'approche soit directement, soit à l'aide d'engins ou de matériaux d'un conducteur nu dans le domaine Haute Tension HTB (>50 000 Volts) à une distance inférieure à 5m, hors balancement des câbles ;
- Une distance supplémentaire de 2m est recommandée en cas de surplomb accessible (terrasse, balcon, etc.) ;
- Dans le cas de circulation d'engins près de pylônes, il est demandé de « mettre en place des protections provisoires de sécurité type GBA à une distance suffisante du support » ;
- Lors de la construction de bâtiments, des dispositions particulières doivent être respectées à proximité des ouvrages électriques HTB aériens afin de se préserver des effets et des risques dus au courant électrique (champs électromagnétiques, induction, courant de défaut) […]

De plus, chaque entreprise devant réaliser des travaux sur la commune devra appliquer le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution (demande de renseignements, déclaration d'intention de commencement de travaux…).

### *1.7.1.7 Atteintes aux les infrastructures de transport*

Les impacts éventuels sont la dégradation des infrastructures par déformation des couches géologiques due aux méthodes constructives.

Le rappel des infrastructures interceptant le tracé de référence (issu de l'état initial de l'étude d'Impact de la Ligne 15 Sud) est réalisé dans le tableau ci-dessous. Celui-ci identifie, sur la base des études préliminaires approfondies réalisées par la Société du Grand Paris, des hypothèses de traitement adéquates.

NB : L'intégralité des infrastructures recensées donneront lieu à une auscultation et une surveillance particulière pendant le passage du tunnelier.

Des conventions seront mises en place avec certains opérateurs.

**Caractéristiques des infrastructures de transport interceptées par le tracé de référence**
(source : Société du Grand Paris)

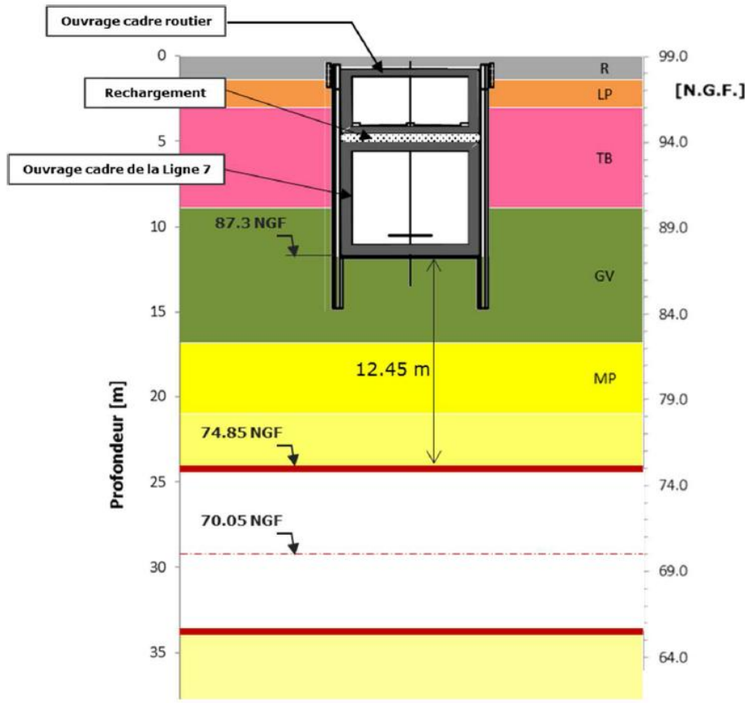
| Infrastructure concernée | Nom de référence au sein des figures | Ecart entre l'infrastructure et le toit du tunnel de la (en m) | Localisation | Mesures engagées | Niveau de sensibilité |
|---|---|---|---|---|---|
| Viaduc du RER C | RER C – Issy RER | 8 | Au niveau de la gare Issy RER | Confortement des fondations par micropieux<br>Réalisation de colonnes de jet-grounting | Fort |
| Tunnel ligne 7 | Tunnel ligne 7 | 12.45 | au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon, terminus de la Ligne 7. | Auscultation en surface et des ouvrages souterrains<br>Approche observationnelle<br>Pression de confinement adaptée | Fort |
| Voies RER C (correspondances souterraines) | RER C – Les Ardoines | 12 | au niveau de la gare des Ardoines. | Auscultation en surface et des ouvrages souterrains<br>Approche observationnelle<br><br>Confortement par deux files de 17 micropieux chacune au niveau du couloir de correspondance de la gare<br>Limitation temporaire de vitesse lors du passage du tunnelier | Fort |
| RER A | RER A – Saint-Maur Créteil | 40 | au niveau de la gare Saint Maur Créteil. | Interruption temporaire de circulation du RER A (minimum 3 jours à chaque passage du tunnelier) et réglage de la voie après le creusement<br>Auscultation de la voie et suivi permanant du nivellement (à long terme)<br>Pression de confinement adaptée<br>Dispositif d'injection de bentonite dans l'espace annulaire (le long de la jupe du tunnelier)<br>Réglage fin de la pression d'injection du vide annulaire (mortier et bentonite le long de la jupe) | Modéré |
| RER E | RER E – Gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise | 16.5 | au niveau de la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise | Auscultation de la voie ferroviaire<br>Limitation temporaire de vitesse lors du passage des tunneliers sous les voies du RER E | faible |

Le détail de trois de ces ouvrages est développé ci-dessous.

*a. <u>Passage sous le tunnel de la ligne 7</u>*

Le tunnel de la ligne 7 passe en souterrain sous le carrefour de l'avenue Louis Aragon et du boulevard Maxime Gorki, dans une tranchée couverte. Celle-ci abrite également une trémie routière, récemment condamnée. Le niveau de fond de fouille de cette tranchée se situe à 12.45m au-dessus de la voûte du toit du tunnel.

Le croisement entre les deux tunnels constitue un point particulièrement sensible de la Ligne 15 Sud, les impacts structurels et fonctionnels potentiels n'étant pas négligeables (tassement et déformation).

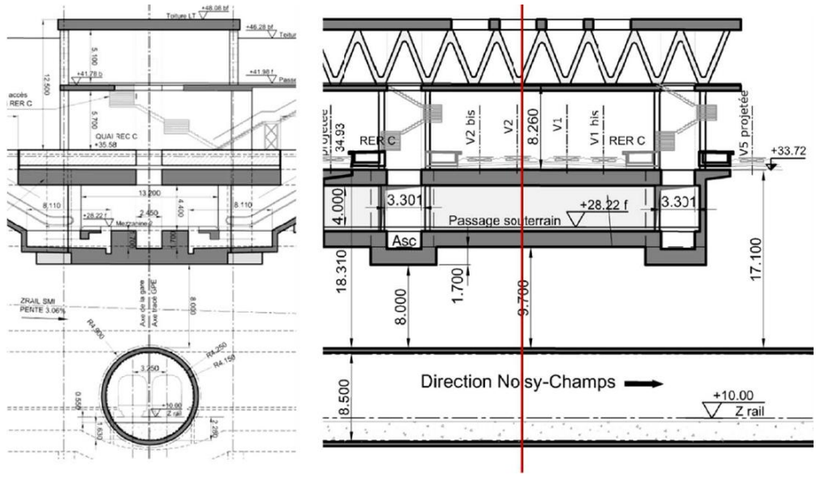



**Coupe longitudinale de la Ligne 15 Sud au droit de l'intersection avec la Ligne 7 (source : Société du Grand Paris)**

Le passage sous le Métro Ligne 7 nécessite donc les dispositions particulières détaillées dans le tableau précédent.

*b. <u>Passage sous la gare des Ardoines</u>*

La Ligne 15 Sud interfère avec le couloir souterrain de la gare des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. À ce niveau, la couverture entre le tunnel de la Ligne 15 Sud et le couloir souterrain est de seulement 9.7m (équivalent au diamètre du tunnel).




**Coupes au droit de l'intersection avec la gare des Ardoines (source : Société du Grand Paris)**

Les tassements simulés dans le cadre des études menées par la Société du Grand Paris mettent en évidence la nécessité de prendre des dispositions constructives spécifiques. La solution envisagée est la reprise des charges de l'ouvrage sur micropieux inclinés.

*c. <u>Passage sous la gare RER E du Plessis-Trevise</u>*

La Ligne 15 Sud croise l'infrastructure de la gare du Plessis-Trevise sur la commune de Villiers-sur-Marne. Au regard des études réalisées par la Société du Grand Paris, les tassements et déformations potentielles entrainées par le creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud respectent les valeurs seuils acceptables. Aucune disposition constructive n'est à mettre en œuvre.




**Vue en plan de l'intersection entre la Ligne 15 Sud et la gare RER E du Plessis-Trevise (source : Société du Grand Paris)**

### *1.7.1.8 Atteintes aux fondations des bâtiments*

Les impacts directs sur les fondations des bâtiments correspondent à une destruction/déstabilisation de ces dernières par le creusement au tunnelier ou la mise en œuvre des gares et ouvrages annexes.

Globalement, les atteintes directes aux fondations seront évitées par le positionnement de l'infrastructure et son adaptation à l'existant, en particulier pour la connexion des gares au niveau des correspondances.

En ce sens, l'ensemble des études préliminaires de conception menées jusqu'à présent a permis de s'affranchir d'un certain nombre d'interactions entre le projet et les fondations de bâtis.

En outre, les études de vulnérabilité du bâtiment entreprises par la Société du Grand Paris ont permis d'apprécier la vulnérabilité du bâtiment aux déformations et vibrations pour la phase chantier, c'est-à-dire au moment du creusement par le tunnelier et lors de la réalisation de grandes excavations. La méthodologie des études de vulnérabilité du bâtiment menées par la Société du Grand Paris est détaillée dans l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud.

Les fiches de vulnérabilité s'organisent de la manière suivante :

- Les données d'entrée,
- Les déformations produite par le creusement du tunnel,
- La conclusion quant à la vulnérabilité du bâti.

En réponse à cette vulnérabilité, les fiches permettent de faire émerger les moyens à mettre en œuvre afin de la maitrisée, tant en termes de méthodes constructives adaptées à la problématique, qu'en termes de suivi, notamment d'auscultations à envisager.

Au stade actuel des études menées par la Société du Grand Paris, les conclusions quant à la vulnérabilité du bâtiment n'ont pas été réalisées. Les études permettent tout de même d'évaluer les impacts potentiels.

Ces études ont porté sur plus de 3000 bâtiments tout le long du tracé de la Ligne 15 Sud. Il n'est pas possible, dans un soucis de synthèse, de détailler les impacts bâtiment par bâtiment. Ainsi, un échantillon de dix bâtiments est développé ici et permet d'apprécier le travail effectué par la Société du Grand Paris.

Les bâtiments sélectionnés sont les même que pour l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud qui expose la sensibilité intrinsèque du bâtiment. Ces bâtiments sont les suivants :

*a. <u>La tour Chenonceau</u>*

La tour Chenonceau possède trois niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la tour est de 23.07m.

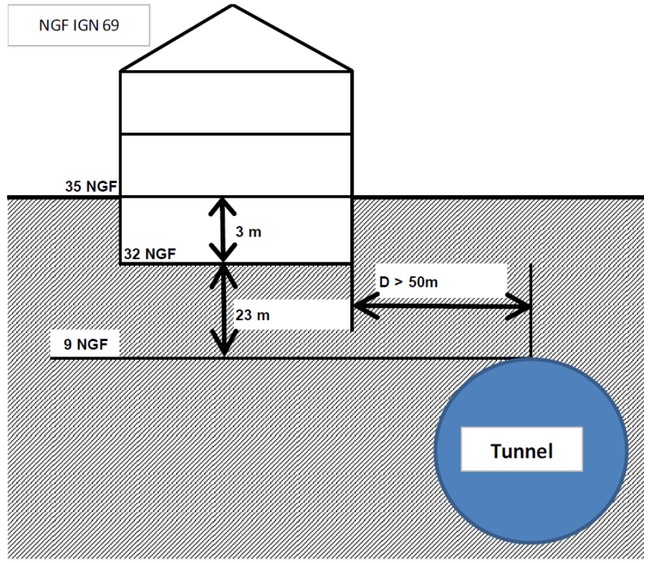



**Schéma représentatif de la position de la tour par rapport au tunnel** (Source : Société du Grand Paris)

*b. <u>Bâtiment 8-8bis place Léon Blum</u>*

Le bâtiment possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la tour est de 7m.

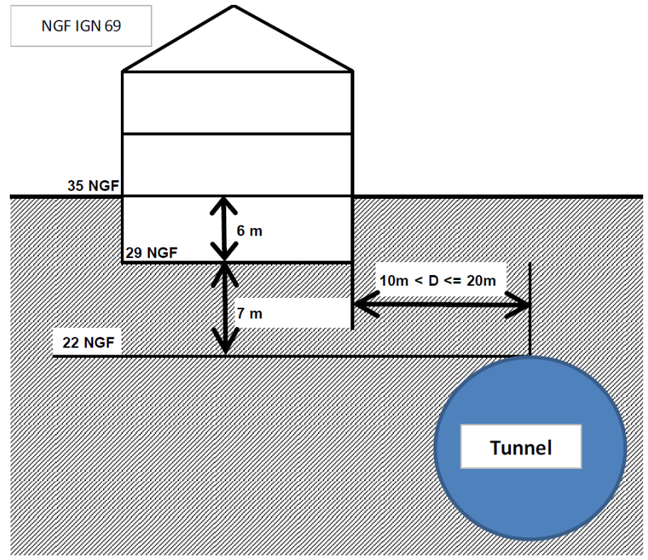



**Schéma représentatif de la position du bâtiment par rapport au tunnel** (Source : Société du Grand Paris)

c. *Bâtiment d'habitation collective « Solaris »*

Le bâtiment possède 2 niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas du bâtiment est de 39.3m.

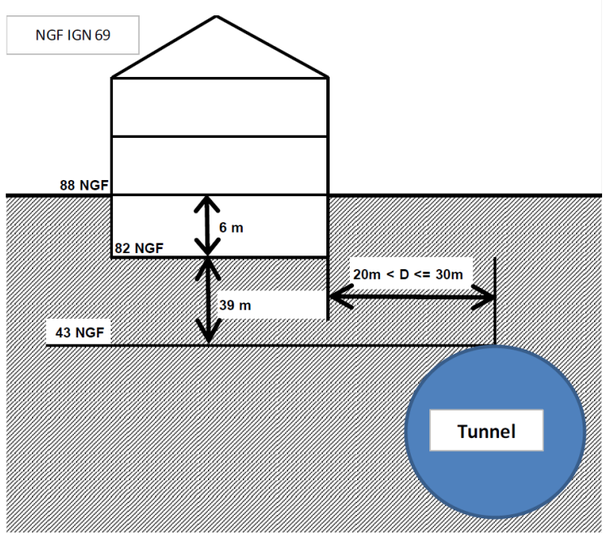



**Schéma représentatif de la position du bâtiment « Solaris » par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

d. *Maison individuelle 56 rue Louis Girard*

Le bâtiment possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la maison individuelle est de 37m.

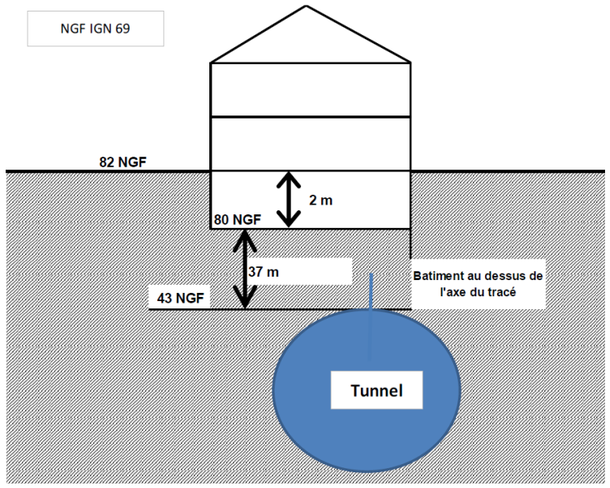



**Schéma représentatif de la position de la maison individuelle par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

e. *La bibliothèque Nelson Mandela*

La bibliothèque Nelson Mandela possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 13m.

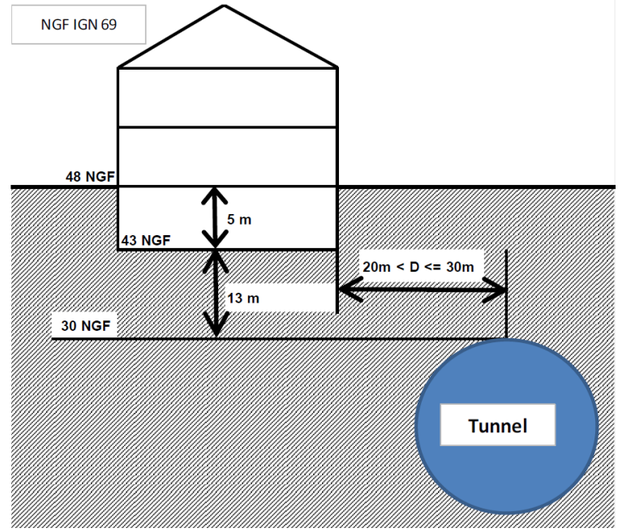



**Schéma représentatif de la position de la bibliothèque Nelson Mandela par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

f. *Centrale thermique à flamme – cheminée TAC n°2*

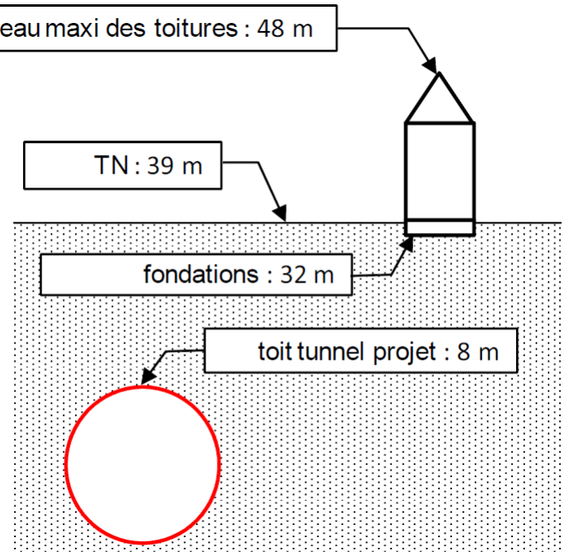



**Schéma représentatif de la position de la cheminée TAC n°2 par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

g. *La cité d'habitations, Monument historique, bâti 2, Square Dufourmantelle*

Au stade actuelle des études menées par la Société du Grand Paris, aucune information n'a encore pu être fournie.

*h. Bâtiment U, Henri Mondor*

Le bâtiment U du CHU de Henri Mondor possède 2 niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 6m.

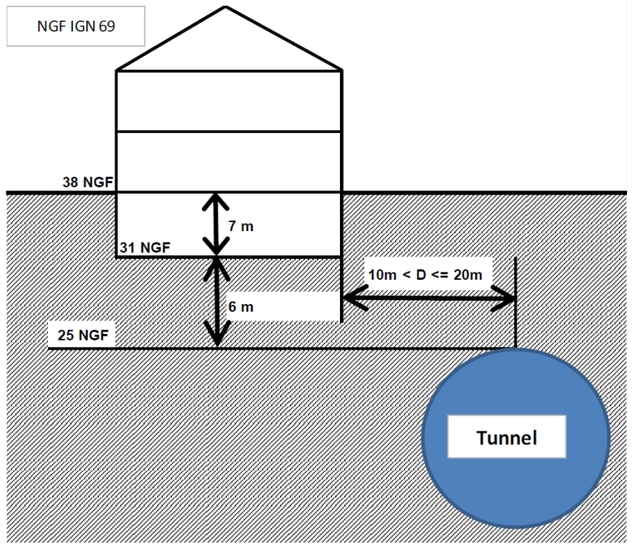



**Schéma représentatif de la position du bâtiment U de Henri Mondor par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

*i. Bâtiment d'habitation, 157 avenue Roger Salengro*

Le bâtiment d'habitation possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 12m.

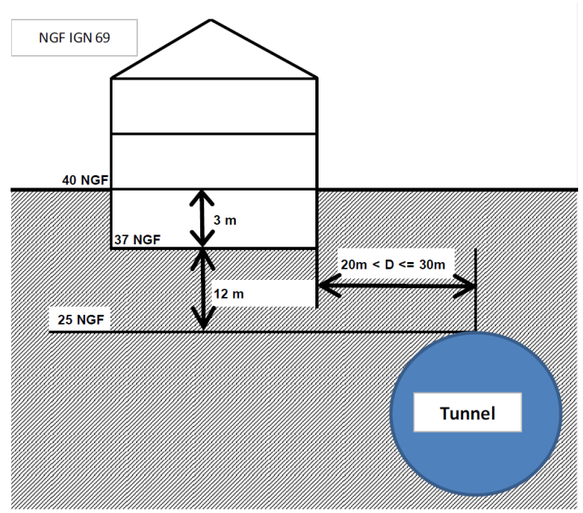



**Schéma représentatif de la position du bâtiment d'habitation par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

*j. Bâtiment industriel, 6-8 rue du Ballon*

Le bâtiment industriel ne possède pas de niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 19m.

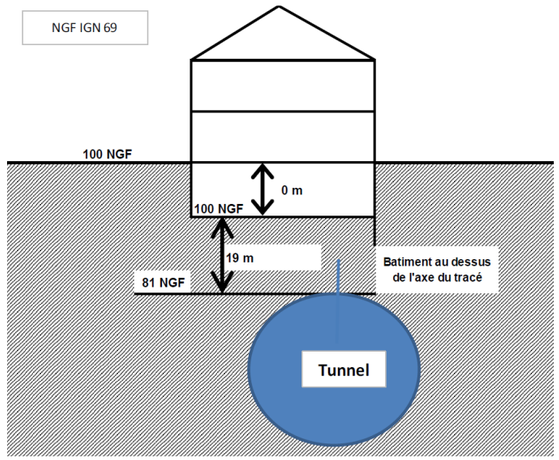



**Schéma représentatif de la position du bâtiment industriel par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)**

Les dispositions à prendre sur le bâtiment diffèrent au cas par cas. Ainsi les principales mesures mises en œuvre le long de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- Maîtrise de la pression de confinement lors du passage du tunnelier afin de limiter le tassement ;
- Injections de clavage à l'arrière du tunnelier ;
- Réalisation de colonnes de jet-grouting (traitement de confortement des terrains) afin de limiter les déformations à des valeurs admissibles en cas d'un fonctionnement dégradé du système de confinement du tunnelier ;
- Traitement des terrains (confortement) par injection ;
- Mesures de protection et d'étaiement temporaire ;
- Surveillance et auscultation renforcée en cours de travaux ;
- Le traitement des carrières par comblement gravitaire, clavage et injections sous pressions, afin d'éliminer les risques d'effondrement dans les carrières ainsi que la déformation du bâti ;
- La reprise en sous-œuvre (depuis les parkings).

### *1.7.1.9 Impacts indirects concernant les canalisations et ouvrages souterrains (hors défaut d'approvisionnement)*

Les conséquences corollaires durant la phase chantier, en fonction de la nature des ouvrages, peuvent correspondre :

- 1 - Fuites des collecteurs qui peuvent à leur tour entraîner des déstabilisations de terrain et l'effondrement de certains ouvrages de surface ;
- 2 - Emanations ou explosions de gaz ou des réseaux de chaleur ;
- 3 - Pollutions liées à des fuites des canalisations de pétrole ;
- 4 - Autres pollutions liées à des fuites de canalisations ;
- 5 - Dégâts humains.

**Effets indirects potentiels selon la nature des ouvrages**

| Effets indirects | Canalisation de gaz | Canalisation de pétrole | Grands collecteurs d'assainissement | Aqueducs | Infrastructures de transport |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | X | X | |
| 2 | X | X | | | |
| 3 | | X | | | |
| 4 | | | X | X | |
| 5 | X | X | | | |

Certains impacts sur les réseaux et ouvrages souterrains peuvent se cumuler par une relation de cause à effet, la déstabilisation d'un ouvrage pouvant impliquer par exemple sa destruction à moyen et long terme.

Les atteintes directes aux fondations sont évitées par le positionnement de l'infrastructure et son adaptation à l'existant, en particulier pour la connexion des gares au niveau des correspondances.

**La sensibilité est considérée comme forte.**

### *1.7.1.10 Mesures d'accompagnement*

*a. <u>Mesures d'évitement et de réduction</u>*

**<u>Utilisation d'un tunnelier :</u>** La réalisation au tunnelier à pression de terre est la technique de terrassement permettant de réduire au maximum les tassements du terrain, source potentielle de désordre pour les réseaux.

Les études pourront amener à définir les mesures spécifiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Gestion de la pression de confinement,
- Maîtrise des paramètres du tunnelier,
- Mesures de mise en sécurité en cas d'arrêt,
- Injection à l'avancement,
- Allongement du bouchon.

Ces mesures seront précisément définies dans la dernière phase d'études et en fonction des caractéristiques exactes de chaque tunnelier et des résultats des études géotechniques complémentaires qui sont prévues.

**Exemple d'infrastructures concernées par les mesures liées à une utilisation spécifique du tunnelier**

| Infrastructure concernée | Gare ou intergare | adresse |
|---|---|---|
| Bâtiment | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER | 1 avenue Pasteur, Issy-les-Moulineaux |
| Centre commercial des Trois Moulins | Issy RER – Pont de Sèvres | 19 et 21, esplanade Raoul Follereau à Issy |
| Émissaire SIAAP | Issy RER – Pont de Sèvres | Place de la Résistance à Issy |
| Bâtiment | Issy RER – Pont de Sèvres | 20-22-24, rue Pierre Poli à Issy |
| Pont Renault à Boulogne | Issy RER – Pont de Sèvres | Quai G. Gorse à Boulogne |
| Pomperie IDEX et pont Billard | Pont de Sèvres – St Cloud | Quai G. Gorse à Boulogne |
| Voies LGV et L13 | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | |

**Ajustement du profil en long de l'infrastructure**

L'occupation du sous-sol est un des critères de base de l'établissement du profil en long de la Ligne 15 Sud.

La Société du Grand Paris, en tant que maître d'ouvrage, a l'obligation, au stade de l'élaboration du projet, de consulter le guichet unique www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr rassemblant les éléments nécessaires à l'identification des exploitants des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution (art. R. 554-20 du code de l'environnement).

Pour de nombreux ouvrages souterrains et fondations, le maître d'ouvrage a choisi de s'éloigner suffisamment pour éviter toute interaction prévisible.

D'une manière générale, l'occupation du sous-sol actuelle de la zone de projet est dense tout le long de la Ligne 15 Sud. De fait, elle interdit le passage du tunnel dans les 10 premiers mètres de sous-sol, sauf exception et/ou contrainte. Cette interdiction résulte à la fois de contraintes réglementaires de types servitudes, de contraintes normatives et de contraintes techniques. Pour l'essentiel, les canalisations GRT Gaz, SIAAP, TRAPIL et les aqueducs sont dans ce cas.

**Mise en place de parois moulées à rôle structurel**

Ces parois moulées au niveau des gares et des ouvrages annexes permettent d'isoler la zone de travail et donc d'éviter des atteintes aux ouvrages et fondations existants.

Leur rôle structurel améliore fortement la performance des parois moulées dans leur rôle d'écran et permet d'éviter des impacts.

En rendant insignifiants les impacts sur la piézométrie, les parois moulées permettent d'éviter les impacts liés aux tassements différentiels induits par le dénoiement (impacts indirects). En effet, cette technique assure un fond de fouille sec sans mise en œuvre de pompages, pompages entrainant des cônes de rabattement de nappes, et donc des dénoiements.

De même, en limitant la propagation des vibrations produites à l'intérieur de la boite, les parois moulées permettent d'éviter les impacts dus aux vibrations au-delà d'une distance dépendant de la conception de chaque paroi moulée.

**Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions**

Ces consultations sont obligatoires réglementairement (voir par exemple les articles R. 554-21 et suivants du code de l'environnement). Elles ont pour objet, à chaque stade d'avancement de la conception du projet et de la phase travaux, d'échanger sur les contraintes à prendre en compte dues à la présence des ouvrages et de rechercher des solutions partagées. Elles sont essentielles dans le cadre des objectifs de préservation absolue des réseaux concernés.

C'est pourquoi la Société du Grand Paris engagera les échanges nécessaires avec les services des gestionnaires de réseaux afin de garantir la pérennité des ouvrages, et leurs dévoiement si nécessaire.

**Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols**

Le but de cette mesure est de préserver en l'état les ouvrages du sous-sol. Deux catégories de solutions sont envisageables à ce stade des études :

Un dévoiement des réseaux, mené par le gestionnaire, afin de déplacer l'ouvrage dans une secteur où les incidences des travaux de la Ligne 15 Sud seront imperceptibles, ou du moins acceptable pour le maintien de l'ouvrage,

Un confortement de l'ouvrage sur site (à pied d'œuvre ou par injection), afin de renforcer sa structure et réduire sa vulnérabilité aux incidences potentielles des travaux de la Ligne 15 Sud.

- L'étaiement structurel renforcé, dit à pied d'œuvre, qui peut se réaliser suivant différentes méthodes. Celles-ci dépendent notamment des objectifs recherchés, de la nature de l'ouvrage et de l'état de celui-ci. Dans tous les cas, la définition du renforcement à mettre en œuvre nécessite une connaissance approfondie de l'ouvrage en question.

  Les différents dispositifs ont généralement pour objectif d'augmenter la rigidité de l'ouvrage (béton projeté, fibres de carbone, régénération des maçonneries, injections de clavage, cintrage, ceinturage,…) et /ou améliorer l'assise de ces fondations (par exemple avec des micropieux).

**Exemple d'infrastructures concernées par les mesures de confortement ou d'étaiement temporaire de l'ouvrage**

| Infrastructure concernée | Gare ou intergare | Adresse |
|---|---|---|
| Viaduc T2 | Issy RER – Pont de Sèvres | Place de la Résistance, Issy-les-Moulineaux |
| Bâtiment | Issy RER – Pont de Sèvres | 20-22-24, rue Pierre Poli à Issy |
| Bâtiment R+4 et doublement de l'émissaire Sud (branche de Montrouge) | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | |
| Bâtiment d'habitation collective | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | 1, Avenue Carnot - Cachan |
| Intercepteur de Blagis-Cachan | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | |

Il est également possible de protéger l'ouvrage existant avec la réalisation, par exemple, d'un écran de protection positionné entre l'ouvrage existant et le tunnel creusé. La rigidité de l'écran permet alors de limiter la propagation des tassements vers l'ouvrage existant.

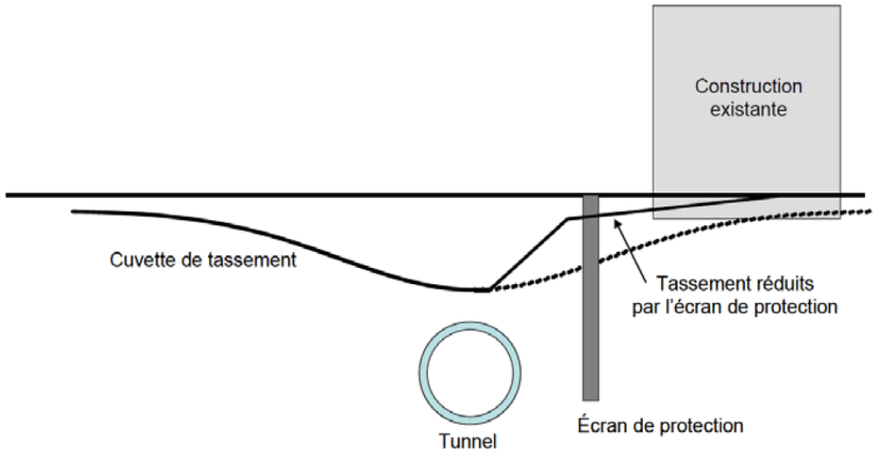



**Schéma de fonctionnement d'un écran de protection (source : Société du Grand Paris)**

- Le confortement des terrains. Cette méthode répond à des objectifs spécifiques qui peuvent varier suivant les nécessités du chantier et dont les principaux sont :
  - Rendre homogène du point de vue géotechnique un ensemble de couches ;
  - Améliorer les caractéristiques géo-mécaniques de terrains (rigidité, résistance, capacité portante,…) ;
  - Réduire la perméabilité d'une zone de terrain.

  Parmi les méthodes généralement utilisées pour améliorer les caractéristiques des terrains, les injections, le jet-grouting, les injections solides, les inclusions rigides et le vibro-compactage peuvent notamment être cités. La congélation permet également la réalisation d'une auréole étanche temporaire autour de l'excavation.

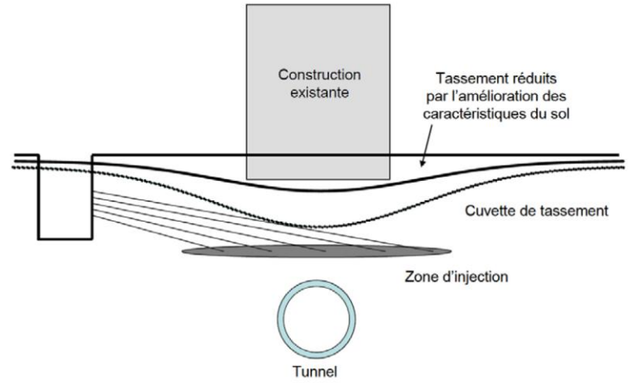



**Schéma de confortement du terrain par injection (source : Société du Grand Paris)**

**Exemple d'infrastructures concernées par les mesures de confortement des terrains**

| Infrastructure concernée | Gare ou intergare | Adresse |
|---|---|---|
| Bâtiment R+5 | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER | 199 avenue De Gaulle, Vanves |
| Viaduc du RER C à Issy-les-Moulineaux | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER | Av. V. Cresson, Issy-les-Moulineaux |
| Bâtiment 61 et 51 | Issy RER – Pont de Sèvres | 61 et 51 rue A. Briand, Issy-les-Moulineaux |
| Viaduc T2 | Issy RER – Pont de Sèvres | Place de la Résistance, Issy-les-Moulineaux |
| Bâtiment SODEXO | Issy RER – Pont de Sèvres | 255 Quai de Stalingrad, Issy-les-Moulineaux |
| Pont Daydé à Boulogne | Issy RER – Pont de Sèvres | Quai G. Gorse à Boulogne |
| Bâti N-59 R+5 | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | 43 bd des Frères Vigouroux |
| Lycée Louis Girard R+4 | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Chatillon-Montrouge | 85, rue Louis GIRARD, 92240 Malakoff |
| Émissaire Sud 2ième Branche | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | 21 ter Boulevard de Stalingrad, Halls 1 et 2 – Malakoff |
| Doublement de l'émissaire Sud | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | 28 Boulevard de Stalingrad, Halls 5 et 6 |
| Voies LGV et L13 | Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge | |
| Immeubles de la Tannerie | Bagneux – Arcueil-Cachan | Rue de la Mégisserie – Bagneux |

| Infrastructure concernée | Gare ou intergare | Adresse |
|---|---|---|
| Bâtiment en sortie de gare d'Arcueil-Cachan | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | 15, Avenue Carnot - Cachan |
| Bâtiment d'habitation collective | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | 1, Avenue Carnot - Cachan |
| Intercepteur de Blagis-Cachan | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | |
| Bâtiment et réseaux Egout profond et Bièvre | Arcueil-Cachan – Villejuif IGR | 21-25 rue Camille Desmoulins |

D'autres méthodes plus particulières peuvent également être mise en œuvre. Il s'agit de systèmes complexes nécessitant souvent des travaux lourds qui permettent, lorsqu'ils sont bien conçus, de limiter fortement l'impact des tassements. Leur mise en œuvre peut être contraignante pour le projet et doit être étudiée de façon détaillée. Ces dispositifs sont souvent mis en œuvre lorsque les méthodes « classiques » de confortement, évoquées précédemment, ne sont pas applicables ou insuffisantes. Les principales méthodes possibles sont les suivantes :

- L'injection de compensation
- L'équipement du bâti par un système de vérins
- Le tablier auxiliaire

**Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages**

Le processus normalisé des études géotechniques (norme NF P 94 500) n'a pas été totalement déroulé pour la phase de conception. La mission G1 de reconnaissance générale et de caractérisation géotechnique des strates géologiques a été réalisée en 2012/2013.

Les missions géotechniques G2 en phase conception sont entreprises.

Ces études géotechniques avancées, qui seront nécessairement réalisées dans les phases d'étude avant travaux auront pour objectif principal de déterminer les mesures à mettre en œuvre dès le processus de construction en phase chantier pour réduire les impacts potentiels.

**Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés**

Les études complémentaires ou réglementaires à effectuer afin de limiter les risques et impacts du projet sur les réseaux et ouvrages enterrés sont toutes les études nécessaires à une connaissance précise et exhaustive de la nature, des caractéristiques, du nombre, de la localisation des réseaux et ouvrages enterrés.

Il s'agit notamment :

- De la cartographie de la nature, des caractéristiques, du nombre, de la localisation des réseaux et ouvrages enterrés ;
- Des impacts locaux du projet sur chaque ouvrage voisin ;
- Des mesures de sécurité que le projet doit intégrer. Les dispositions de la circulaire BSEI n°06-254 du 4 août 2006 relative aux porter-à-connaissance dans ce domaine sont à prendre en compte.

**Suivi topographique de l'avancement des travaux**

- Un suivi topographique de l'avancement du creusement du tunnel sera mis en place afin que les travaux correspondent parfaitement au tracé du dossier projet : le creusement sera surveillé et assisté par un programme de suivi et d'auscultation des déformations induites au niveau des ouvrages.

- Dès qu'une déformation anormale sera constatée, un diagnostic sera apporté afin de déterminer les mesures curatives à mettre en œuvre.

- Cette mesure permettra d'éviter les interactions non voulues (car déviation du tracé initial) entre le projet et les réseaux, infrastructures et fondations non identifiées au stade de la présente étude d'impact.

*b. Effets résiduels*

L'ensemble des mesures d'évitement et de réduction devront viser à empêcher tout impact résiduel.

Toutefois, l'ensemble des impacts ne sera pas maîtrisé dans leur intégralité, notamment vis-à-vis des fondations de bâtis où les données ne sont pas facilement accessibles en raison notamment de l'ancienneté des bâtiments considérés.

A noter que sur la majeure partie du linéaire, le tunnel est implanté à une profondeur suffisamment importante pour que les interactions avec les fondations apparaissent relativement faibles.

*c. Mesures de compensation aux effets résiduels*

**Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement**

La seule mesure de compensation envisageable est l'indemnisation des effets résiduels non acceptables, soit sous forme financière directement, soit sous forme de relogement (habitation, locaux divers, remplacement de réseau), soit par le paiement de travaux permettant une réparation définitive.

*d. Mesures de suivi dans le temps*

**Suivi des mouvement de terrain**

Les mouvements de terrain engendrés par la construction d'un ouvrage sont mesurables par des méthodes d'auscultation en surface et en profondeur, ce qui permet d'évaluer les conséquences du creusement. Les méthodes d'auscultation peuvent être adaptées en fonction de la sensibilité d'une zone, elle-même déterminée en fonction de la sensibilité des avoisinants vis-à-vis des mouvements de terrain. Le suivi des tassements du terrain au cours du creusement permet à la fois de connaître les conséquences du creusement et d'adapter les paramètres de creusement pour maîtriser au mieux les impacts sur les avoisinants.

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, le suivi des auscultations suivant quatre types de zones et méthodes est préconisé:

- Sur le fuseau élargi du projet, un nivellement topographique de précision de quelques points et des bâtis identifiés est conduit à intervalle régulier. De plus, les bâtis sensibles sont aussi suivis par le biais de tiltmètres ou d'électronivelles et, dans le cas où le bâti est fissuré, des fissuromètres permettent de suivre l'état de la fissuration.

- Dans la zone d'influence du tunnel, sur les 33 km de tracé du tunnel, des sections de nivellement sont mises en place perpendiculairement au tracé et à intervalle régulier. Ces points topographiques sont relevés régulièrement sur l'ensemble du tracé et des mesures

renforcées sont effectuées en amont et en aval de la roue de coupe lors du passage du tunnelier.

- À l'approche des points de passage particuliers, soit environ cent quarante zones, des sections de mesures renforcées doivent être mises en place. Ces sections couplent un nivellement de précision avec des tassomètres multiples et des inclinomètres. Les données sont automatiquement acquises et traitées, ce qui permet d'analyser les conséquences du passage du tunnelier et d'adapter au mieux les paramètres de creusement pour le passage des ouvrages sensibles.

- Pour les points durs, soit environ quarante zones, dont un contrôle renforcé et continu est nécessaire, un contrôle topographique continu (3D Monitoring) doit être mis en place. Il s'agit d'un nivellement de précision automatique, intégrant l'acquisition et le traitement des données en plus d'un système d'alerte automatique. Ce contrôle permet une grande réactivité en cas de franchissement des seuils d'alerte.

- Cette dernière mesure permettra d'éviter les interactions non voulues (car déviation du tracé initial) entre le projet et les réseaux, infrastructures et fondations non identifiées au stade de la présente étude d'impact.

**Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés**

Ce suivi sera effectué durant les différentes phases de construction de l'infrastructure, les entreprises de Maitrise d'œuvre assisteront la Société du Grand Paris.

**Monitoring géotechnique**

Les missions géotechniques G3, G4 et G5 en phase travaux permettront de mettre en place un monitoring géotechnique ayant pour objectif de détecter tout problème de cette nature et de prendre les dispositions nécessaires pour y remédier. La conception de ce monitoring reposera sur les bases suivantes :

- identification des éléments sensibles une fois la conception terminée,
- pose de capteurs permettant de détecter des grandeurs caractéristiques : mouvement de sol, mouvement d'ouvrage, variation de pente dans un collecteur,
- Suivi pendant le chantier de ces capteurs,
- Définition et application d'une procédure d'alerte en cas d'anomalie.

## 1.7.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'occupation du sous-sol

### *1.7.2.1 Impacts directs et indirects*

Les incidences du projet en phase exploitation étant issues essentiellement des vibrations émises, elles sont décrites dans la partie dédiée aux vibrations.

### *1.7.2.2 Mesures d'accompagnement*

*a. Mesures d'évitement*

Aucune mesure d'évitement n'est nécessaire.

*b. Mesures de réduction*

Aucune mesure de réduction n'est nécessaire.

*c. Effets résiduels*

Il n'y a donc pas d'effet résiduel.

*d. Mesures de suivi dans le temps*

**Monitoring géotechnique**

Le monitoring mis en place en phase travaux sera prolongé au moins sur la période de démarrage de la phase d'exploitation pour s'assurer de l'absence d'effet résiduel en cours d'exploitation.

### 1.7.3 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'occupation du sous-sol

Les ouvrages et fondations présents dans le sous-sol sont les véritables cibles d'impacts localisés. En effet, les désordres engendrés dans le sous-sol ont, sauf exception, des effets négatifs faibles à forts sur ces ouvrages.

Les principaux impacts sur les réseaux correspondent à :

- La destruction et/ou la dégradation des réseaux, des infrastructures et des fondations de bâtiments directement par atteinte à ces derniers, tout le long du tracé.
- Indirectement, aux fuites des différents réseaux et collecteurs entrainant d'éventuelles pollutions, émanations et explosions susceptibles de porter atteintes à l'environnement proche et à la santé humaine des intervenants sur chantier.
- Indirectement, au dérangement du sous-sol et mouvements entraînants fissurations, effondrements, voire ruptures.

Les principales mesures mises en œuvre pour éviter, réduire ou compenser les impacts précitées sont les suivantes :

- Rappel : Les méthodes constructives liés au projet, évitant les dérangements du sous-sol notamment lié au mouvement de terrain et aux variations de la piézométrie des nappes,
- La consultation systématique des gestionnaires de réseaux en amont des travaux,
- Aux missions géotechniques approfondies permettant une meilleure caractérisation des propriétés du sous-sol. Sur certains secteurs, le contexte local conduira à poursuivre ces suivis en phase exploitation de manière à pouvoir prendre les dispositions nécessaires pour intervenir,
- À procéder à une collaboration entre maîtres d'ouvrage concernant les projets tiers avoisinants identifiés.

En cas de dégâts non évitables, notamment concernant les fondations de bâtis, des mesures compensatoires d'indemnisation et/ou de relogement seront à prévoir.

**Synthèse des impacts et mesures associées concernant l'occupation du sous-sol – phase chantier**

| Section | Niveau d'enjeu | Réseau concerné | Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet | | Mesures |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur) | GRT Gaz | Pont de Sèvres : interception d'une canalisation de diamètre 300mm | | **PHASE CHANTIER**<br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Utilisation d'un tunnelier<br>Ajustement du profil en long de l'infrastructure<br>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes<br>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions<br>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols<br>Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages<br>Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés<br>Suivit topographique de l'avancement des travaux<br>**Mesures de compensation**<br>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement<br>**Mesures de suivi**<br>Suivi des mouvements de terrain<br>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés<br>Monitoring géotechnique |
| | | | OA Place de la Résistance : interception d'une canalisation de diamètre 600mm | | |
| | | TRAPIL | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | CPCU et réseaux de froid | Pont de Sèvres : interception de deux canalisations IDEX de 500mm de diamètre chacun | | |
| | | Eau potable | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | RTE | Pont de Sèvres : interception de la liaison 63kV Billancourt Porchefontaine | | |
| | | Eau usée | Tunnel : | 6m de distance avec le réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC) | |
| | | | | 7m de distance avec le siphon Sèvres-Boulogne | |
| | | | | 6m de distance avec l'émissaire sud 2ième branche SIAAP | |
| | | | | 7m de distance avec l'émissaire Issy Sud & Nord (SEVESC) | |
| | | | Pont de Sèvres et OA Place de la Résistance : proximité immédiate avec l'émissaire SERO | | |
| | | Infrastructures de transport | Tunnel et gare Issy RER : Fondations du viaduc RER C | | |
| | | Bâti | Tunnel : Présence dense de bâtiments de moyens à grande hauteur | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Réseau concerné | Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet | | Mesures |
|---|---|---|---|---|---|
| **Issy RER à Arcueil Cachan** | Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur | GRT Gaz | Tunnel et ouvrages non concernés | | **<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>**<br>Utilisation d'un tunnelier<br>Ajustement du profil en long de l'infrastructure<br>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes<br>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions<br>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols<br>Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages<br>Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés<br>Suivit topographique de l'avancement des travaux<br>**<u>Mesures de compensation</u>**<br>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement<br>**<u>Mesures de suivi</u>**<br>Suivi des mouvements de terrain<br>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés<br>Monitoring géotechnique |
| | | TRAPIL | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | CPCU et réseaux de froid | Bagneux : Interception de trois canalisations de diamètre 250, 125 et 80mm | | |
| | | Eau potable | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | RTE | Châtillon-Montrouge : interception de la liaison RTE 63kV COS 48 Fo Bertholllt – Vanves 2008 | | |
| | | Eau usée | Tunnel : | 5.6m de distance avec l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à proximité de Châtillon-Montrouge) | |
| | | | | 3.9m de distance avec le doublement de l'émissaire sud 2ième branche (antenne de Montrouge) | |
| | | | | 4m de distance entre l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à l'est de l'OA Robespierre) | |
| | | | | 2.7m de distance avec l'intercepteur de Blagis-Cachan (à l'est de l'OA Robespierre) | |
| | | | | 5.6m de distance avec le réseau profond de Cachan (à l'est de l'OA Square Général de Gaulle) | |
| | | Infrastructures de transport | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | Bâti | Tunnel : Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur | | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur | GRT Gaz | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | TRAPIL | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | CPCU et réseaux de froid | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | Eau potable | Tunnel : Interception des aqueducs du Loing, de la Vanne et du Rungis | | |
| | | RTE | Vitry Centre : Interception des liaisons : 63kV Arrighi-Chevilly, 225kV Chevilly-Coriolis | | |
| | | Eau usée | Tunnel : | Le tunnel longe en parallèle l'émissaire de Villejuif R2 (entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre) | |
| | | | | Plus de 10m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (au nord-ouest de la gare de Vitry Centre) | |
| | | Infrastructure de transport | Tunnel et gare Villejuif Louis Aragon: Passage sous le tunnel du Métro Ligne 7 | | |
| | | Bâti | Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Réseau concerné | Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet | | Mesures |
|---|---|---|---|---|---|
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat. | GRT Gaz | OA Friche Arrighi : interaction possible entre les installations d'évacuation des déblais et deux canalisations de 300 et 600mm de diamètre | | **Mesures d'évitement et de réduction**<br>Utilisation d'un tunnelier<br>Ajustement du profil en long de l'infrastructure<br>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes<br>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions<br>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols<br>Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages<br>Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés<br>Suivit topographique de l'avancement des travaux<br>**Mesures de compensation**<br>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement<br>**Mesures de suivi**<br>Suivi des mouvements de terrain<br>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés<br>Monitoring géotechnique |
| | | | Le Vert de Maisons : interception d'une canalisation de diamètre 300mm | | |
| | | | OA Avenue Roger Salengro : interception d'une canalisation de diamètre 200mm | | |
| | | | Puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny : proximité d'une canalisation de diamètre 100mm | | |
| | | TRAPIL | Tunnel : présence d'un réseau TRAPIL entre la gare des Ardoines et l'OA Friche Arrighi, à 1m sous le TN | | |
| | | CPCU et réseaux de froid | Les Ardoines : interception de deux canalisations CV Distrib de diamètre 250 et 350mm | | |
| | | | Créteil l'Echat : interception d'une canalisation double (deux fois 250mm de diamètre) du réseau Dalkia + proximité avec la chaufferie | | |
| | | Eau usée | Tunnel : | 8m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine) | |
| | | | | Distance importante avec l'émissaire SIAAP Rive Droit S. (quais Jean-Baptiste Clément, commune d'Alfortville) | |
| | | | | 7m de distance environ avec l'émissaire SIAAP VL9 (à l'est de Le Vert de Maisons) | |
| | | | | Le tunnel longe parallèlement l'émissaire SIAAP VL3b (Saint-Maur – Créteil) | |
| | | | | Distance importante avec l'émissaire SIAAP VL3c (quai de Halage, Saint-Maur-des-Fossés) | |
| | | | | 5m de distance avec l'émissaire SIAAP NCSM (rue Charles Floquet, à Joinville-le-Pont) | |
| | | Eau potable | Tunnel et ouvrages non concernés | | |
| | | RTE | SMI Vitry : présence dense de liaisons (4 de 63kV, 1 de 225kV)<br>Créteil L'Echat : Interception de la liaison 225kV Arrighi Colonie | | |
| | | Infrastructures de transport | Tunnel et gare Les Ardoines : Passage sous les voies du RER C et les correspondances souterraines de la gare RER des Ardoines<br>Tunnel et gare Saint-Maur – Créteil : Passage sous le RER A | | |
| | | Bâti | Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Réseau concerné | Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet | Mesures |
|---|---|---|---|---|
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz) | GRT Gaz | Tunnel et ouvrages non concernés | **<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>**<br>Utilisation d'un tunnelier<br>Ajustement du profil en long de l'infrastructure<br>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes<br>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions<br>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols<br>Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages<br>Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés<br>Suivit topographique de l'avancement des travaux<br>**<u>Mesures de compensation</u>**<br>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement<br>**<u>Mesures de suivi</u>**<br>Suivi des mouvements de terrain<br>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés<br>Monitoring géotechnique |
| | | TRAPIL | Tunnel et ouvrages non concernés | |
| | | CPCU et réseaux de froid | Tunnel et ouvrages non concernés | |
| | | Eau usée | Tunnel : Distance importante avec l'émissaire Marne Aval (à l'ouest de la gare de Bry-Villiers-Champigny) | |
| | | Eau potable | Tunnel et ouvrages non concernés | |
| | | RTE | Tunnel et ouvrages non concernés | |
| | | Infrastructures de transport | Tunnel: Passage sous le RER E et la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise | |
| | | Bâti | Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur jusqu'à la gare de Bry-Villiers-Champigny puis enjeu modéré | |

**Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase exploitation**

| Éléments concernés | Zones impactées si spécifiquement localisées | Éléments du projet en interaction | Impacts potentiels | Niveau d'impact brut avant l'application des mesures | Mesures | Impacts résiduels | Mesures compensatoires |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ensemble des réseaux et fondations identifiés sur le linéaire | Ensemble du linéaire | Tunnel | *<u>Impact direct</u>*<br>Lié aux aspects vibratoires | Peu quantifiable | *<u>Évitement</u>*<br>néant<br>*<u>Réduction</u>*<br>néant<br>*<u>Suivi</u>*<br>Suivi des propriétés du sous-sol au travers de la déformation du tunnel | néant | néant |

### 1.7.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement relatives à l'occupation du sous-sol

#### *1.7.4.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier*

**Coûts des mesures – Phase chantier**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure |
|---|---|
| Ajustement du profil en long | Intégré aux coûts des études préliminaires |
| Mise en œuvre de parois moulées | Intégré au coût du projet – Ces parois moulées ont aussi un rôle structurel de mur porteur externe de la gare ou du puits |
| Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions | Évalué lors des études ultérieures |
| Études géotechniques approfondies pour les passages à proximité de fondations profondes | Évalué lors des études ultérieures |
| Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés | Évalué lors des études ultérieures |
| Suivi topographique de l'avancement des travaux | Intégré à la gestion du chantier |
| Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement | Évalué lors des études ultérieures |
| Monitoring géotechnique | Intégré au coût des travaux |

#### *1.7.4.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation*

**Coûts des mesures – Phase exploitation**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure |
|---|---|
| Monitoring géotechnique | Très variable selon les choix du maître d'ouvrage |

## 1.8 Gestion des terres et des milieux pollués

Dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud, plusieurs chantiers ponctuels seront conduits en parallèle et se traduiront par l'excavation d'une quantité importante de terre, polluées ou non. Ces terres ne pourront pas toujours être gérées sur site et devront alors être évacuées hors du chantier, selon la réglementation sur les déchets et les documents de planification en vigueur. Il s'agit de définir les conditions en matière de gestion des matériaux et des milieux souterrains garantissant la protection de la santé humaine et de l'environnement.

### 1.8.1 Gestion des déblais

#### *1.8.1.1 La planification et la définition des orientations de gestion des matériaux excavés engagées par la Société du Grand Paris*

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. Ces réflexions, déclinées pour chaque ligne, ont été traduites dans un document spécifique, le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED), réalisé en 2013.

Le SDED est un document de cadrage qui définit les engagements du maître d'ouvrage et fixe les grands principes de gestion des déblais issus de la construction des lignes du Grand Paris Express. Ces principes ont été déclinés dans les études de projet par la maîtrise d'œuvre et seront traduits dans les cahiers des charges des marchés publics de travaux pour la réalisation des chantiers par l'intégration de clauses spécifiques.

La stratégie de gestion prévue et formalisée dans le SDED s'articule autour de cinq orientations principales :

- **Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré)** et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- **Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement** et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- **Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais** en limitant le stockage définitif des terres inertes notamment, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- **Développer la synergie entre les acteurs et le territoire** afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- **Organiser le suivi opérationnel des chantiers** en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

Les principes de gestion des déblais à partir de chaque site de production sont affinés au fur et à mesure des étapes du projet. En phase de maîtrise d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est adjoint les conseils d'un assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé en logistique et en gestion des déblais, afin d'aller plus loin dans la démarche de planification et pour concevoir des scénarios de gestion adaptés aux territoires d'implantation des projets.

Ce travail engagé s'articule autour de quatre axes principaux :

- La maîtrise du contexte règlementaire de la gestion des terres excavées, et notamment de ces évolutions ;
- La définition plus fine des caractéristiques physico-chimiques des déblais, d'une part pour préciser site par site les quantités de déblais non inertes et d'autres part pour estimer les possibilités de valorisation et de réemploi en matériaux de construction. La méthodologie mise en œuvre est détaillée dans la suite du chapitre ;
- La structuration de la gestion des terres afin de maîtriser et développer les filières (recyclage, traitement, valorisation, stockage, transport) à des échelles adaptées au projet du Grand Paris Express et maitriser la traçabilité ;
- L'implication du maître d'ouvrage dans l'élaboration des marchés de travaux pour ne pas laisser l'entière planification de la gestion aux entreprises.

L'application de ces principes et objectifs pour la Ligne 15 Sud est détaillée dans les paragraphes ci-dessous.

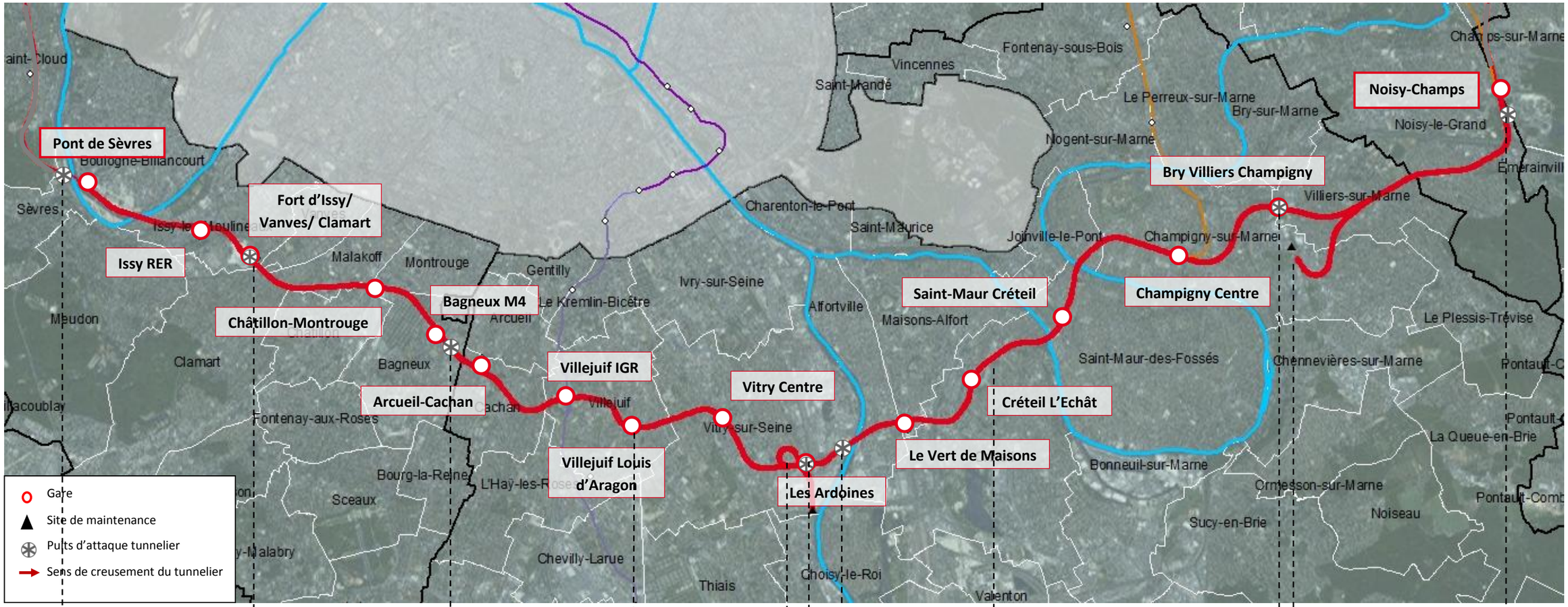
#### *1.8.1.2 L'excavation des déblais*

*a. Impacts en phase chantier*

La réalisation du projet de métro souterrain de la Ligne 15 Sud sera à l'origine de la production de déblais liée d'une part au creusement des tunnels par la technique des tunneliers et, d'autre part aux travaux de terrassement des gares et autres ouvrages de surfaces nécessaires au fonctionnement de la ligne.

L'utilisation de tunneliers nécessite la création en phase travaux d'ouvrages spécifiques, les puits d'entrée de tunnelier (également appelés puits d'attaque) permettant de descendre et d'assembler les éléments des tunneliers pour démarrer le creusement. C'est à partir de ces sites que les déblais générés par le creusement du tunnelier sont sortis. De la même façon, des puits de sortie doivent être créés afin de pouvoir démonter le tunnelier une fois le creusement terminé. Les principes de creusement du linéaire du tunnel et ces puits sont schématisés sur la figure ci-dessous.

**Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier** (source : Société du Grand Paris)



Chaque site (gare, puits d'entrée/sortie de tunnelier, ouvrage annexe et atelier) représente un point ponctuel de production de déblais. Les quantités de déblais excavés pour chaque site de production à l'échelle de la Ligne 15 Sud sont détaillées dans le tableau ci-dessous. Les données sont issues des études d'avant-projet établies par le maître d'œuvre.

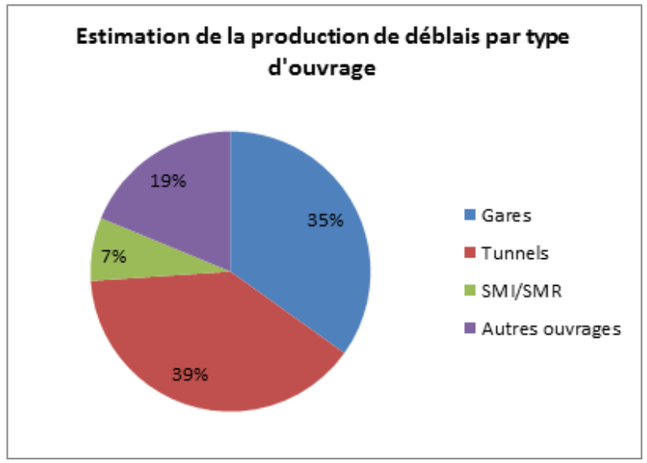
Pour les tunnels, la quantité de volume de terres excavées correspond au produit de la section du tunnelier par la longueur du linéaire de tunnel creusé. Pour les gares et autres ouvrages de surface, il s'agit du produit de la profondeur par rapport au terrain naturel par la surface, qui dépend de la forme de chaque ouvrage.

**Estimation de la production de déblais de la Ligne 15 Sud par site d'extraction**
(Source : Société du Grand Paris)

| Sites d'extraction | Ouvrages concernés | Volume estimé en m³ en place[3] |
|---|---|---|
| Puits d'entrée OA 2301P-Ile de Monsieur | Puits + tunnelier | 330 000 |
| Gare Pont de Sèvres | Gare | 193 500 |
| Gare Issy RER | Gare | 126 000 |
| Gare Fort d'Issy /Vanves/Clamart | Gare + tunnelier | 425 000 |
| Gare Châtillon-Montrouge | Gare | 141 500 |
| Gare Bagneux | Gare | 147 000 |
| Puits d'entrée OA 1801P-Parc Robespierre | Puits + tunnelier | 341 000 |
| Gare Arcueil-Cachan | Gare | 119 000 |
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy | Gare | 250 500 |
| Gare Villejuif Louis Aragon | Gare | 100 000 |
| Gare Vitry Centre | Gare | 106 000 |
| Gare Les Ardoines | Gare + tunnelier débranchement SMI | 150 000 |
| Débranchement SMI | Ouvrage de débranchement SMI | 94 000 |
| SMI de Vitry | Site de maintenance | 42 000 |
| Puits d'entrée OA 1302P-Friche Arrighi | Puits + tunneliers | 563 000 |
| Gare Le Vert de Maisons | Gare | 123 000 |
| Gare Créteil L'Echât | Gare | 90 000 |
| Gare Saint-Maur Créteil | Gare | 107 000 |
| Gare Champigny Centre | Gare | 110 000 |
| Entonnement ligne rouge/orange | Ouvrage spécial | 142 000 |
| SMR de Champigny | Site de maintenance | 403 000 |
| Entonnement SMR | Ouvrage de débranchement vers le SMR | 138 000 |
| Gare Bry Villiers Champigny | Gare + tunnelier | 624 000 |
| Avant-gare de Noisy-Champs | Ouvrage + tunneliers | 641 000 |
| Gare Noisy-Champs | Gare | 121 000 |
| Arrière-gare de Noisy-Champs | Ouvrage | 168 000 |
| Ouvrages annexes (hors puits d'entrée tunnelier) | Ouvrages annexes | 299 000 |
| | **Total** | **6 094 000** |

**Le volume de déblais à excaver dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud est estimé à environ 6 millions de m³, soit près de 12 millions de tonnes** (sur la base d'une densité de 2 t/m³)**.**

Les principaux travaux générateurs de déblais sont la construction du tunnel qui représente 39 % du volume total et les gares avec 35 % du volume. Le reste des déblais provient essentiellement de la réalisation des ouvrages annexes, des ateliers de maintenance et de l'avant et arrière gare de Noisy-Champs.




**Répartition de la production des déblais par ouvrage**
(Source : Société du Grand Paris)

[3] *volume de terre avant l'intervention des opérations d'excavation. Une fois les terres excavées, le matériau augmente de volume et est affecté d'un coefficient de foisonnement de 1,2 pour les terres du tunnelier et de 1,3 pour les ouvrages réalisées en méthode traditionnelle (1 m³ en place occupera pour les terres du tunnel un volume de 1,2 m³ lors de son déplacement et 1,3 m³ pour les autres ouvrages).*

*b. Mesures d'évitement et de réduction associées à l'excavation des déblais*

Toutes les mesures destinées à limiter les risques et nuisances potentiels pour les riverains et l'environnement et à en réduire la durée font partie intégrante de la réflexion engagée par la Société du Grand Paris.

La première étape dans la conception du projet a consisté à réduire la quantité des volumes à excaver. Cela se traduit essentiellement par :

- **Le choix de l'utilisation de la technique du tunnelier** : cette méthode mécanique permet d'éviter la réalisation de tranchées et l'excavation des terres depuis la surface dans un contexte d'insertion urbaine dense. Elle permet de réduire le linéaire du tunnel reliant les gares car sa construction n'est pas contrainte par le bâti de surface. Seuls les volumes de la section du tunnel sont à excaver.
- **L'optimisation du dimensionnement des ouvrages** : la conception, le dimensionnement et les principes de réalisation des ouvrages ont été adaptés et affinés dans les différentes phases d'étude du projet afin de réduire les volumes à excaver (remontée du niveau des tunnels pour réduire la profondeur des gares, réduction de la longueur des gares …). Ainsi, entre les études préliminaires et l'AVP-b, le volume global à excaver a pu être réduit. Le volume estimé pour la construction des gares a globalement diminué de 2% entre ces deux stades d'études, tandis que le volume associé aux tunnels a diminué de 7%. À titre d'exemple, l'optimisation de la gare Villejuif IGR permet d'éviter l'excavation d'environ 55 000 $m^3$.

- **La mutualisation des ouvrages** : la Société du Grand Paris a cherché autant que possible à mutualiser la création des puits d'attaque/sortie de tunnelier avec les ouvrages destinés à rester en service lors de la phase d'exploitation pour éviter la production de déblais supplémentaires. Ces puits ont ainsi pu être intégrés aux volumes des boites gares ou pourront être réutilisés en phase d'exploitation comme ouvrage annexe.

### *1.8.1.3 Qualité des déblais excavés*

*a. Impacts liés à la qualité des déblais*

Dans la zone d'étude restreinte, urbanisée de longue date il existe un risque de découverte de sols pollués par l'activité humaine dans les horizons superficiels du sol, principalement en lien avec les travaux des gares et autres ouvrages du projet construits depuis la surface.

L'analyse des bases de données nationales BASIAS et BASOL dans l'état initial a mis en évidence des enjeux principalement localisés au niveau des secteurs industriels du Sud de l'agglomération parisienne (Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Alfortville) ainsi que les anciens secteurs industriels de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux. Le risque de découverte de sols pollués dans ces secteurs est donc élevé.

Les principaux polluants qui peuvent être rencontrés sont d'origine anthropique, et, de ce fait, sont épandus en surface et peuvent être entraînés dans le sous-sol avec l'infiltration des eaux. Il s'agit notamment :

- des métaux et métalloïdes, qui sont peu mobiles dans les sols et sont donc principalement localisés dans les horizons de surface ;
- des hydrocarbures, qui peuvent migrer en profondeur, mais s'arrêtent au niveau du toit de la nappe souterraine du fait de leur faible densité ;
- des solvants halogénés chlorés (COHV) qui peuvent migrer en profondeur à travers les eaux souterraines et s'accumuler à la base des nappes.

Les sols situés sous le niveau de la nappe ne présentent ainsi pas de risque de pollutions aux métaux et hydrocarbures, mais ils sont sensibles aux pollutions aux solvants halogénés chlorés.

Les volumes de terres issues du creusement du tunnel situés sous le niveau de la nappe ne présentent donc un risque de pollution que si la nappe est polluée aux solvants halogénés chlorés. Les déblais extraits pour la construction, depuis la surface, des ouvrages avec émergences ou des sections de tunnel construites en tranchée couverte sont en revanche susceptibles d'être pollués.

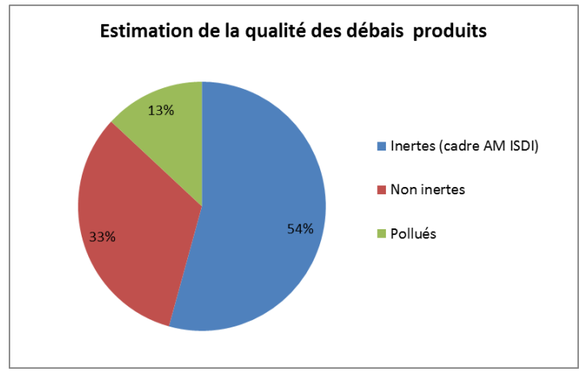
La quantité et la qualité (inerte ou non, pollué ou non) des terres excavées ont été évaluées par les maitres d'œuvre sur la base du stade actuel des études (AVP-b). Dans l'attente de plans de gestion plus précis, les hypothèses majorantes principales retenues sont les suivantes :

- Les cinq premiers mètres des terrains (remblais et éboulis) ont été considérés comme pollués ;
- Toutes les formations géologiques potentiellement sulfatées ont été considérées comme non inertes.

**Estimation de la nature et de la qualité des déblais de la Ligne 15 Sud** (source : Société du Grand Paris)

| Horizons géologiques traversés au droit de la Ligne 15 Sud | Qualité présumée des matériaux excavés ($m^3$ en place) | | | Méthode d'excavation (% volume) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Inertes | Non inertes | Pollués | traditionnelle | tunnelier |
| Remblais | 45 000 | 0 | 573 040 | 100 % | 0 |
| Alluvions Modernes et Eboulis | 52 494 | 0 | 75 500 | 99% | 1% |
| Alluvions Anciennes | 286 120 | 0 | 34 500 | 99% | 1% |
| Calcaire de Brie | 119 794 | 0 | 500 | 100 % | 0 |
| Argile Verte | 233 814 | 0 | 0 | 100 % | 0 |
| Marnes Supragypseuses - Marne de Pantin | 24 100 | 178 895 | 0 | 81 % | 19% |
| Marnes Supragypseuses - Marne d'Argenteuil | 0 | 670 675 | 0 | 76% | 24% |
| Marnes et masses du gypse | 0 | 256 375 | 0 | 31% | 69% |
| Calcaire de Champigny | 646 911 | 0 | 0 | 41% | 59% |
| Marnes infragypseuse | 0 | 36 229 | 0 | 100% | 0 |
| Sables verts | 15 714 | 0 | 0 | 100% | 0 |
| Marno-calcaire de Saint-Ouen | 0 | 317 439 | 15 000 | 49% | 51% |
| Sables de Beauchamp | 0 | 133 834 | 6 500 | 57% | 43% |
| Marnes et Caillasses | 60 800 | 384 852 | 18 500 | 34% | 66% |
| Calcaire Grossier | 392 622 | 0 | 56 000 | 57% | 43% |
| Sables Ypresien | 92 537 | 0 | 0 | 49% | 51% |
| Fausses glaises et Argile Plastique | 515 703 | 0 | 14 000 | 29% | 71% |
| Marno-calcaire du Montien | 96 445 | 0 | 9 000 | 30% | 70% |
| Craie | 529 604 | 0 | 0 | 25% | 75% |
| Parois moulées (horizons mixtes) | 203 000 | 0 | 0 | 100% | 0 |
| **Sous-totaux** | **3 314 660** | **1 978 300** | **802 540** | **100%** | |
| **Total** | **6 095 500** | | | | |

Sur la base de ces hypothèses maximisant les volumes de déblais pollués et non inertes à ce stade des études du projet, **plus de la moitié du volume total des déblais est identifiée comme inertes et 1/3 des déblais comme non inertes, en raison notamment de la présence potentielle de matériaux sulfatés.**




**Répartition du volume de matériaux excavés selon les trois catégories de déchets**
(source : Société du Grand Paris)

Le risque de présence de matériaux sulfatés est marqué dans les horizons géologiques traversées par les tunneliers notamment sur la partie du linéaire de la Ligne 15 Sud entre le parc Robespierre et Noisy-Champs. Le faible taux de matériaux pollués s'explique par le fait que le volume généré par le creusement du tunnel (principal poste de production) est peu pollué en raison de la profondeur de l'ouvrage.

La découverte de sols pollués et leur excavation est susceptible d'avoir des effets sur l'environnement à plusieurs titres. Sur le plan sanitaire, les affouillements se faisant en milieu confiné certains composants organiques et halogénés organiques, aujourd'hui piégés dans les sols sont susceptibles d'être libérés au contact de l'air. Lors de la réalisation des travaux, il existe un risque d'interaction avec les eaux souterraines au droit d'une poche de pollution. Les terres excavées polluées doivent faire l'objet d'une gestion particulière pour éviter la dispersion et la contamination des terrains en surface lors du stockage.

La présence de matériaux sulfatés à une incidence sur le choix de la filière de gestion puisque ces matériaux ne peuvent pas être éliminés en ISDI si ces sites ne disposent pas d'un seuil en sulfate à l'entrée défini par leur arrêté préfectoral supérieur au seuil fixé par l'AM du 28/10/2010.

Une attention particulière sera également apporté aux secteur des Ardoines ou les remblais pourraient présenter une radioactivité naturelle renforcée compte-tenu activités passées productrices de cendres et de mâchefers.

**Ces estimations sont appelées à être réévaluées par la suite avec l'avancement des campagnes de caractérisation chimique et physique des terres et des diagnostics de pollution du milieu souterrain.**

L'exécution des terrassements en méthode traditionnelle, *i.e.* hors creusement mécanique par la méthode du tunnelier, permet à l'excavation de réaliser un tri par formation géologique. **Le potentiel de valorisation est donc maximum pour les terrassements des volumes des gares, des puits, des ateliers, des ouvrages de l'avant et arrière gare de Noisy-Champs et des sections de tunnel réalisées en tranché hors présence identifiée de pollution.**

Le creusement au tunnelier se caractérise par l'excavation de fronts mixtes induisant un mélange des terres lorsque les entités géologiques traversées par le tunnelier ne sont pas homogènes sur le linéaire du tunnel. **Le potentiel de réutilisation des terres excavées par les tunneliers en matériaux de construction n'est donc pas certain, et nécessitera des caractérisations de ces matériaux en phase travaux.**

Les entités géologiques homogènes en pleine section traversées par le tunnelier sont limitées sur le linéaire aux portions :

- entre le puits de l'Ile de Monsieur et la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart à l'extrémité Ouest du tracé où le linéaire du tunnelier traverse la Craie ;
- sur une faible section en amont et aval de la gare Villejuif IGR, le tunnelier traverse les Masses et Marnes du gypse ;
- entre la gare de Vert de Maisons et Créteil L'Echât, le tunnelier traverse les Marnes Caillasses. Des horizons des Sables de Beauchamp pourront être rencontrés ponctuellement ;
- au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil, la portion de tunnel est dans la Craie ;
- entre l'OA 0803P et la gare de Bry Villiers Champigny à l'extrémité est de la Ligne 15 Sud, le tunnelier traverse en pleine section le Calcaire de Champigny. À noter que l'horizon des Marnes d'Argenteuil pourra être rencontré ponctuellement.

Pour le reste du linéaire, le creusement au tunnelier sera à l'origine de l'excavation de fronts mixtes regroupant les horizons allant des Marnes de Pantin et d'Argenteuil aux Marnes de Meudon à la Craie. Le potentiel de valorisation pris par défaut à ce stade en amont d'une caractérisation géotechnique et chimique plus fine des terres correspond à celui de l'horizon le plus limitant de la section.

Le potentiel de réutilisation des terres est également fonction du type de tunnelier utilisé, tunnelier à pression de terre ou tunnelier à pression de boue. Dans le cas d'un tunnelier à pression de boue, les matériaux sont excavés sous la forme d'un marinage hydraulique nécessitant un traitement en surface pour déshydrater les matériaux. Cette méthode nécessite également l'incorporation obligatoire d'adjuvants susceptibles de modifier les caractéristiques physiques et chimiques des terres et de réduire leur potentiel de valorisation en les contaminants et en les rendant non inertes (ex : bentonite). Avec un tunnelier à pression de terre, l'apport d'eau et l'apport éventuel d'adjuvant (nécessaire parfois en fonction du type de terrain rencontré, comme pour les terrains sableux) sont également succeptibles de modifier les caractéristiques des matériaux. À ce stade du projet, le choix du type de tunneliers qui seront utilisés n'est pas déterminé.

### *b. Mesures associées à la qualité des déblais*

Il est difficile d'établir des mesures concernant la qualité des sols qui seront excavés. La Société du Grand Paris dans la démarche qu'elle a engagé s'est néanmoins fixée comme priorité la recherche de l'ensemble des filières de valorisation possibles pour les déblais du Grand Paris Express, y inclus ceux de la Ligne 15 Sud.

Les terres polluées et/ou radioactives feront l'objet de plans de gestion spécifiques. Leur excavation et leur stockage temporaire sur les sites de chantier avant leur évacuation seront encadrés pour éviter la contamination des autres volumes de terres et des sols en surface. Des chantiers de dépollution anticipée pourront être mis en œuvre en fonction des contraintes du chantier, des autorisations et du planning de réalisation des terrassements pour tenir les calendriers de mises en service. Ces terres pourront être évacuées vers des centres de traitement afin de pourvoir les réintégrer dans des filières pour matériaux inertes et éviter leur stockage définitif dans des installations de déchets dangereux (ISDD). Par ailleurs, des mesures comme l'aération des fouilles, permettra de réduire les risques sanitaires associées. Des mesures spécifiques seront prises pour éviter la pollution des eaux souterraines.

Le potentiel de réutilisation des déblais est fonction de leur nature et de leur qualité physique et chimique. La Société du Grand Paris étudie le potentiel des déblais pour être utilisés en matériaux pour la construction et l'industrie (granulats pour béton, industrie du plâtre…) ou en remblais dans le cadre de la recherche de l'équilibre déblais/remblais du projet du GPE ou d'autres projets d'aménagement portés par les territoires.

Pour cela, préalablement au lancement des travaux de terrassement, **la Société du Grand Paris a lancé des campagnes d'analyses physico-chimiques sur des échantillons prélevés sur les carottes des missions géotechniques G11 et G12 réalisées aux niveaux des futurs sites de travaux**. Ces analyses, réalisées en laboratoire, consistent à déterminer quantitativement les teneurs des composés chimiques susceptibles d'être présent dans les sols afin de les comparer aux valeurs seuils et aux critères d'admissions dans les filières d'accueil définis par la réglementation et de classer les matériaux selon leur classification GTR en vue de déterminer leur utilisation potentielle.

**Méthodes de caractérisation chimique et du caractère inerte des terres mise en œuvre à l'échelle de la Ligne 15 Sud :**

L'infrastructure étant souterraine, elle s'inscrit dans des faciès géologique variés situés à plus ou moins grande profondeur par rapport à la surface du sol. Les prélèvements de sol sont effectués sur les carottes issues des campagnes géotechniques ou de reconnaissances spécifiques suivant les méthodes normalisées en vigueur applicables aux sols et aux déchets.

Le schéma suivant synthétise la procédure de caractérisation et les essais mis en œuvre afin de caractériser les matériaux à caractère inerte.

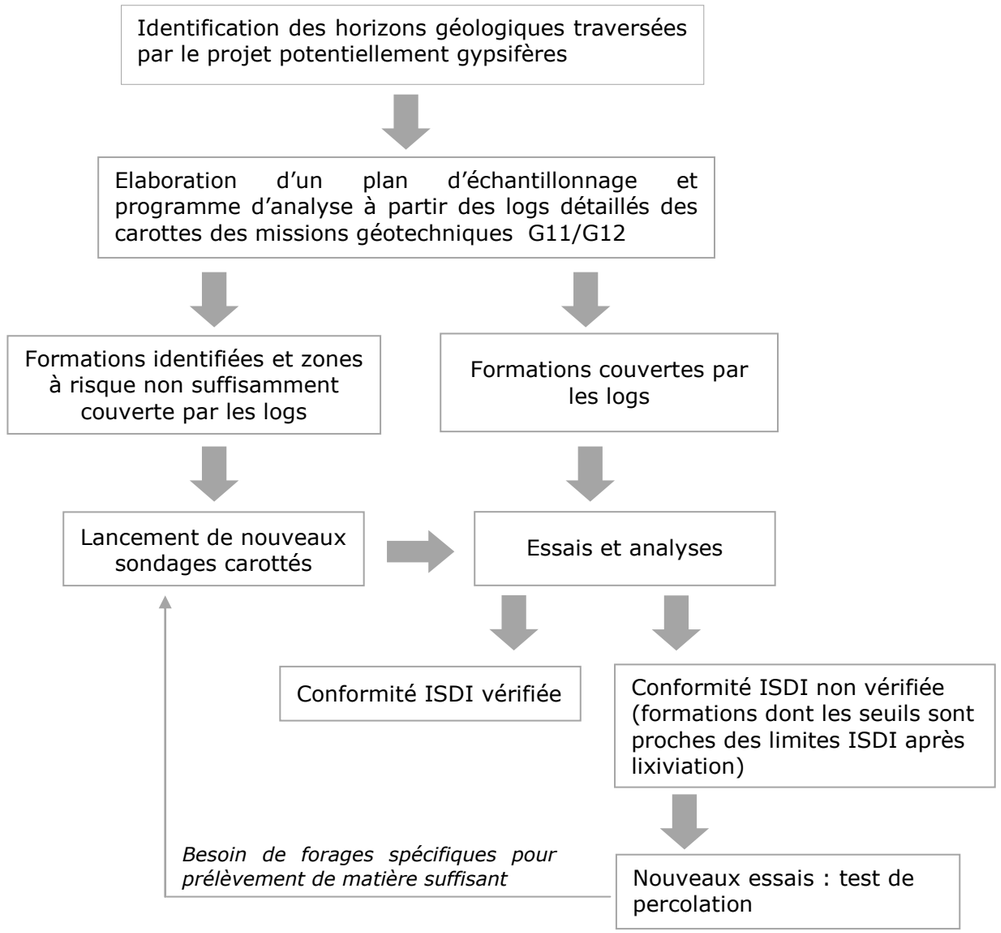
Les analyses réalisées ne se limitent pas aux seuls éléments chimiques pour lesquels des valeurs seuils ont été définies. Cette caractérisation est adaptée au cas par cas en fonction des éléments qui sont susceptibles d'être présents dans la terre. Ainsi, dans le secteur des Ardoines, ces études seront assorties de levée de doute radiologique afin de vérifier la radioactivité des remblais préalablement à leur évacuation. En cas de détection d'une radioactivité anormale, les dispositions du code de travail en la matière seront appliquées.

**À l'échelle de la Ligne 15 Sud, une première campagne d'une quarantaine d'analyses a été réalisée et une prochaine campagne est en cours de programmation (estimation actuelle de 200 à 250 analyses complémentaires).** Ces prélèvements sont ciblés sur les secteurs géographiques et les formations présentant un risque de dépassement des teneurs en chlorures, fluorures, sulfates et de la fraction soluble notamment en état des connaissances de la bibliographie. Ces analyses complètent celles réalisées au niveau des ouvrages de surface menées dans le cadre des diagnostics de pollution.

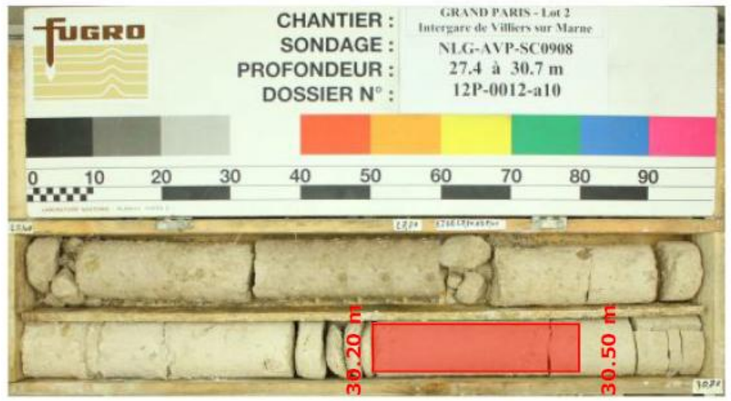
À l'issue de cette phase de caractérisation, les résultats de ces diagnostics permettront de :

- Compléter la connaissance du sous-sol francilien ;
- Apprécier l'étendue des zones marquées par une pollution ou la présence d'un composé chimique rendant le matériau non inerte ;
- Définir les modalités de tri à mettre en place lors ou suite à la réalisation des travaux ;
- Définir des modalités de traitement en cas de dépassement des seuils ;
- D'identifier les filières de gestion possibles des terres et de rechercher des solutions alternatives au stockage en centre d'élimination, notamment la réutilisation dans le cadre de projet d'aménagement de territoires et la valorisation en carrière après vérification de la correspondance avec le fond géochimique local ;
- Clarifier la réglementation applicable selon les scénarios de gestion.

Ces résultats de caractérisation ne présentent qu'un caractère indicatif. En phase travaux, des prélèvements et des analyses en laboratoire devront également être réalisés pour confirmer la compatibilité entre les matériaux d'excavation et les sites d'accueil.




*Prélèvement SC0908-EI8 : 30.20 m à 30.50 m*




**Exemple de prélèvement sur carottes – identification avant prélèvement et analyse**

**<u>Méthodes de caractérisation géotechnique des terres mise en œuvre à l'échelle de la Ligne 15 Sud</u> :**

Plus d'une centaine d'essais GTR ont déjà été réalisé lors des missions de la G11 et G12 sur la Ligne 15 Sud. Ces essais ont été lancés prioritairement sur les formations présentant un potentiel d'utilisation significatif de par leur utilisation possible et le volume produits par les chantiers. Sept formations sont notamment examinées, ce sont :

- les Alluvions modernes ;
- les Alluvions anciennes ;
- le Calcaire de Champigny ;
- le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Marnes et Caillasses ;
- le Calcaire Grossier ;
- la craie à Silex du Campanien.

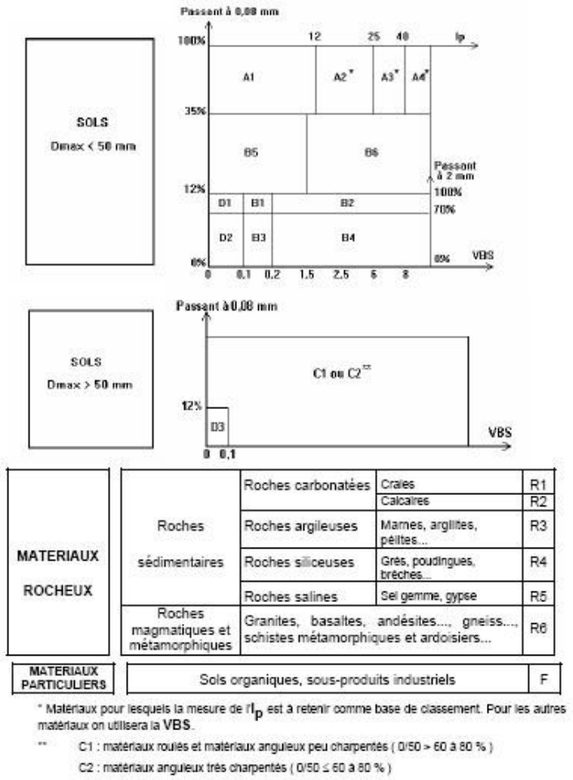
Ces formations pouvant s'avérer relativement homogènes dans leur composition, les différents faciès identifiés sur les carottes existantes ont été analysés.

La méthodologie retenue qui sera adapté au fur et à mesure des analyses repose sur la réalisation de 2 à 3 essais de caractérisation par faciès pour les ouvrages de surface et pour les tunnels, 1 essai de caractérisation par faciès rencontré sera réalisé chaque 500 m. **Plus d'une centaine de prélèvements pour la Ligne 15 Sud auront donc été effectués pour cette caractérisation géotechnique.**

Analyse des logs détaillés des carottes des missions géotechniques G11/G12

Caractérisation des différents faciès rencontrés au sein des formations retenues prioritaires

Caractérisation GTR




En fonction de l'utilisation spécifique qui sera envisagée après la première étape de classification, plusieurs essais peuvent être réalisés :

| | |
|---|---|
| **Étape 1** : première classification selon la norme NF P11 -300 | Masse volumique sèche<br>Masse volumique des grains solides<br>Analyse granulométrique par tamisage et Sédimentométrie<br>Limite d'Atteberg<br>Valeur de Bleu de méthylène<br>Coefficient de friabilité des sables<br>Coefficient de fragmentabilité<br>Coefficient de dégradabilité |
| **Étape 2** : complémentaire | Essais Micro-Deval et Los Angles<br>Essais de compactage Proctor<br>Essais de Franklin<br>Dureté<br>Coefficient d'abrasivité et de broyabilité<br>Autres essais spécifiques selon matériel |

**Tableau des essais géotechniques réalisés pour classification GTR**

Les matériaux qui seront identifiés comme sulfatés à l'issue de cette caractérisation seront évacués essentiellement dans les carrières de gypse (à ciel ouvert ou souterraines) existantes présentant un fond géochimique similaire aux propriétés du matériau (selon les évolutions de la réglementation).

Les déblais du GPE pourront également être valorisés en remblais pour le comblement des carrières identifiées ou encore servir de matériaux d'aménagement de certaines installations de stockage de déchets. L'élimination en ISDI correspond à la dernière filière de gestion qui sera utilisée.

Par anticipation des types de tunneliers qui seront utilisés, la Société du Grand Paris étudie les possibilités d'utiliser des adjuvants biodégradables et non polluants pour optimiser la valorisation.

**Quelle que soit la nature des matériaux, la Société du Grand Paris a identifié des filières viables et pérennes pour accueillir les déblais** et continu sa démarche d'identification dans le but de pouvoir réserver en amont des travaux ces capacités.

### *1.8.1.4 Le transport des déblais*

#### *a. Impacts liés au transport des déblais*

Le principal impact lié à la production de déblais du projet est le transport des matériaux pour leur évacuation hors site en phase chantier en raison de sa situation dans un contexte urbain dense. Les flux d'apport de matériaux sur les chantiers et l'évacuation des déblais augmenteront le trafic routier et les flux de circulation autour des chantiers si aucun mode alternatif à la route ne peut être envisagé.

Les effets négatifs du transport routier sont plus particulièrement liés :

- aux perturbations pour les riverains et les usagers des routes (désagréments visuels, sonores, émissions de poussières, perturbations des déplacements,…) ;
- aux risques de pollution accidentelle des eaux par ruissellement.

À l'échelle du projet de la Ligne 15 Sud, quatre modes de transport sont à ce stade envisagés et étudiés, il s'agit de :

- La voie fluviale (avec ou sans pré et post-acheminement routier) ;
- Le mode combiné route et voie fluviale (avec ou sans pré et post-acheminement routier) ;
- Le mode combiné route et voie ferroviaire (avec ou sans post-acheminement routier) ;
- La route par camions.

Le(s) mode(s) de transport privilégiés et à l'étude à partir de chaque site de production sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

**Modes de transports envisagés pour l'évacuation des déblais**

| Sites d'extraction (ouvrages concernés) | Mode d'évacuation privilégié | Autre(s) mode(s) si non réalisable |
|---|---|---|
| OA 2301P - Ile de Monsieur (tunnelier) | Fluvial | Routier + Fluvial ou Routier |
| Gare Pont de Sèvres | Fluvial | Routier + fluvial |
| Gare Issy RER | Routier + Fluvial | Routier |
| Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart | Routier + fluvial | routier |
| Fort d'Issy/Vanves/Clamart (tunnelier) | 50% ferré – 50% routier + Fluvial | Routier + Fluvial ou Routier |
| Gare Châtillon-Montrouge | Routier | / |
| Gare de Bagneux | Routier | / |
| OA 1801P - Parc Robespierre (tunnelier) | Routier | / |
| Gare Arcueil-Cachan | Routier | / |
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy | Routier | / |
| Gare Villejuif Louis Aragon | Routier | / |
| Gare Vitry Centre | Routier + Fluvial | Routier |
| Les Ardoines (gare + tunnelier) | Routier + Fluvial | Routier |
| SMI de Vitry | Routier + Fluvial | Routier |
| OA 1302P - Friche Arrighi (tunneliers) | Fluvial | Routier + Fluvial |
| Gare Le Vert de Maisons | Routier + Fluvial | Routier |
| Gare Créteil L'Echât | Routier + Fluvial | Routier |
| Gare Saint-Maur Créteil | Routier + Fluvial | Routier |
| Gare Champigny Centre | Routier + fluvial | Routier |
| Entonnement ligne rouge/orange | Routier + fluvial | Routier |
| Bry Villiers Champigny (gare+tunnelier) | Ferrovaire | Routier + Ferroviaire |
| SMR de Champigny | Routier | / |
| Avant-gare de Noisy-Champs (ouvrage + tunneliers) | Routier | / |
| Gare Noisy-Champs | Routier | / |
| Arrière-gare de Noisy-Champs | Routier | / |

De manière générale pour chaque ouvrage du projet de ligne, deux grandes hypothèses d'évacuation sont étudiées :

- Une évacuation depuis l'un des ports géré par Ports de Paris après un pré-acheminement obligatoire par la route depuis les bases chantiers ;
- Une évacuation par la route si le recours au mode alternatif n'est pas envisageable compte tenu de l'indisponibilité des ports, des périodes de crues marquées par la Seine, des installations ferroviaires et des distances à parcourir depuis les bases chantiers trop importantes (le cout de la rupture de charge ne rend pas le report modal économiquement intéressant lorsque les distance à parcourir depuis les bases chantiers pour rejoindre ces sites est supérieur de 5 à 10 km).

*b. Évacuation fluviale*

À l'échelle de la Ligne 15 Sud, il existe plusieurs points d'accès à la voie fluviale. Deux de ces points sont situés directement la sur Seine en bordure des chantiers : il s'agit de la plate-forme au niveau l'Ile de Monsieur à l'extrémité Ouest du projet de ligne et de la plate-forme des Ardoines au niveau de la friche Arrighi au centre du linéaire. Ces sites seront aménagés dans le cadre de la réalisation du Grand Paris Express et équipés d'installations portuaires afin d'assurer leur approvisionnement et l'évacuation des déblais directement par barges. À partir des autres ouvrages de la ligne qui ne sont pas situés à proximité immédiate de la voie d'eau, les déblais pourront être acheminés par camions (pré-acheminement) vers les différentes installations fluviales existantes (ou en projet), quais ou ports, qui sont d'Ouest en Est de la ligne: le port de Boulogne, Issy, projets de ports autour de Vitry portés par Ports de Paris avec l'EPA Orsa, Alfortville, Saint-Maur Créteil, la plate-forme multimodale de Bonneuil-sur-Marne…

*c. Évacuation ferroviaire*

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée, en complément d'un transport routier, depuis la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et de Bry-Villiers-Champigny sur la grande ceinture fret sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport. Pour rappel, un train moyen permet d'évacuer environ 1400 T de déblais par jour ce qui permettrai d'éviter environ 60 camions sur les routes.

Au niveau de la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart d'où seront sortis les déblais de la gare mais également les déblais du tunnelier creusant en direction de Bagneux, les études conduites avec SNCM Mobilités et SNCF Réseau ont montré que ce mode de transport est limité à la période de réalisation des excavations du tunnelier. De plus, une partie seulement du volume de terres pourrait être évacuée par la voie ferroviaire. L'évacuation par voie ferroviaire est également à l'étude au niveau du secteur de Bry-Villiers-Champigny pour le transport des volumes de la gare et du tunnelier creusant en direction de Créteil. Un transport routier sera éventuellement nécessaire en complément. Ce mode est d'autant plus contraint que peu d'installations d'accueil des terres sont embranchées à la voie ferroviaire (seules des carrières et installations de stockage de déchets inertes ont été identifiées).

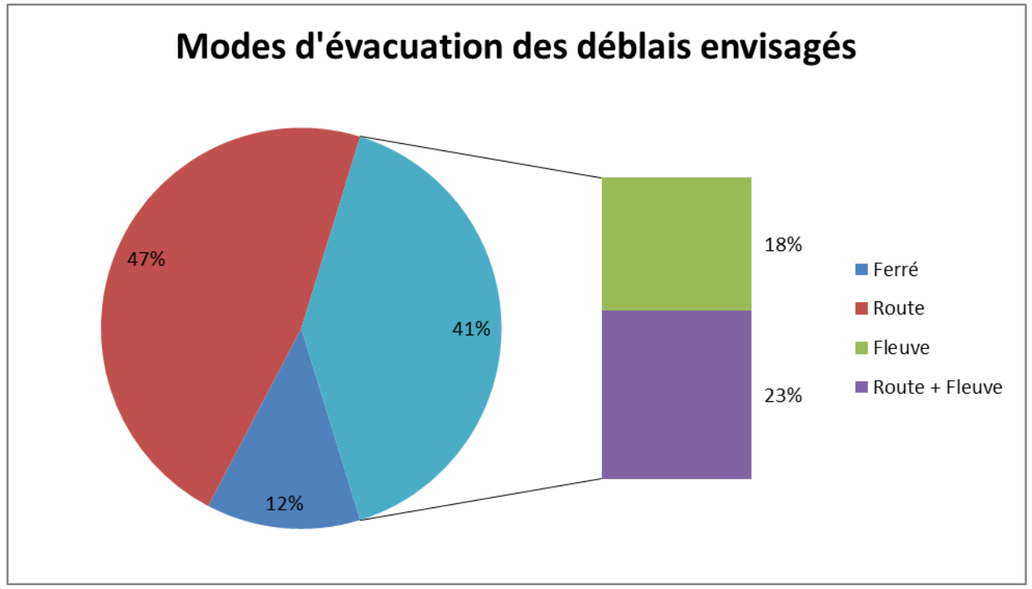
En cas d'imprévu et de ruptures dans l'évacuation par la voie d'eau ou le fer avec dimensionnement du stockage tampon trop faible, il s'agira d'évacuer les déblais vers les sites d'accueil directement par la route.

*d. Potentiel d'utilisation de chaque mode de transport*

Sur la base des hypothèses de transport pour chaque chantier, le potentiel d'utilisation de la voie fluviale représente environ 20% du volume total de déblais générés par le projet de ligne. Ce potentiel est calculé à partir des volumes de terres qui pourront être directement chargés sur barge (depuis le chantier des plates-formes de l'Ile de Monsieur et des Ardoines), et les volumes qui pourraient être acheminés par camion jusqu'à un port. A noter que ces volumes acheminés par la voie navigable pourront éventuellement comprendre de courts post-acheminements par la route pour desservir les exutoires (sites de valorisation ou de stockage), qui ne seraient pas en bordure de la voie d'eau (tels que des carrières de gypse par exemple). Il n'est pas possible d'estimer précisément ces post-acheminements qui dépendront de la destination des terres. Le transport ferroviaire représente également une opportunité pour limiter le transport par la route, environ 12% du volume total pourrait être évacué si suffisamment de sillons sont disponibles sur la durée des chantiers.

La répartition du potentiel d'évacuation des matériaux selon les modes de transports disponibles est détaillée ci-dessous :

| Mode de transport | Volume des déblais |
|---|---|
| Mode routier | 2,87 millions de $m^3$ |
| Mode fluvial (avec ou sans pré- ou post-acheminement routier) | 2,47 millions de $m^3$ |
| Mode ferroviaire | 0,76 millions de $m^3$ |
| **TOTAL** | **~ 6,1 millions de $m^3$** |




**Potentiel d'évacuation en fonction du mode de transport privilégié**

La priorité est donnée à une évacuation au plus près des zones de production et en direction installations agréées de l'est, du sud ou de l'ouest de l'Ile–de-France, selon les bases chantiers, dans les départements de l'Essonne, du Sud de la Seine-et-Marne ou des Yvelines.

*e. Mesures d'évitement et de réduction associées au transport des déblais*

À l'échelle du Grand Paris Express et par extension appliquée à la Ligne 15 Sud, une véritable démarche intégrée a été mise en œuvre en amont de la conception du projet pour optimiser autant que possible la gestion des déblais, et notamment leur évacuation afin de limiter les risques et nuisances potentielles pour les populations et l'environnement.

La première étape a été d'implanter les chantiers au plus près des réseaux de transport alternatifs (voie d'eau et voie ferroviaire) afin de promouvoir ce mode de transport et de réduire les flux de camions sur le réseau routier. Deux puits d'attaque de tunnelier, qui sont les chantiers les plus producteurs en volume de terres excavées, ont ainsi été implantés aux abords directs de la voie d'eau. Sur ces sites, la Société du Grand Paris prévoit la création de plate-forme de transbordement fluvial. Il s'agit des plates-formes de l'Ile de Monsieur et des Ardoines.

Afin de favoriser le report et l'utilisation de la voie d'eau, la Société du Grand Paris a signé le 19 décembre 2013 une convention avec Port Autonome de Paris. La Société du Grand Paris a également identifié les filières d'évacuation capables d'accueillir et de traiter les terres excavées accessibles par la voie d'eau et la voie ferroviaire. En effet, l'identification du mode de transport dépend du site de départ des déblais mais également de l'accessibilité au site d'accueil.

Au vu de la longueur et de la localisation de la Ligne 15 Sud, l'évacuation par voie routière de certains sites d'extraction ne pourra être évitée. Afin de limiter autant que possible les nuisances, la planification des itinéraires routiers a fait l'objet d'une évaluation par la maîtrise d'œuvre et des premières concertations avec les communes des territoires d'implantation ont été menées. Ces trajets reposent sur l'utilisation du réseau magistral pour éviter la circulation des camions sur les voiries communales. La Ligne 15 Sud traversant tout le sud de l'agglomération parisienne, plusieurs axes structurants peuvent être rejoints depuis les bases chantiers : l'A4, l'A86, l'A6, la N118 ou l'A13. La proximité de ces axes routiers permettra ainsi de diversifier les itinéraires des évacuations par voie routière et de limiter les encombrements routiers.

Un travail est également en cours concernant les itinéraires les plus adaptés pour rejoindre le plus rapidement les routes structurantes et un plan de circulation sera remis par les entreprises lors de la remise des offres afin de proposer la meilleure solution pour perturber le moins possible. Ces itinéraires seront validés avec les collectivités. L'impact sur le trafic sera réduit par le choix des périodes de transport : l'organisation des flux de circulation depuis et vers les chantiers sera adaptée pour éviter les heures de pointes. Des analyses de trafics seront réalisées.

Pour compenser les éventuelles coupures temporaires ou restrictions de la circulation, le maître d'ouvrage (ou son représentant) veillera notamment à :

- maintenir l'accès aux propriétés et assurer la continuité du service;
- effectuer une démarche permanente auprès des riverains pour les informer du déroulement du chantier dans sa globalité (action de communication),
- définir les aménagements à prévoir pour assurer la continuité du service en limitant les coupures au strict nécessaire,
- étudier finement les phasages de chantier pour limiter au maximum les restrictions de circulation dans le temps.

Les horaires de fonctionnement du chantier seront régis de manière à réduire les effets des nuisances acoustiques sur le voisinage (cf. partie bruit). De plus des mesures seront prises en vue de ne pas polluer le milieu naturel et la ressource en eau (camions bâchés, lavage des roues à la sortie des chantiers...).

*f. Mesures de suivi associées au transport des déblais*

Les mesures de suivi en phase chantier retenues pour la Ligne 15 Sud sont :

- Le suivi de la traçabilité des évacuations effectuées par la vérification des bordereaux de suivi de déchets, tout au long de la chaîne logistique. Des études sur les outils de tracabilité sont notamment actuellement en cours ;
- la vérification par l'entreprise générale, le maître d'œuvre et/ou le maître d'ouvrage de la régularité des filières d'élimination prévues.
- L'intervention d'un contrôle extérieur (Laboratoire extérieur) qui controlera les essais de caractérisation des matériaux faits en phase travaux, et permettant de définir les filières de valorisation et/ou de stockage.

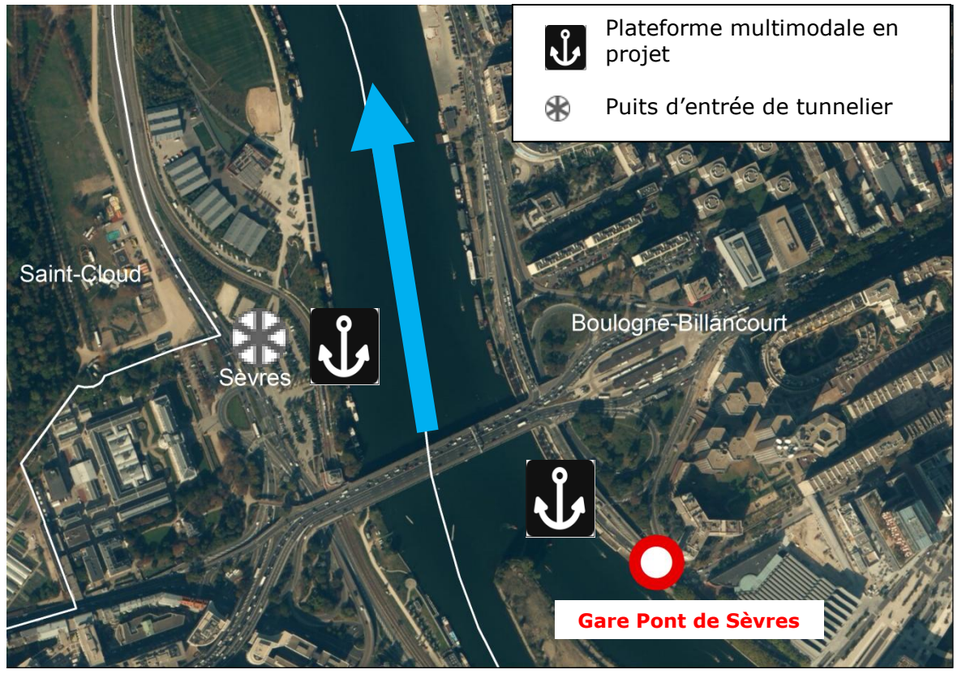
Le schéma global d'évacuation des déblais à l'échelle de la Ligne 15 Sud est présenté ci-après.

### 1.8.1.5 Plateforme fluviale : Ile de Monsieur – Pont de Sèvres

La base chantier de l'Ile de Monsieur est située sur la commune de Sèvres, dans le département des Hauts-de-Seine. À environ 600 mètres à l'est, le chantier de la gare de Pont de Sèvres, est situé sur la commune de Boulogne-Billancourt, dans le même département.

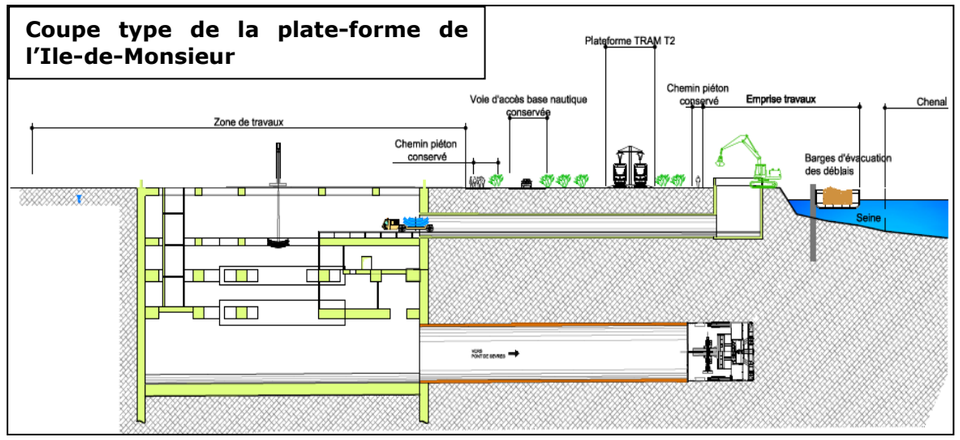
Le chantier de l'Ile de Monsieur correspond au puits d'entrée du tunnelier qui creusera le tunnel jusqu' à la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart. C'est également sur ce site que seront évacués les déblais issus de ce tunnelier.

Le chantier de la gare Pont de Sèvres correspond à la construction de la gare.




**Situation de la plateforme multimodale de l'Ile de Monsieur – Pont de Sèvres**

**Coupe type de la plate-forme de l'Ile-de-Monsieur**




#### Estimation des durées de travaux (prévisionnelle)

| | |
|---|---|
| Puits d'entrée de l'Ile Monsieur | 8 mois |
| Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart | 18 mois (à partir de la fin de construction du puits) |
| Gare de Pont de Sèvres | 27 mois |

#### Estimation du gisement de déblais

| | |
|---|---|
| Puits d'entrée de l'Ile Monsieur | 30 000 $m^3$ (en place) |
| Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart | 300 000 $m^3$ (en place) |
| Gare de Pont de Sèvres | 193 500 $m^3$ (en place) |

#### Modes d'évacuation privilégiés

Solution privilégiée : situés à proximité immédiate d'une plateforme de transbordement (en projet), la voie fluviale est la solution privilégiée avec éventuellement un post-acheminement routier selon les exutoires.

Sur la base d'un avancement maximal des tunneliers de 250 mètres linéaires par mois, et de barges de 2 500 tonnes, le trafic suivant est estimé:

| | | | m3/jour | | barge/jour |
|---|---|---|---|---|---|
| | **$m^3$ en place** | **m3/mois max** | **non foisonné** | **foisonné** | |
| Puits d'entrée de l'Ile Monsieur | 30 000 | 15 300 | 787 | 1 023 | 0,8 |
| Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart | 300 000 | 18 100 | 729 | 947 | 0,8 |
| Gare de Pont de Sèvres | 193 500 | 15 300 | 787 | 1 023 | 0,8 |
| | | | | **TOTAL** | **2,3** |

Le trafic maximum attendu pour l'évacuation des déblais est d'une barge par jour au départ de l'Ile de Monsieur (pendant le creusement du puits puis pendant le creusement du tunnelier). De même, au départ du chantier de la gare de Pont de sèvres, au maximum une barge par jour est attendue.

Le chargement des déblais depuis les bases chantiers dans les barges se fera avec un engin, un convoyeur ou une grue selon le contexte d'insertion.

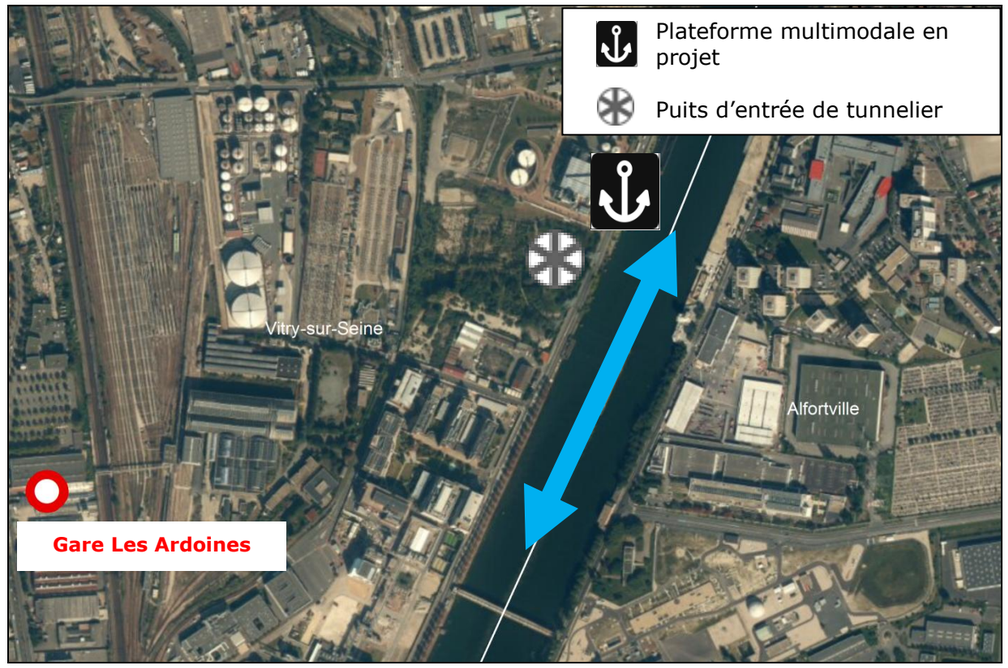
Le site étant situé à l'Ouest de Paris, il s'agira pour les barges de privilégier de descendre la Seine en direction de Rouen pour éviter la traversée de Paris.

### 1.8.1.6 Plateforme fluviale : Friche Arrighi

La friche Arrighi est située sur la commune de Vitry-sur-Seine, dans le département du Val-de-Marne.

Le chantier de la friche Arrighi correspond à un double puits d'entrée de tunneliers :

- l'un part en direction de Villejuif Louis d'Aragon (puits de sortie) ;
- le second en direction de Créteil (puits de sortie situé au niveau de l'ouvrage annexe 1103P).




**Situation de la plateforme multimodale de la Friche Arrighi**

**Estimation des durées de travaux (prévisionnelle)**

| | |
|---|---|
| Puits d'entrée de la Friche Arrighi | 5 mois |
| Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon | 16 mois |
| Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P) | 20 mois |

**Estimation du gisement de déblais**

| | |
|---|---|
| Puits d'entrée de la Friche Arrighi | 60 000 $m^3$ (en place) |
| Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon | 284 000 $m^3$ (en place) |
| Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P) | 219 000 $m^3$ (en place) |
| **TOTAL** | **563 000 $m^3$ (en place)** |

**Modes d'évacuation privilégiés**

Solution privilégiée : acheminement par bandes transporteuses jusqu'à la plateforme de transbordement de la friche Arrighi, puis utilisation de la voie fluviale et éventuellement post-acheminement selon les exutoires.

Sur la base d'un avancement maximal des tunneliers à 250 mètres linéaires par mois, et de barges de 2500 tonnes, le trafic suivant est estimé:

| | m3/mois max | m3/j (max non foisonné) | barge/j |
|---|---|---|---|
| Puits d'entrée de la Friche Arrighi | 12 000 | 1 000 | 0,8 |
| Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon | 18 900 | 822 | 0,7 |
| Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P) | 18 900 | 822 | 0,7 |
| | | **TOTAL** | **2,1** |

Le trafic maximum attendu pour l'évacuation des déblais au départ de la friche Arrighi, selon les périodes, est compris entre 1 à 2 barges par jour, les tunneliers n'étant mis en place qu'une fois le puits terminé.

Le chargement des déblais depuis les bases chantiers dans les barges se fera avec un engin, un convoyeur ou une grue selon le contexte d'insertion. L'utilisation d'une bande transporteuse est privilégiée pour procéder au chargement direct sur barges des terres depuis le puits d'entrée sans générer de trafic routier. Des mesures seront mises en œuvre pour éviter l'envol de poussière et la chute de matériaux dans la Seine.

Le site étant situé au Sud de Paris, il s'agira pour les barges de privilégier de remonter la Seine vers le Sud de l'Ile-de-France pour éviter au mieux la traversée de Paris.

### 1.8.1.7 Stockage temporaire et pollution des sols par les activités de chantier

#### a. Impacts liés au stockage temporaire et à la pollution des sols par les activités de chantier

Les travaux de réalisation d'un métro souterrain et des ouvrages associés nécessitent peu d'apports en remblais et la plupart des déblais excavés ne peuvent être réutilisés dans le cadre du projet.

Le stockage provisoire des déblais avant évacuation peut entraîner différents types d'impacts, sur le relief et le paysage, ainsi que sur les emprises nécessaires aux travaux.

Par ailleurs, la gestion des déblais pose la question de la capacité de stockage sur les bases chantier. En raison de la problématique du foncier disponible, il est prévu de pouvoir stocker l'équivalent de 2 jours de travaux de production de déblais sur chacun des sites. A noter que sur certains des sites commes les puits de tunneliers de la friche Arrighi et de la gare de Bry-Villiers-Champigny, ces capacités de stockage ont été augmentées à 5 jours de travaux. Une même démarche d'essayer d'augmenter la capacité de stockage sur NCH est en cours d'étude.Les volumes à stocker et les surfaces nécessaires varient donc en fonction des cadences d'excavation des différents sites (gare, tunnelier, entonnement…) et des contraintes de situation de chaque chantier.

Les activités de chantier et notamment les engins utilisés lors des travaux peuvent être à l'origine d'une dégradation des sols par déversements accidentels d'huiles, d'essence ou de lubrifiants lors de leur entretien ou de leur fonctionnement, ou par le rejet de substances lors de la remise en état de chaussées.

Le stockage provisoire des déblais pollués excavés représente également un risque de pollution des sols en place au niveau des zones de stockage : les stocks, exposés aux intempéries et notamment aux précipitations, peuvent contaminer les eaux de ruissellement qui, en ruisselant et s'infiltrant ensuite sur les sols en place, peuvent contaminer ces derniers. Les pollutions accidentelles des sols peuvent conduire à la migration non maîtrisée de polluants vers les eaux de ruissellement et les eaux souterraines, et impacter la qualité et les usages de celles-ci. Ces conséquences sont traitées aux chapitres traitant des impacts en phase chantier sur les eaux souterraines et superficielles.

Le stockage des déblais sur les installations de chantier étant provisoire, les impacts cités ci-dessus se manifestent à très court terme. Les impacts sur la pollution des sols peuvent toutefois se prolonger sur le long terme.

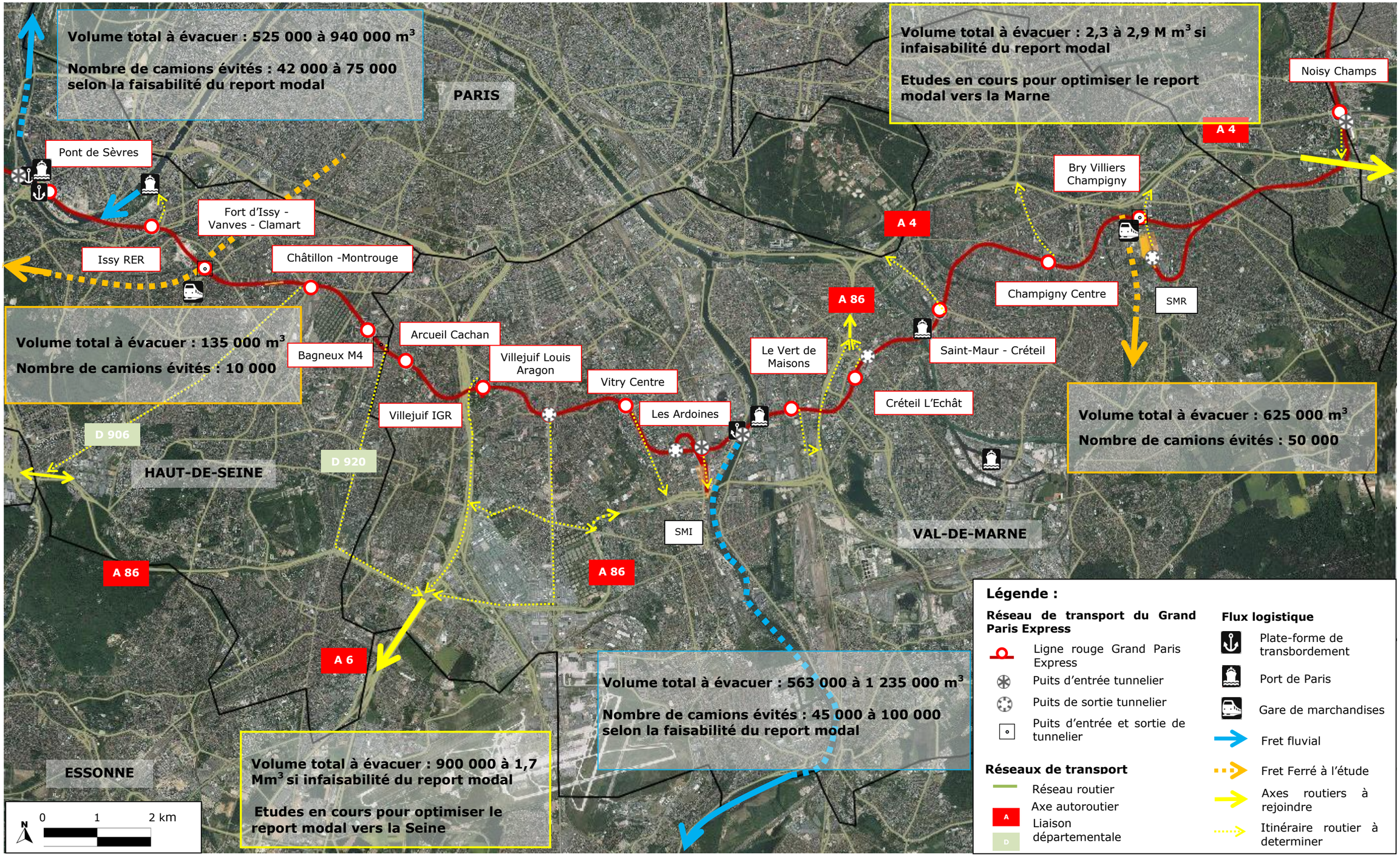
#### b. Mesures associées au stockage temporaire et à la pollution des sols par les activités de chantier

La première mesure prise dans la réduction de cet impact est la limitation spatiale et temporelle des emprises chantiers.

Les risques de pollution des sols en phase chantier ne peuvent être complètement supprimés mais sont réduits par la mise en œuvre de procédures encadrant les activités à risque :

- Procédures préventives :
  - l'entretien et le ravitaillement des engins de chantier se font sur des emplacements imperméabilisés, comme par exemple des bâches étanches, pour éviter les fuites de polluants (huile, carburant…) ;
  - les produits polluants sont stockés dans des bacs étanches fermés ;
  - l'accès au chantier est contrôlé : les engins en fonctionnement sont surveillés pour éviter des fuites de produits polluants et des déversements de matériaux (utilisation de remorque étanche).
- Procédures correctives :
  - le personnel de chantier est formé à différents degrés d'alerte de pollution et donc capable de réagir en cas de pollution accidentelle ;
  - des kits anti-pollution sont mis à disposition du personnel de chantier en cas de pollution accidentelle.

**Schéma global d'évacuation des déblais de la Ligne 15 Sud** (source : Société du Grand Paris)



## 1.8.2 Risques pyrotechniques

### *1.8.2.1 Enjeu global lié aux risques pyrotechniques*

En raison de l'enjeu stratégique que représente la ville de Paris en période de conflits et des activités passées sur le territoire, la réalisation d'une infrastructure souterraine dans la banlieue proche de Paris nécessite une parfaite connaissance du niveau de pollution pyrotechnique du sous-sol.

### *1.8.2.2 Typologie des impacts potentiels*

Dans le cadre de la pollution pyrotechnique, l'impact pris en compte dans la présente étude est le risque de découverte d'engins explosifs non explosés.

Les études réalisées par la Société du Grand Paris et présentées dans l'état initial permettent d'identifier ces risques afin d'appréhender les mesures à mettre en œuvre afin de les maîtriser.

Les résultats des études réalisées sur la Ligne 15 Sud (études historiques de pollution pyrotechnique) ont permis de mettre en évidence 4 secteurs d'aménagement présentant des risques modérés de découverte d'engins explosifs :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

Les étapes ultérieures des études sont en cours de réalisation.

### *1.8.2.3 Mesures mises en œuvre pour maitriser les risques pyrotechniques*

Les mesures d'évitement retenues pour la gestion des risques pyrotechniques sur la Ligne 15 Sud sont :

**La réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques** au droit du projet selon les étapes présentées dans l'état initial, dans le cadre d'un risque pyrotechnique identifié :

- une **sécurisation pyrotechnique** par détection magnétique ou électromagnétique sera effectuée pour toutes opérations intrusives aveugles jusqu'à une profondeur minimale de 7m, notamment pour des investigations géotechniques et/ou environnementales.
- Un **diagnostic pyrotechnique non-intrusif** par détection au magnétomètre radar de surface sera réalisé. Du fait du contexte urbain et de la présence en sub-surface de remblais divers (mâchefers) ou la présence de réseaux, des bruits de surface peuvent perturber ce diagnostic ; dans ce cas des décaissements successifs et le renouvellement des opérations de détection peuvent être réalisés, jusqu'à ce que le diagnostic puisse être réalisé sans perturbation. Ces phases ne correspondent pas à une dépollution pyrotechnique mais bien à un diagnostic.

**En phase travaux**, quand le risque pyrotechnique est avéré, une **dépollution pyrotechnique** sera entreprise et se conformera aux recommandations techniques du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005.

La réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux sera établie. Cette étude délimite notamment le périmètre de sécurisation autour du chantier de dépollution pyrotechnique.

En effet, lorsque le chantier de dépollution pyrotechnique est contigu à des bâtis, l'étude de sécurité pyrotechnique prend en compte ce risque. Les dispositions de sécurité sont alors mises en œuvre en concertation avec les différentes parties concernées en matière de sécurité et de protection de la santé, par exemple évacuation d'une zone lors du déminage.

Aussi, avant la réalisation des travaux, l'AST sera soumis pour approbation au directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi.

**Une fois la dépollution pyrotechnique réalisée conformément aux dispositions du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005, le risque est supprimé.**

## 1.8.3 Pollution du milieu souterrain

Les impacts liés à la présence de terrains pollués peuvent se traduire sous deux aspects principaux :

- Un aspect financier lié à la prise en charge particulière de ces terrains, amenés à être évacués vers des filières de stockage spécifiques ou faire l'objet d'une dépollution engendrant un coût associé ;
- Un aspect sanitaire et environnemental, lié aux niveaux de pollution présent sur site et aux cibles potentielles.

Dans le cadre du présent chapitre, seuls les impacts et mesures liés aux enjeux sanitaires et environnementaux seront traités dans la mesure où l'impact financier lié à la présence de sites et sols pollués est induit dans le coût global du projet.

D'autre part, les impacts et mesures liés à la gestion des eaux d'exhaure pompées lors de la phase chantier font l'objet d'une analyse spécifique dans le chapitre relatif à l'hydrogéologie.

### *1.8.3.1 Méthodologie et stratégie de maîtrise des risques de pollution*

*a. <u>Méthodologie générale</u>*

Afin d'assurer la maîtrise des risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit du point de vue de la gestion des déblais ou de celle des terrains amenés à rester en place, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain et de son impact potentiel est un élément primordial dans le cadre des études de projet.

Suivant la méthodologie française de gestion des sites et sols pollués, la Société du Grand Paris a initié un travail conséquent de caractérisation de l'état de pollution du milieu souterrain (sols et eaux souterraines) afin d'assurer une gestion adaptée des terres amenées à être excavées dans le cadre du projet et d'assurer la compatibilité sanitaire et environnementale entre l'usage futur de chaque site et la qualité des milieux souterrains.

Ces études ont été engagées en priorité au droit des sites où les enjeux liés à la gestion des sites et sols pollués sont les plus importants, à savoir au droit des ouvrages destinés à être construits à partir de la surface du sol tels que les gares, les sites de maintenance, les puits d'entrée et de sortie du tunnelier et les ouvrages annexes. En effet, les pollutions du milieu souterrain étant essentiellement liées à des activités de surface, les premiers mètres de sols concentrent généralement l'essentiel des pollutions. Les gares et les sites de maintenance présentent par ailleurs une sensibilité particulière liée l'accueil de travailleurs et/ou de voyageurs en phase d'exploitation de la ligne.

Le schéma présenté ci-contre rappelle les différentes étapes de gestion des sites et sols pollués mise en place par la Société du Grand Paris conformément à la règlementation en vigueur.

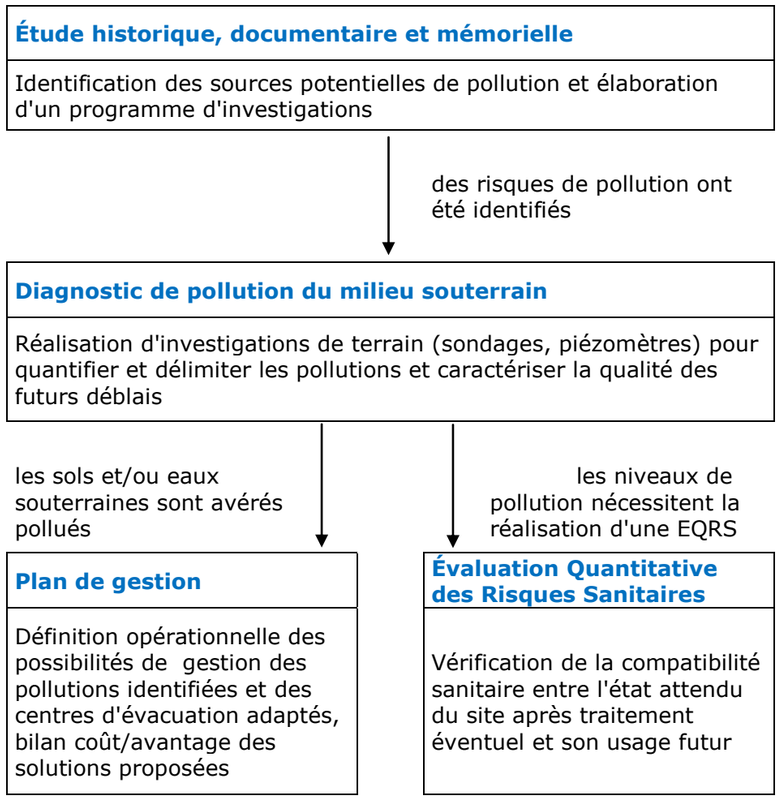



**Schéma méthodologique des études de pollution engagées par la SGP**

À ce stade des études d'avant-projet, seules les étapes 1 et 2, relatives à la réalisation des études historiques, documentaires et mémorielles et des diagnostics de pollution, ont été engagées et permettent d'identifier les principaux risques liés à la présence de terrains pollués sur la Ligne 15 Sud.

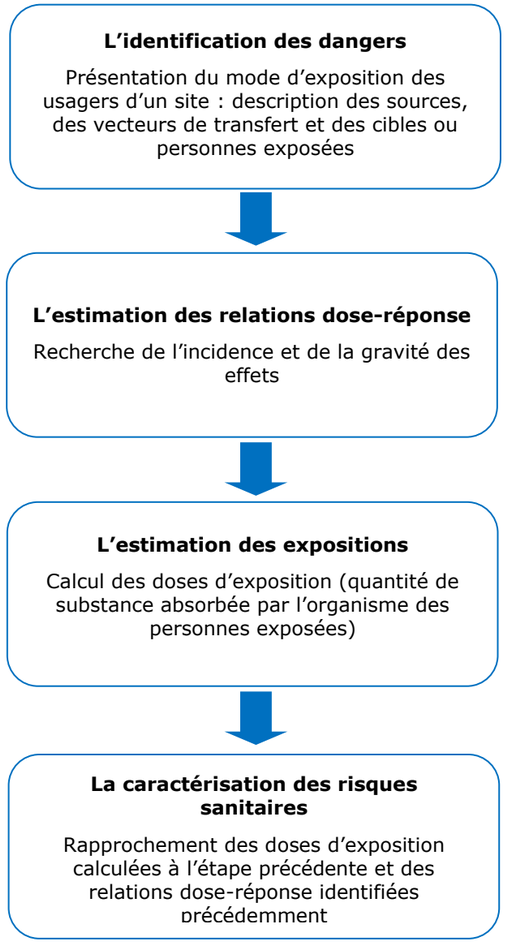
Dans la suite des études, les plans de gestion, et EQRS éventuelles, seront réalisés sur les sites identifiés comme pollués et permettront de définir les mesures opérationnelles qui seront mises en œuvre afin d'assurer l'absence d'impact sanitaire et environnemental en phase chantier et en phase exploitation.

*b. <u>Evaluation quantitative des risques sanitaires et Plan de gestion : outils de maîtrise des risques de pollution</u>*

Au niveau de chaque gare présentant des risques liées à la pollution du milieu souterrain identifiée à l'issue du diagnostic, une évaluation quantitative des risques sanitaires sera réalisée dans le but de définir les objectifs de réhabilitation. Cette étude sera accompagnée d'un plan de gestion permettant d'atteindre les objectifs définis.

A ce stade des études, seul le site de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart a fait l'objet d'une EQRS et d'un plan de gestion associé. La méthodologie décrite ci-après s'appuie sur les éléments définis dans le cadre des études menées sur la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart.

L'évaluation quantitative des risques sanitaires se compose conventionnellement des quatre étapes suivantes :




Les calculs de risque sanitaire sont effectués pour les expositions suivantes :

- **en phase chantier** : les travailleurs au droit de la boîte projet. La phase chantier est jugée pertinente à considérer dans la mesure où la durée des travaux est relativement élevée ;
- **en phase projet** : les futurs usagers adultes et enfants de la gare ainsi que les travailleurs au droit des différentes aménagements (gare zones publiques, commerces et bureaux, couloirs, locaux techniques).

### 1.8.3.2 Typologie d'impacts liés à la pollution du milieu souterrain

a. *Notion de source-transfert-cible*

Pour qu'il y ait un risque sanitaire, et donc un impact potentiel, il faut qu'existent simultanément une source de pollution, un moyen de transfert de celle-ci et une cible.

La **source de pollution** est généralement représentée par des sols ou des aquifères présentant une pollution concentrée.

Le **transfert d'une pollution** entre la source et la cible peut se faire :

- par écoulement gravitaire,
- par percolation des pluies,
- par ruissellement de surface,
- par migration suivant l'écoulement des nappes souterraines,
- par dispersion du vent,
- par dégazage dans l'air.

Plusieurs voies d'exposition peuvent usuellement être rencontrées selon les modes de transfert et les cibles en présence. Dans le cadre du projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud, les voies d'exposition potentielles retenues, liées à la présence de travailleurs et de riverains en phase chantier et/ou exploitation sont :

- l'inhalation de composés volatils depuis le milieu souterrain (phase chantier et phase exploitation) ;
- l'inhalation/ingestion de poussières contenant des polluants (phase chantier uniquement).

La **cible** d'une pollution peut être représentée par :

- une population, exposée directement au contact de la pollution ou indirectement via un captage d'eau potable par exemple. Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, les principales cibles sont les travailleurs et riverains des bases chantier ainsi que les travailleurs et usagers du futur réseau de transport ;
- une ressource naturelle à protéger (nappe phréatique, réserve écologique,…). Ces ressources sont recensées dans les chapitres correspondants (hydrogéologies, milieux naturels). Les mesures à mettre en œuvre pour protéger ces ressources seront définies dans le cadre des plans de gestion.

b. *Typologie des polluants identifiés ou suspectés*

Les classes de polluants rencontrées ou susceptibles d'être rencontrées, sont présentées ci-après :

- Les **solvants halogénés (COHV)**, qui, compte-tenu de leur forte densité et de leur forte solubilité, peuvent migrer en profondeur par écoulement gravitaire, y compris à travers la nappe phréatique, et s'accumuler sur son plancher imperméable. Ils peuvent également migrer par écoulement de la nappe ou vers l'air ambiant par volatilisation lors des travaux.

- Ces composés peuvent également être adsorbés sur les particules de sol et être dispersés par le vent via les poussières de sols.

- Les **hydrocarbures (BTEX, HCT, HAP, et composés organiques volatils)** : ces composés peuvent migrer en profondeur par écoulement gravitaire. Compte-tenu de leur faible densité et de leur faible solubilité, la migration de ces polluants sous forme de phase pure par écoulement gravitaire s'arrête au toit de la nappe souterraine. Ils peuvent toutefois migrer latéralement avec l'écoulement de la nappe.

  Ces composés peuvent également être adsorbés sur les particules de sol et/ou être dispersés par le vent via les poussières de sols.

  D'autres voies de transfert sont possibles en fonction de la pression de vapeur saturante de ces polluants. Ainsi, les composés les plus légers (BTEX et les HCT légers) étant volatils, ils sont susceptibles de migrer vers l'air ambiant par volatilisation lors des travaux.

- Les **métaux et métalloïdes** : peu mobiles dans les sols, ils seront donc principalement localisés dans les horizons de surface. Du fait de leur faible mobilité, les métaux et métalloïdes sont généralement adsorbés sur les particules de poussières du sol dont la seule voie de transfert pertinente reste la dispersion par le vent.

- **Les polychlorobiphényles (PCB)**, qui, compte-tenu de leur forte densité et de leur faible solubilité peuvent migrer en profondeur dans les sols par écoulement gravitaire. Compte-tenu de leur faible solubilité et de leur faible volatilité, ces composés sont généralement adsorbés sur les particules de poussières du sol dont la seule voie de transfert pertinente reste la dispersion par le vent.

Le tableau ci-après synthétise les voies de transfert et d'exposition des différentes familles de polluants, et les niveaux de sensibilité associés.

**Synthèse des principales caractéristiques des polluants rencontrés et niveau de sensibilité associé**

| Classe de polluant | Voies de transfert potentielles | Voies d'exposition potentielles | Niveau de sensibilité |
|---|---|---|---|
| **Solvants halogénés et aromatiques** (COHV et BTEX) | Écoulement gravitaire<br>Migration par écoulement de la nappe<br>Dégazage dans l'air ambiant<br>Dispersion de poussières par le vent | Inhalation des composés présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières | Fort |
| **Hydrocarbures**<br>(HCT et HAP) | Écoulement gravitaire<br>Migration par écoulement de la nappe<br>Dégazage dans l'air ambiant<br>Dispersion de poussières par le vent | Inhalation des composés présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières | Modéré |
| **Métaux et métalloïdes** | Percolation des pluies<br>Migration par écoulement de la nappe<br>Dispersion de poussières par le vent | Inhalation/ingestion de poussières | Faible |
| **Polychlorobiphényles** (PCB) | Percolation des pluies<br>Migration par écoulement de la nappe<br>Dispersion de poussières par le vent | Inhalation/ingestion de poussières | Faible |

**La sensibilité d'un site dépend toutefois également des teneurs de ces composés rencontrées dans le milieu souterrain.**

### 1.8.3.3 Caractérisation du risque d'impact lié à la présence de pollution

Sur la base des éléments décrits ci-dessus, le risque d'impact est caractérisé par analyse des quatre critères suivants :

- La nature des cibles (travailleurs, résidents adultes, résidents enfants, établissements sensibles) en considérant, selon les études menées par l'Institut de Veille Sanitaire (IVS), que la population passe plus de temps chez elle que sur son lieu de travail ;
- La nature et la concentration des polluants suspectés ou détectés, incluant la ou les voies d'exposition induites par ces polluants ;
- Le volume de déblais prévisionnel généré.

### 1.8.3.4 Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier

Les mesures détaillées ci-après concernent les terres excavées lors de la phase travaux ainsi que les terrains amenés à rester en place.

Pour rappel, les mesures retenues pour la gestion des eaux d'exhaure susceptibles d'être polluées sont présentées dans le chapitre relatif à l'hydrogéologie.

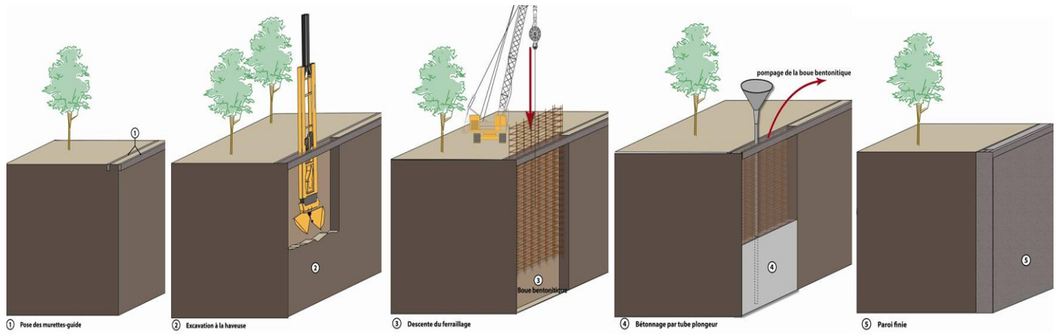
*a. Mesures d'évitement*

Les modes d'exécution d'un certain nombre d'ouvrages permettront d'éviter l'exposition des travailleurs et riverains aux éventuels polluants présents dans le milieu souterrain :

- le creusement du tunnel au tunnelier permet d'éviter la mobilisation des terrains les plus sensibles aux pollutions (terrains superficiels) lors de la réalisation des travaux. L'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel par un tapis convoyeur permet également de limiter l'exposition des travailleurs aux sources potentielles de pollution ;

- la mise en place de parois moulées empêche l'écoulement des eaux souterraines dans l'ouvrage, éliminant ainsi les transferts de polluants par écoulement des eaux souterraines ;

- la réalisation, en souterrain ou en tranchée couverte, de certaines infrastructures, permet d'éliminer l'exposition des riverains par envol de poussières contaminées ou le dégazage de polluants issus du milieu souterrain.




**Méthode de réalisation d'une paroi moulée** (source : Société du Grand Paris)

*b. Mesures de réduction*

Dans le cadre de la gestion des milieux pollués en phases chantier, les mesures de réduction spécifiques, définies selon les caractéristiques précises de chaque site (niveaux de pollution, phasage chantier, usage futur du site, …) seront établies dans le cadre des plans de gestion.

Cependant, un certain nombre de mesures génériques sont dès à présent définies :

- la réalisation, avant travaux, de diagnostics de pollution au droit des ouvrages réalisés à partir de la surface, selon la méthodologie présentée dans l'état initial ;
- la réalisation de plans de gestion comprenant éventuellement une évaluation des risques sanitaires au niveau des gares et des sites de maintenance lorsque les diagnostics de pollution en ont montré la nécessité;
- la réduction du temps de stockage des terres polluées sur les bases chantiers ;
- la mise en place de débourbeurs en sortie de chantiers afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier ;
- la mise en place éventuelle de chapiteaux pour confiner les terres et les vapeurs au droit des zones très fortement impactées ;
- le port, par les travailleurs, des équipements individuels de protection adaptés aux substances identifiées dans les sols;
- l'arrosage des zones de travail du chantier pour limiter les envols de poussières ;
- l'utilisation de bâches sur les aires de stockage et les camions de transport limitant l'envol des poussières.

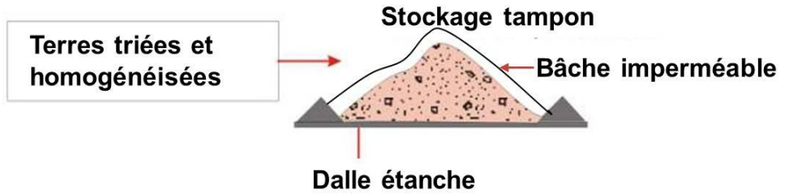



**Schéma de principe d'une aire de stockage conforme aux règles de l'art** *(source : BRGM)*

*c. Mesures de suivi*

De la même manière, des mesures de suivi générales pourront être mises en œuvre :

- le suivi des chantiers sensibles par un maître d'œuvre spécialisé ;
- le suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers les plus sensibles. Le coût d'une campagne de suivi de ce type est estimé à 4 000 € H.T./mois ;
- en cas de besoin, le maître d'ouvrage fera réaliser des prélèvements en fond de fouille et en paroi périmétriqes des gares si la méthode constructive retenue le permet (donc hors parois moulées, ouvrages creusées au tunnelier,…).

### 1.8.3.5 Mesures retenues pour la gestion des milieux pollués en phase exploitation

Dans le cadre des études et des diagnostics réalisés avant travaux, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain obtenue, permettra de définir, à travers la réalisation des plans de gestion et des EQRS, l'ensemble des mesures à mettre en œuvre.

Ainsi, pour l'ensemble des sites sur lesquels une pollution susceptible d'entrainer un impact sanitaire et/ou environnemental lié au projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud aura été identifiée, toutes les mesures nécessaires seront mises en œuvre afin de rendre l'état des milieux compatibles avec l'usage futur du site.

Ces mesures seront définies dans le cadre de la réalisation des plans de gestion.
**Les impacts relatifs à la pollution du milieu souterrain résultant de l'application de ces mesures seront donc nuls.**

Dans la mesure où les plans de gestion ne sont pas établis à ce stade des études, la suite du chapitre s'attache à caractériser les niveaux de sensibilités associés aux risques de pollution et aux caractéristiques du projet.

### 1.8.3.6 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation du tunnel souterrain

#### c. *Phase chantier*

La profondeur du tunnel de la Ligne 15 Sud étant supérieure à 10m et sous le niveau de la nappe superficielle, les sols issus du creusement du tunnel sont jugés peu sensibles aux pollutions de surface notamment en raison des propriétés de migration des polluants précisées dans les chapitres précédents. Aussi, les principaux risques de découverte de pollution à ces profondeurs sont principalement liés à une pollution de la nappe souterraine.

Par ailleurs, compte-tenu du mode de réalisation par tunnelier, le tunnel sera creusé hors d'eau, les déblais évacués via la progression du tapis convoyeur et les propriétés physico-chimiques du milieu souterrain seront modifiées par les travaux d'extraction en limitant ainsi l'exposition des travailleurs.

**Les impacts du creusement du tunnel relatifs au risque de pollution en phase chantier sont considérés comme négligeables.** Toutefois, compte-tenu de la présence de solvants chlorés dans les eaux souterraines à Boulogne-Billancourt, le long de la rue du Vieux Port et du Quai de Stalingrad, une attention particulière sera portée à ce secteur.

*À noter que les quelques portions de tunnel réalisées en méthode traditionnelle ainsi que les puits d'entrée de tunnelier associés à la réalisation du tunnel sont traités au même titre que les ouvrages émergents.*

#### d. *Phase exploitation*

En phase exploitation, les travailleurs ou usagers des tunnels sont isolés du milieu souterrain, en premier lieu par le tunnel lui-même via les voussoirs en béton qui le constituent, et dans un second temps à l'intérieur des trains (excepté dans le cas des travailleurs amenés à circuler directement à l'intérieur du tunnel). Les durées d'exposition des travailleurs ou des usagers sur les différentes portions du tunnel seront par ailleurs très limitées.

**Les impacts relatifs au risque de pollution en phase d'exploitation sont considérés comme négligeables.**

La fiche de synthèse présentée ci-après synthétise les paramètres permettant d'aboutir à ces conclusions.

**Fiche générique - Tunnel souterrain**

| | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Méthode de construction | Tunnelier | |
| Profondeur moyenne du tunnel | Environ 30 m | |
| **Pollution potentielle pour ce type d'ouvrage** | | |
| Sols | Pollution contenue dans les eaux de la nappe | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT | |
| **Cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier lors du creusement du tunnel | Aucune (très faible durée de présence des travailleurs et usagers) |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité)<br>Envol de poussières comprenant des polluants | Dégazage potentiel dans l'air de polluants volatils lié au milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | (pas de cibles) |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact négligeable lié à la méthode de réalisation par tunnelier | Pas de risque d'impact - absence de cibles |
| Hors site | Risque d'impact négligeable lié à la méthode de réalisation par tunnelier | Pas de risque d'impact - absence de cibles |

### 1.8.3.7 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation des ouvrages annexes

#### a. *Phase chantier*

Compte-tenu de l'emprise restreinte concernée par ce type d'ouvrage (quelques centaines de mètres-carrés), les volumes excavés, et par conséquent, les volumes de terres potentiellement polluées mobilisés lors de la réalisation des ouvrages annexes sont limités, les pollutions étant essentiellement concentrées dans les premiers mètres du sol ou dans les horizons comprenant des eaux souterraines potentiellement polluées.

**Les risques liés à la pollution du milieu souterrain lors de la construction des ouvrages annexes sont considérés comme faibles.**

*b. Phase exploitation*

En phase exploitation, excepté dans le cadre d'opérations ponctuelles de maintenance ou d'évènements exceptionnels lors d'incidents, les ouvrages n'accueilleront pas de public. Ainsi il est considéré qu'aucune cible sensible liée à la présence éventuelle de pollution n'existe en phase exploitation au niveau des ouvrages annexes.

Par ailleurs, la majorité des ouvrages annexes étant réalisés en parois moulées, l'exposition des travailleurs à d'éventuelles pollutions présentes dans les eaux souterraines sera limitée.

**Les risques liés à la pollution du milieu souterrain au droit des ouvrages annexes lors de l'exploitation de la Ligne 15 Sud sont considérés comme négligeables.**

| **Fiche générique - Ouvrages annexes** | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Méthodes constructives | Paroi moulée pour l'ouvrage en puits<br>Paroi blindée (type berlinoise) pour les locaux semi-enterrés (usine de ventilation, locaux techniques, galerie d'accès…) | |
| Superficie moyenne des ouvrages | 600 m² (hypothèse conservatoire selon le choix des formes employées) | |
| Volume de déblais concerné | 299 000 $m^3$ pour l'ensemble des OA (hors puits d'entrée tunnelier) | |
| **Pollution potentielle pour ce type d'ouvrage** | | |
| Sols | Pollution potentielle : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (essentiellement dans les remblais) | |
| Eaux souterraines | Pollution potentielle et avérée : COHV dans les secteurs de Boulogne-Billancourt et Cachan ; COHV, HCT dans le secteur de Vitry | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | (pas de cibles) |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité)<br>Envol de poussières comprenant des polluants | - |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | - |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu des terrains et l'excavation des terres | Pas de risque d'impact - absence de cibles |
| Hors site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu des terrains et l'excavation des terres | Pas de risque d'impact - absence de cibles |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

### *1.8.3.8 Impacts et mesures liés à la réalisation des puits d'entrée de tunnelier*

La réalisation des puits d'entrée des tunneliers présente des spécificités liées aux activités associées au fonctionnement du tunnelier (évacuation des déblais issus du creusement du tunnel, amenée des voussoirs, …). Ces spécificités intègrent notamment un volume de déblais plus important que celui issus de la réalisation des ouvrages annexes et une durée de chantier généralement plus élevée, qui peuvent induire des risques liés à la pollution du milieu souterrain plus important.

À ce titre l'analyse des impacts liés à la réalisation des puits d'entrée de tunnelier fait l'objet de fiches spécifiques détaillées ci-dessous (les puits d'entrée situés au droit des gares sont traités dans le cadre de l'analyse des impacts liés à la réalisation et à l'exploitation des gares). Dans la mesure où les puits d'entrée sont associés uniquement à la phase chantier, seuls les impacts liés à la phase chantier sont développés (les impacts liés aux ouvrages annexes après travaux sont traités dans la partie précédente).

| **Puits d'entrée tunnelier : OA 2301P - Ile de Monsieur** | |
|---|---|
| **Données constructives** | |
| Méthodes constructives | Parois moulées |
| Superficie moyenne de l'ouvrage | 1 000 m², base chantier 5 200 m² |
| Volume de déblais concerné | 30 000 $m^3$ pour le puits, 300 000 $m^3$ pour le tunnel |
| **Pollution potentielle / avérée** | |
| Sols | Pollution suspectée : risque de découverte de COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (essentiellement contenu dans les remblais) malgré des travaux de dépollution passés |
| Eaux souterraines | Pollution passée avérée: risque modéré de présence de COHV ou de HCT dans la nappe respectivement dans les secteurs de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Occupation du sol | Zone d'activités de loisirs |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, utilisateurs de la base nautique (adultes et enfants) |
| **Notion de transfert de pollution** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité)<br>Envol de poussières comprenant des polluants |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Sur site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Hors site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion |

| Puits d'entrée tunnelier : OA 1801P - Parc Robespierre | |
|---|---|
| **Données constructives** | |
| Méthodes constructives | Parois moulées |
| Superficie moyenne de l'ouvrage | 800 m², base chantier 7 600 m² |
| Volume de déblais concerné | 45 000 $m^3$ pour le puits, 296 000 $m^3$ pour le tunnel |
| **Pollution potentielle / avérée** | |
| Sols | Pollution avérée : fraction soluble et sulfates lixiviables (enjeu faible lié à la présence de cette pollution) |
| Eaux souterraines | Pas d'enjeu, nappe non vulnérable |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Occupation du sol | Mixte : habitat essentiellement collectif et parc |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) et usagers du parc |
| **Notion de transfert de pollution** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Voies de transfert potentielles | Envol de poussières comprenant des polluants |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation/ingestion de poussières contaminées |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Sur site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Hors site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion |

| Puits d'entrée tunnelier : OA 1302P - Friche Arrighi | |
|---|---|
| **Données constructives** | |
| Méthodes constructives | Parois moulées<br>Réalisation en taupe |
| Superficie moyenne de l'ouvrage | 1800 m² pour le puits, base chantier 42 000 m² |
| Volume de déblais concerné | 60 000 $m^3$ pour le puits, 284 000 $m^3$ pour le tunnel en direction de Villejuif et 219 000 $m^3$ pour le tunnel en direction de Créteil |
| **Pollution potentielle / avérée** | |
| Sols | Pollution avérée : présence de HCT et HAP (essentiellement contenu dans les remblais) |
| Eaux souterraines | Pollution passée avérée : COHV et HCT dans le secteur de Vitry et de COHV dans le secteur de Cachan |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Occupation du sol | Zone industrielle |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone industrielle |
| **Notion de transfert de pollution** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité)<br>Envol de poussières comprenant des polluants |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | |
| | ***Phase chantier*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Hors site | Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion |

### 1.8.3.9 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation des gares et des sites de maintenance

Les sites d'aménagement des gares et des sites de maintenance ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée compte-tenu des superficies concernées et de la présence permanente de travailleurs et d'usagers dans ces ouvrages en phase exploitation.

#### a. *EQRS – Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart*

Dans le cadre de l'analyse des impacts liés à la construction et à l'exploitation des gares, seule la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart à fait à ce jour l'objet d'un évaluation quantitative des risques sanitaires et d'un plan de gestion détaillé. A ce titre, une synthèse de la méthodologie appliquée et des résultats obtenus dans le cadre de la réalisation de cette étude sont présentés ci-après.

Ces éléments présentent un exemple des études qui seront conduites pour les ouvrages présentant des niveaux de pollution significatifs pouvant présenter des risques sanitaires.

**Voies d'exposition**

Dans le cadre des pollutions identifiées sur le site de la gare d'Issy/Vanves/Clamart, les voies d'exposition retenues pour le calcul des risques sanitaires sont les suivantes :

- en phase chantier : inhalation de vapeur en intérieur, au sein de la boite projet par les travailleurs du chantier. Une modélisation des concentrations en substances volatiles dans l'air ambiant de la boîte gare a été réalisée pour comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle ;
- phase projet : inhablation de vapeur notamment à l'intérieur de la gare (usagers adultes et enfants et travailleurs) ainsi que dans les différents commerces (usagers adultes et enfants et travailleurs) et locaux techniques (travailleurs).

**Caractérisation des sources de pollution**

Pour la phase chantier, les calculs de risques ont été réalisés avec les concentrations maximales relevées dans les sols et les eaux souterraines (phase dissoute et phase flottante). Le choix des teneurs maximales est destiné à considérer une exposition prolongée des travailleurs dans un secteur du site pouvant être plus impacté que les autres. Les calculs effectués permettent ainsi de repérer d'eventuelles zones problématiques d'un point de vue sanitaire et sur lesquels il conviendrait d'adopter une conduite spécifique (port éventuel de masque par exemple).

Pour la phase exploitation, les calculs de risques ont été réalisés avec les concentrations suivantes :

- Les teneurs moyennes relevées dans les sols insaturés restants en place et les concentrations moyennes relevées dans les eaux souterraines pour l'inhalation de vapeur en intérieur des aménagements en zones publiques ;
- Les teneurs maximales relevées dans les sols insaturés restants en places et les teneurs maximales relevées dans les eaux souterraines pour l'inhalation de vapeur en intérieur par les travailleurs et les usagers dans les zones plsu confinées (couloir, commerces et locaux de maintenance).

**Choix des valeurs toxicologiques de référence**

Les calcules de risques ont été effectués selon :

- les recommandations de la Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- les préconisations tirées des journées techniques du MEDDE/BRGM.

**Modèle de transfert utilisés**

Pour estimer les concentrations en substances dans l'air ambiant, des modèles de transfert, utilisant les paramètres présentés précédemment, sont mis en œuvre :

- Le modèle Johnson & Ettinger a été utilisé pour simuler, à partir des concentrations mesurées dans les sols et la nappe (fraction dissoute et phase flottante), celles susceptibles d'être retrouvées dans l'air ambiant des aménagements en sous-sol ;
- Le modèle « Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites » a été utilisé pour simuler les concentrations dans l'air ambiant au droit de la boîte projet en phase chantier (terrains non recouverts).

L'interprétation des niveaux de concentrations ainsi modélisés se fait :

- Par comparaison aux Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) pour la phase chantier (hors cadre de l'EQRS),
- Par la réalisation de calculs de risque pour la phase projet.

**Conclusion**

Phase chantier : les concentrations modélisées dans l'air ambiant à l'intérieur de la boîte et susceptibles d'être inhalées par les travailleurs sont inférieures aux valeurs réglementaires actuellement disponibles. Un facteur de sécurité allant de plus de 300 à 21 000 est obtenu pour les différentes substances.

Phase exploitation : au regard des valeurs de références fixées fixées par la Circulaire du 08 février 2007, les niveaux de risque calculés indiquent que la qualité des milieux est compatible avec le projet.

#### b. *Plan de gestion – Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart*

Le plan de gestion a pour but d'anticiper la gestion des matériaux excavés, les modalités générales de protection des travailleurs, les mesures de gestion environnementales du chantier, et de rendre compatible la zone d'étude avec les usages prévus dans le cadre du projet d'aménagement de la gare.

**Contraintes et hypothèses**

Le site de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart est situé au niveau du site Popihn, à Clamart, faisant actuellement l'objet d'un traitement de la nappe. Au regard de l'avancement des travaux, et afin de pouvoir déterminer et établir des solutions de gestion adaptées, il a été considéré par défaut que le chantier sera confronté aux sols et aux eaux souterraines dans leur état actuel, évalué à ce jour, notamment concernant la répartition de la phase flottante identifiée.

La qualité globale des terrains est extrapolée à partir des données ponctuelles recueillies au droit des sondages réalisés. Aussi, la présence d'une anomalie d'extension limitée et non identifiée lors des différentes campagnes réalisées ne peut être exclue sur l'emprise du site.

**Gestion des déblais**

Au regard des volumes de déblais attendus, de la nature des pollutions identifiées, de la surface disponible, des caractéristiques de l'environnement du chantier (milieu urbain), de la profondeur

des horizons impactés en hydrocarbures au droit de la boite gare (zone de battement de nappe), de la profondeur de la nappe du Lutétien (~15 m) et des délais retenus pour la réalisation de la gare, les solutions de gestion des terres excavées, de type traitements *in situ* ou *sur site*, n'ont pas été retenues. **Une solution de terrassement et élimination hors site des terres excavées en filières adaptées en phase chantier est retenue.**

La répartition des tonnages de déblais dans les filières adaptées et selon les différentes phases du chantier est présentée dans le tableau ci-dessous :

| Phase | Répartition des tonnages par filière adaptée (tonnes) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ISDI | Comblement de carrières | Biocentre | ISDND | ISDD |
| **4** | 24 300 | 4 400 | 4 900 | 37 600 | |
| **8.1** | 800 | | 2 400 | 6 500 | 200 |
| **8.2 et 8.3** | 400 | | 10 700 | 1 400 | 1 000 |
| **9** | 2 300 | | 1 300 | 4 600 | 600 |
| **14** | 4 500 | 400 | | 7 300 | |
| **10 et 16** | 9 900 | | | 7 300 | |
| **16** | 1 600 | 2 600 | 500 | 4 800 | |
| **21** | 1 400 | | 800 | 4 700 | 1 900 |
| **Terrassement boite** | 34 700 | 300 | 14 700 | 59 200 | 16 600 |
| **Locaux techniques Montholon** | 7 000 | | | 200 | |
| **Couloir accès LT Montholon** | 3 600 | | | | |
| **Locaux techniques Vigouroux** | 11 000 | 6 700 | | 21 900 | |
| | **101 500** | **14 400** | **35 300** | **155 500** | **20 300** |

La réalisation d'un plan de terrassement prévisionnel (avec analyses complémentaires) sera nécessaire afin d'affiner les volumes et tonnages par filière au droit de la boite gare notamment.

**Gestion des eaux souterraines**

Au regard des volumes de surnageant attendus au droit de la boite gare, de la surface disponible sur le site, des caractéristiques de l'environnement du chantier (milieu urbain), de la profondeur de la nappe du Lutétien (~15 m) et des délais retenus pour la réalisation de la gare, les solutions de gestion des eaux, de type traitements *in situ* ou *on site*, n'ont pas été retenues.

**Concernant la gestion des eaux d'exhaure dans la boite gare, une solution d'un pompage/écrémage de la phase flottante via des skimmers flottants en fond de fouille, et en parallèle un pompage pour pré-traitement de la phase dissoute avant rejet dans le réseau existant, via un système de traitement sur site a été retenue et étudiée.**

Un point de contrôle des eaux de rejet sera aménagé pour permettre un contrôle visuel journalier et une prise d'échantillon par un organisme spécialisé pour analyses hebdomadaires en laboratoire agréé.

La mise en place d'un réseau de piézomètres associés à une unité de traitement de la phase flottante au droit de la boite gare, au plus près des futures parois moulées, et en proche amont de la boite gare, au droit de l'emprise considérée comme présentant du surnageant à ce jour, est également envisagée. Ces travaux permettraient de réduire le plus possible dans les délais impartis l'épaisseur de phase flottante avant le démarrage de la foration des parois moulées. L'ensemble des piézomètres de ces réseaux serait équipé d'un système d'écrémage simple (sans pompage) et relié à une (ou plusieurs) unité de traitement (séparation eau/flottant).

Au regard des informations disponibles à ce jour sur la qualité de la nappe du Lutétien, il sera nécessaire de réaliser des campagnes trimestrielles de suivi de la qualité de cette nappe et des mesures de l'épaisseur de flottant. Cette surveillance pourra être menée via le réseau piézométrique existant.

Concernant la deuxième nappe présente au droit du site, la nappe de la Craie plus profonde, il sera nécessaire de réaliser un ouvrage de contrôle de la qualité de cette dernière pour établir un état initial (soit avant travaux).

**Modalités générales de protection des travailleurs et des riverains retenues**

Malgré l'absence de risque sanitaire pour les travailleurs en phase chantier (concentrations susceptibles d'être inhalées inférieures aux valeurs limites d'exposition des travailleurs) et au regard des travaux envisagés, de la qualité des sols et du contexte urbain en présence, certaines mesures seront mises en œuvre durant le chantier :

- Les travailleurs du chantier seront tenus de porter les EPI habituels requis (masque à poussières, gants, lunettes de protection, masques à cartouches, etc.). Le port d'EPI adaptés pourra être imposé dans les zones où le flottant sera présent ;
- L'utilisation d'engins à cabine pressurisée pourra éventuellement être mise en place lors des phases critiques de travaux ;
- Les bases vies seront surélevées sur liernes (30 à 50 cm) ;
- Un suivi de la qualité de l'air ambiant au droit de la boîte projet pourra être mené afin de s'assurer que les teneurs modélisées correspondent à celles retrouvées dans l'air ambiant et respectent les valeurs réglementaires ;
- une aspersion des sols du chantier avec de l'eau saine, en particulier par temps sec, afin de limiter au maximum l'envol de poussières avant leur recouvrement. Cette aspersion pourra se faire via un système de pulvérisation fixe au droit des zones de terrassement et/ou attelée à un tracteur agricole par exemple au droit des pistes d'accès. La fréquence de ces aspersions sera définie en fonction de la météorologie au moment des travaux et des envols de poussières constatés, en coordination avec le CSPS désigné ;
- un système de neutralisation des odeurs pourra être mis en place, en particulier lorsque les sols impactés en hydrocarbures seront affleurants. Le système d'aspersion des sols, tel que décrit pour limiter l'envol de poussières, pourra alors être complété pour permettre la pulvérisation d'un principe actif adapté ;
- des campagnes de surveillance hors chantier, afin d'évaluer l'impact du chantier en terme de poussières et d'odeurs potentiellement générées pourront être réalisées. Des balises de suivi environnemental pourront ainsi être mises en place en limite de chantier pour une détection 5 gaz (CO, $H_2S$, $CH_4$, $O_2$ et benzène).

*c. Evaluation des niveaux de risques*

Dans le cadre de l'analyse de la sensibilité des sites d'aménagement des gares et des sites de maintenance, chaque ouvrage fait l'objet d'une fiche spécifique dans laquelle la sensibilité du site est identifiée à travers l'analyse:

- Des principales caractéristiques constructives du projet (cote TN, cote radier, volume de déblais prévisionnel, durée prévisionnelle des travaux) ;
- Des types de pollution, potentielle ou avérée, mis en évidence dans le cadre des études réalisées,
- Des cibles potentielles définies au regard de l'environnement et de l'usage futur du site ;
- Des voies de transfert et d'exposition potentielles définies selon les classes de polluants identifiés.

## Gare Pont de Sèvres

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 30,5 m NGF |
| Cote du radier | -4,9 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 193 500 $m^3$ |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pollution avérée : HCT, PCB, métaux (enjeu modéré lié à la présence de ces polluants et à la pollution de la nappe) |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : COHV (enjeu modéré lié à la présence de cette pollution a minima) |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Habitat collectif | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils de la nappe<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils de la nappe |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans la nappe |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare Issy RER

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 35 m NGF à l'ouest ; 36,2 m NGF à l'est |
| Cote du radier | 7,67 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 126 000 $m^3$ |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pollution avérée : HCT et BTEX à proximité (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions compte-tenu des travaux de traitement réalisés) |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : HCT, BTEX, COHV (enjeu modéré lié à ces pollutions) |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : gare, habitat collectif et individuel | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 76,2 m NGF |
| Cote du radier | 44,82 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 155 000 m$^3$ pour la gare, 270 000 pour le tunnel |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pollution avérée : HCT, métaux (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions) |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : HCT, BTEX (enjeu fort lié à la présence de flottant ; des analyses complémentaires sont en cours pour vérifier la présence de phase, son épaisseur ou l'évolution des teneurs) |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : gare, habitat collectif et individuel | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs (absence de risque sanitaire) | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains (absence de risque sanitaire) | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques définies dans le plan de gestion | |

## Gare Châtillon-Montrouge

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 79,49 m NGF à l'ouest ; 77,56 m NGF à l'est |
| Cote du radier | 40,97 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 141 500 m$^3$ |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (enjeu modéré lié aux anciennes activités des 2 sites BASIAS) |
| Eaux souterraines | La nappe n'est pas vulnérable |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : gare, activités industrielles et habitat collectif et individuel | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils potentiellement présents dans les sols<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare de Bagneux

| | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 82,3 m NGF | |
| Cote du radier | 38,5 m NGF | |
| Volume de déblais estimé | 147 000 $m^3$ | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution avérée : HCT, BTEX, métaux et métalloïdes lixiviables en profondeur (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions) | |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : HCT, BTEX (enjeu fort lié à la présence de flottant) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : église, commerces et habitat collectif | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare Arcueil-Cachan

| | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 59 m NGF | |
| Cote du radier | 28,4 m NGF (+ 0,5 m de vide-sanitaire) | |
| Volume de déblais estimé | 119 000 $m^3$ | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et d'un transformateur potentiellement aux PCB) | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : PCB (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à un transformateur potentiellement aux PCB) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Habitat collectif et individuel | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés)<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de potentiels polluants volatils encore en place dans le milieu souterrain |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 120 m NGF | |
| Cote du radier | 66,6 m NGF (rail à 70,5 m NGF) | |
| Volume de déblais estimé | 250 500 $m^3$ | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais) | |
| Eaux souterraines | Pas de source de pollution identifiée pour la nappe | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Parc | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier<br>Usagers du parc (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés)<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| Gare Villejuif Louis Aragon | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 98,7 m NGF | |
| Cote du radier | 62,24 m NGF | |
| Volume de déblais estimé | 100 000 $m^3$ | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu modéré lié à la présence suspectée de cuves de fioul) | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence de cuves potentiellement enterrées et d'un site BASIAS) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Habitat collectif sur commerces | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| Gare Vitry Centre | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 51,5 m NGF | |
| Cote du radier | 20,97 m NGF | |
| Volume de déblais estimé | 106 000 $m^3$ | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et à la présence éventuelle d'anciennes cuves) | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence éventuelle d'anciennes cuves) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Habitat collectif sur commerces, équipements publics, parc municipal | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés)<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation d'éventuels polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact faible pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| SMI de Vitry et débranchement associé | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 34,5 m NGF | |
| Cote du radier | 33,6 m NGF | |
| Volume de déblais estimé | 90 000 $m^3$ (SMI + tranchée de raccordement) | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : HCT, COHV, BTEX, HAP, métaux (enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site) | |
| Eaux souterraines | Pollution passée avérée à proximité: COHV, HCT (enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, aux cuves enterrées présente sur site et à une pollution en COHV à proximité du site) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Zone industrielle et logistique | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone (adultes) | Travailleurs du SMI |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare Les Ardoines

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 33,5 m NGF |
| Cote du radier | 4,9 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 101 000 $m^3$ |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pollution suspectée : HCT, COHV, BTEX, HAP, métaux (enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site) |
| Eaux souterraines | Pollution passée avérée à proximité: COHV, HCT (enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, au passif industriel du site et à une pollution de la nappe à proximité du site) |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Zone industrielle et logistique | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone (adultes) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Non concerné (pas d'impact hors site en phase exploitation) |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

## Gare Le Vert de Maisons

| **Données constructives** | |
|---|---|
| Cote TN | 32,4 m NGF |
| Cote du radier | 10,32 m NGF |
| Volume de déblais estimé | 123 000 $m^3$ |

| **Pollution potentielle / avérée** | |
|---|---|
| Sols | Pas de pollution recensée lors des investigations |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, HCT, BTEX (enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence de cuves et d'un site BASIAS sur la parcelle voisine) |

| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : habitat collectif et individuel, gare, friche | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |

| **Notion de transfert de pollution** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels dans la nappe<br>Envol de poussières comprenant des éventuels polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels dans la nappe |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans la nappe encore en place |

| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
|---|---|---|
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| Gare Créteil L'Echât | | | |
|---|---|---|---|
| **Données constructives** | | | |
| Cote TN | 37 m NGF | | |
| Cote du radier | 8,12 m NGF | | |
| Volume de déblais estimé | 90 000 $m^3$ | | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | | |
| Sols | Pollution avérée : HCT, métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions) | | |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : HAP (enjeu faible lié à la présence de faible quantité de polluants) | | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Occupation du sol | Mixte (activités tertiaires et secondaires) : immeuble d'activité, chaufferie, CHU | | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, travailleurs du secteur (adultes) | Travailleurs et usagers de la gare | |
| **Notion de transfert de pollution** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils dans le milieu souterrain encore en place | |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place | |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible | |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact | |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | | |

| Gare de Saint-Maur Créteil | | | |
|---|---|---|---|
| **Données constructives** | | | |
| Cote TN | 38 m NGF | | |
| Cote du radier | 19,6 m NGF | | |
| Volume de déblais estimé | 107 000 $m^3$ | | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | | |
| Sols | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux (enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'éventuelles cuves à fioul) | | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et la présence d'un site BASIAS à proximité) | | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Occupation du sol | Mixte (tertiaire et résidentiel) : immeuble d'activité, habitat collectif et individuel | | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare | |
| **Notion de transfert de pollution** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place | |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation potentielle de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation d'éventuels polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place | |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs l | Risque d'impact faible | |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact | |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | | |

| Gare Champigny Centre | | | |
|---|---|---|---|
| **Données constructives** | | | |
| Cote TN | 38,22 m NGF | | |
| Cote du radier | 12,1 m NGF | | |
| Volume de déblais estimé | 110 000 $m^3$ | | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | | |
| Sols | Pollution avérée : HCT, BTEX, métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions) | | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : HCT (enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures dans les sols saturés) | | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Occupation du sol | Habitat collectif et individuel, lycée | | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare | |
| **Notion de transfert de pollution** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés<br>Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place | |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place | |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible | |
| Hors site | Risque d'impact modéré pour les riverains | Pas d'impact | |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | | |

| SMR de Champigny | | | |
|---|---|---|---|
| **Données constructives** | | | |
| Cote TN | 71,36 m NGF au nord, 86,11 m NGF au sud | | |
| Cote du radier | 72,9 m NGF | | |
| Volume de déblais estimé | 403 000 $m^3$ | | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | | |
| Sols | Pollution avérée : métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu faible lié à la présence de ces pollutions) | | |
| Eaux souterraines | Pollution avérée : métaux et métalloïdes (enjeu faible lié à la présence de ces pollutions) | | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Occupation du sol | Zone industrielle et parc départemental | | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone industrielle et promeneurs du parc (adultes et enfants) | Travailleurs du SMR | |
| **Notion de transfert de pollution** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Voies de transfert potentielles | Migration des composés lixiviables vers les eaux souterraines<br>Envol de poussières comprenant des métaux adsorbés | - (revêtement de surface) | |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation/ingestion de poussières contaminées (pas de captages d'eau recensés à proximité) | - | |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** | |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Pas d'impact (pas de composés volatils) | |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les usagers du parc | Pas d'impact | |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | | |

| Gare Bry Villiers Champigny | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote du TN | entre 80 et 85 m NGF | |
| Cote du radier | entre 54,94 et 57,5 m NGF (selon le scénario) | |
| Volume de déblais prévu | 136 000 $m^3$ (gare) et 488 000 $m^3$ (tunnel) | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution avérée : PCB, HCT et HAP et en métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions) | |
| Eaux souterraines | Nappe non vulnérable | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : habitat individuel, friche | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiellement présents dans les sols<br>Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | - (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe) |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains | Pas d'impact (pas d'impact hors site en phase exploitation) |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

| Gare Noisy-Champs | | |
|---|---|---|
| **Données constructives** | | |
| Cote TN | 96 m NGF | |
| Cote du radier | 72,65 m NGF (radier de la ligne 16 sous les quais de la ligne 15) | |
| Volume de déblais estimé | 457 000 $m^3$ (gare + avant gare + arrière gare) – 318 000 $m^3$ (tunnel) | |
| **Pollution potentielle / avérée** | | |
| Sols | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et à la présence d'une station de lavage) | |
| Eaux souterraines | Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible uniquement en cas de présence d'une nappe perchée et liée à la faible densité de sources potentielles de pollution) | |
| **Contexte du site et cibles potentielles** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Occupation du sol | Mixte : habitat collectif, parc, complexe universitaire et de bureaux | |
| Cibles potentielles | Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) | Travailleurs et usagers de la gare |
| **Notion de transfert de pollution** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Voies de transfert potentielles | Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité)<br>Envol de poussières comprenant des polluants<br>Migration de composés lixiviables vers les eaux souterraines | Dégazage dans l'air de polluants volatils lié au milieu souterrain encore en place |
| Voies d'exposition potentielles | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain<br>Inhalation/ingestion de poussières contaminées | Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place |
| **Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain** | | |
| | ***Phase chantier*** | ***Phase exploitation*** |
| Sur site | Risque d'impact modéré pour les travailleurs | Risque d'impact faible |
| Hors site | Risque d'impact faible pour les riverains | Pas d'impact (pas de cible hors site en phase exploitation) |
| Mesures retenues | Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier<br>Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion | |

#### *1.8.3.10 Synthèse relative aux risques de pollutions du milieu souterrain*

Les enjeux relatifs à la pollution du milieu souterrain ont été identifiés très en amont par la Société du Grand Paris et font l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la définition du projet.

Les études conduites sur la Ligne 15 Sud depuis plusieurs années s'attachent à identifier de manière exhaustive les risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit au niveau des gares et des sites de maintenance, mais également sur l'ensemble des ouvrages annexes et des ouvrages spécifiques réalisés à partir de la surface.

Ces études ont permis d'identifier un certain nombre de sites particulièrement sensibles qui font l'objet d'une attention particulière :

- Sur le secteur Ouest de la Ligne 15 Sud avec les sites des gares de Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux,
- Sur le secteur des Ardoines, au niveau de la gare des Ardoines et du SMI de Vitry,
- Sur le secteur de Champigny, au niveau de la gare de Champigny Centre et du SMR.

Les études sont encore en cours et restent conditionnées par les possibilités d'accès aux parcelles pour la réalisation des sondages et la pose des piézomètres. La finalisation des diagnostics permettra d'engager la réalisation des plans de gestion et des EQRS et de définir les mesures spécifiques qui seront mises en œuvre pour assurer la compatibilité des sites avec leur usage (en phase chantier et en phase exploitation).

### 1.8.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la gestion des terres et milieux pollués

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau d'impact | Mesures |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine | Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation de la voie fluviale pour leur évacuation | **Mesures générales relatives à la gestion des déblais :**<br>• Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire)<br>• Identification des projets de valorisation<br>• Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité<br>• Priorité donnée au report vers les installations existantes de la voie d'eau et du fer et à l'utilisation des axes structurants pour le transport des déblais<br>**Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :**<br>• Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur les sites de l'Ile de Monsieur et de Pont de Sèvres par la création de plateformes dédiées et études pour utiliser les ports existants<br>• Développement du transport ferroviaire sur le site de Fort d'Issy/Vanves/Clamart<br>• Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales<br><br>**Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :**<br>• Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels)<br>• Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches)<br>• Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé<br>• Évacuation des terres polluées en filières spécialisées<br>**Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :**<br>• Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études encore en cours : par exemple, suivi de la qualité des eaux et de l'air ambiant à proximité du chantier, utilisation d'engins à cabine pressurusée, dsurélévation des bases vies)<br><br>**Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :**<br>• Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet<br>• Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques<br>• Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire |
| | Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER | Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des gares de Pont de Sèvres et Issy RER | |
| | Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne | Risque d'impact fort au droit des gares de Pont de Sèvres et Issy RER lié à la mobilisation de terrains pollués et de riverains à proximité des chantiers | |
| | Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement de la gare Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL | Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages | |
| | | Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité | Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet | |
| | Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart | Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart | |
| | Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées | Risque d'impact fort au droit de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart lié à la mobilisation de terrains pollués | |
| | Présence potentielle de pollution sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles référencés BASIAS | Risque d'impact modéré lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués et la présence de riverains à proximité du chantier | |
| | Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués | Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages | |
| | | Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau d'impact | Mesures |
|---|---|---|---|
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate | Impact fort lié au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet | **Mesures générales relatives à la gestion des déblais :**<br>• Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire)<br>• Identification des projets de valorisation<br>• Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité<br>• Priorité donnée aux axes structurants pour le transport des déblais<br>**Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :**<br>• Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur le site de la Friche Arrighi par la création d'une plateforme de transbordement et études pour utiliser les ports existants<br>• Développement du transport ferroviaire sur le site de Bry Villiers Champigny<br>• Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales<br><br>**Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :**<br>• Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels)<br>• Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches)<br>• Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé<br>• Évacuation des terres polluées en filières spécialisées<br>**Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :**<br>• Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études en cours)<br><br>**Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :**<br>• Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet<br>• Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques<br>• Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire |
| | Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié | Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique | |
| | Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués | Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages | |
| | | Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier | |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur | Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation ponctuelle de la voie fluviale pour leur évacuation (friche Arrighi) | |
| | Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines | Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des ouvrages dans le secteur des Ardoines | |
| | Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution dû aux activités actuelles et passées | Risque d'impact fort dans le secteur des Ardoines et de Champigny lié à la mobilisation de terrains pollués lors de la réalisation des ouvrages | |
| | Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles | Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains pollués et potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages | |
| | Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de remblais potentiellement pollués | Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4) | Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet | |
| | Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié | Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique | |
| | Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR | Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués, mais limité dans les secteurs d'aménagement les plus éloignés des riverains | |
| | Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section | | |

# 1.9 Vibrations

Ce chapitre fait suite à l'analyse de l'état vibratoire initial qui a permis d'identifier les zones et/ou singularités à enjeux potentiels sur le territoire traversé par la Ligne 15 Sud.

L'objectif est d'évaluer en phase exploitation et en phase construction, l'impact vibratoire du projet sur :

- les occupants proches du tracé, vis-à-vis de la perception tactile des vibrations mais aussi de la perception auditive d'un bruit rayonné, dit bruit solidien ;
- les structures même des bâtiments ;
- le fonctionnement d'équipements sensibles aux vibrations.

Ce chapitre comprend une analyse des réglementations et des valeurs limites applicables ainsi qu'une présentation de la nature des impacts du projet. L'évaluation des impacts au regard des valeurs cibles retenues et les résultats des modélisations sont ensuite présentés et suivie d'une revue des mesures d'accompagnement envisagées à ce stade du projet.

## 1.9.1 Plan de management des bruits et vibrations en phase exploitation

**La Société du Grand Paris a entrepris la mise en place d'un dispositif de contrôle des risques de nuisances liés aux bruits et vibrations transmis par le sol en phase exploitation.**

**Ce dispositif ou plan de management prévoit les éléments suivants :**

- La définition des métriques et de valeurs cibles permettant d'évaluer l'exposition des riverains aux vibrations et aux bruits solidiens transmis par le sol en se basant sur les travaux de normalisation et de recherche les plus récents,
- L'identification des bâtiments sensibles et dimensionnants par zone (bâtiment représentatif d'une zone de quelques dizaines à quelques centaines).
- La réalisation de campagnes de mesures sur site afin de caractériser les propriétés des sols (caractéristiques mécaniques des couches géologiques) selon les méthodes de l'état de l'art, et ainsi alimenter les modèles de simulations avec des données fiables,
- La caractérisation des fonctions de transfert vibratoires entre le sol et les fondations de bâtiments, par des procédés numériques et/ou expérimentaux (sur site)
- La réalisation de nouvelles simulations dans des bâtiments sélectionnés a priori sensibles (entre 30 et 40 pour le tronçon sud);
- La réalisation de mesures de transfert vibratoire après construction du tunnel (vide)
- La réalisation de mesures vibratoires in situ en conditions de marche à blanc.

**Un des points clés du dispositif est la** nomination d'un organisme indépendant de second regard qui contrôlera la pertinence du plan de management et de l'ensemble des travaux d'essais et de simulations menés au cours des phases successives du projet et listés plus haut.

## 1.9.2 La réglementation et les valeurs cibles

Les grandeurs physiques utilisées pour évaluer l'exposition des riverains aux bruits et vibrations transmis par le sol sont :

- Le niveau de vitesse particulaire $Lv_{max,S}$ mesuré ou simulé dans la partie centrale du plancher. Il s'agit du niveau global en dB réf. $5x10^{-8}$ m/s, non pondéré, calculé sur l'ensemble des bandes de tiers d'octave de 8 à 80 Hz. L'indice « S » indique l'application de la constante de temps normalisée Slow (durée de 1 sec). Ce descripteur est recommandé par le groupe de normalisation ISO/TC108/SC2.

- Le niveau de pression acoustique $Lp_{ASmax}$ lié au bruit solidien, calculé sur les bandes de tiers d'octave de 16 Hz à 250 Hz et exprimé en dB réf. $2x10^{-5}$ Pa avec une pondération A.

### *1.9.2.1 Gêne des occupants par perception tactile des vibrations*

Les valeurs cibles définies dans ce chapitre permettent d'évaluer le risque de gêne des occupants des bâtiments exposés. Elles sont issues de la norme ISO2631-2 relative à « l'évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps », version 1989. Ces valeurs, bien que disparues dans la version de 2003, sont très souvent utilisées en France (en l'absence de norme nationale ou texte réglementaire spécifique), mais également en Suède et aux États-Unis comme mentionné dans les résultats du projet de recherche Européen RIVAS.

Pour rappel, le projet RIVAS (pour Railway Induced Vibration Abatement Solutions) est un programme européen de R&D regroupant 27 acteurs et qui a permis d'aboutir en 2013 à un certain nombre de documents consultables sur le site internet. Ce projet traite des risques liés à l'apparition de vibrations et bruit d'origine solidien en phase lors de l''exploitation de lignes ferroviaires. Les méthodes, résultats et analyses font consensus et constituent à ce jour une référence sans équivalent en Europe.

Ces valeurs sont en fait identiques pour toutes les bandes 1/3 octaves entre 8 et 80 Hz et s'appliquent au niveau du plancher de la zone considérée, au centre de la pièce, selon un axe vertical.

**Valeurs vibratoires cibles à ne pas dépasser en termes de gêne potentielle des occupants**

| Type de bâtiment | Période d'exposition | Valeurs cibles pour chaque bande 1/3 octave de 8 Hz à 80 Hz | |
|---|---|---|---|
| | | Vitesse particulaire rms en mm/s de 8 à 80 Hz | Vitesse particulaire en dBV réf. $5x10^{-8}$ m/s |
| Zones de travail sensibles (hôpitaux, laboratoires, etc…) | Jour et nuit | 0,10 | 66 |
| Zones résidentielles | Jour | 0,20 | 72 |
| | Nuit | 0,14 | **69** |
| Bureaux | Jour et nuit | 0,40 | 78 |
| Ateliers | Jour et nuit | 0,80 | 84 |

La valeur limite de 69 dBV sera retenue de nuit, pour les zones résidentielles, avec une tolérance de 3 dBV de plus le jour. Pour les zones de travail les plus sensibles, le niveau sera de 3 dBV inférieur, soit 66 dBV de jour comme de nuit.

Dans le paragraphe relatif à l'évaluation des impacts, les fréquences supérieures à 80 Hz seront également étudiées, même si les seuils précédents ne les prennent pas en considération.

### 1.9.2.2 Gêne des occupants par perception du bruit solidien

Les valeurs cibles fixées pour déterminer la gêne des occupants d'un bâtiment lié au bruit solidien sont issus des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, recommandations que l'on retrouve sur la plateforme de Bruitparif (Observatoire du bruit en région Île-de-France).

Sont également prises en compte certaines valeurs seuils proposées par le ministère des transports américain, via le guide de la Federal Transit Administration FTA « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques.

**Valeurs acoustiques cibles à ne pas dépasser en termes de gêne potentielle des occupants**

| Type de lieu | Période d'observation | Valeur limite |
|---|---|---|
| Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches | Jour | $Lp_{ASmax}$ = 40 dB(A) |
| | Nuit | **$Lp_{ASmax}$ = 35 dB(A)** |
| Salles de classe, tribunaux, salles de conférences, bureaux | Jour | $Lp_{ASmax}$ = 40 dB(A) |
| Théâtres, cinémas | Jour et nuit | $Lp_{ASmax}$ = 30 dB(A) |
| Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert | Jour et nuit | $Lp_{ASmax}$ = 25 dB(A) |

Il convient de rappeler que l'indice LpASmax correspond à la valeur maximale moyennée sur 1 seconde mesurée lors du passage d'un métro à proximité. Il s'agit donc d'une valeur proche de la valeur « instantanée ».

La valeur retenue dans cette étude pour la période nuit - la plus contraignante - est de 35 dB(A) sur 1 seconde. Elle correspond à la plus faible valeur, sauf en ce qui concerne les studios d'enregistrement ou assimilé.

### 1.9.2.3 Risque de dommage structurel des bâtis

Les vibrations générées par un métro en exploitation sont d'amplitude insuffisante pour entrainer des désordres structurels dans les constructions.

À titre indicatif, la circulaire du 23 juillet 1986, qui s'applique aux impacts vibratoires générés par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, impose différentes valeurs seuils à ne pas dépasser selon le type de constructions classées par niveau de vulnérabilité et la nature de l'excitation (intermittente ou continue).

Les valeurs seuils indiquées dans cette circulaire sont de l'ordre de plusieurs mm/s, ou encore entre 20 et 100 fois supérieurs aux valeurs cibles retenues pour évaluer le risques de gêne par perception tactile des riverains. Le respect de ces dernières permet de garantir l'absence de risques de dommages aux constructions liés aux vibrations.

### 1.9.2.4 Seuils en phase travaux

Les textes réglementaires relatifs à la limitation des vibrations engendrées par des activités de type chantier sont très disparates. Les réglementations sont en fait inexistantes mais il existe des documents de référence sous la forme de guides de bonne pratique (charte chantier vert, charte chantier à faible nuisance), voire de simples recommandations.

Généralement, des premiers seuils sont indiqués au cahier des charges des entreprises de travaux. Ces seuils sont définis de façon à préserver l'intégrité des bâtiments qui seront exposés de façon notable aux vibrations.

Des essais dits de convenance sont ensuite réalisés au démarrage des travaux. Ils consistent en des tests « grandeur nature » et permettent de quantifier précisément l'impact vibratoire de telle ou telle phase de travaux. Les seuils sont alors validés ou réajustés dans l'objectif clair de permettre la réalisation des travaux de façon maîtrisée, sans prendre de risque au niveau de l'intégrité des bâtiments. Dans ce cas, des dispositifs de mesures en continu (monitoring) avec alarmes en temps réel en cas de dépassements de seuils sont systématiquement mis en place afin de pouvoir, les cas échéant, stopper la phase de travaux incriminée et l'adapter (modification du process, aménagement d'horaires, réduction de la fréquence…).

En ce qui concerne la gêne des riverains, des dépassements ponctuels des valeurs de perception des vibrations (valeurs plus faibles que celles correspondant aux seuils d'intégrité des bâtiments) sont généralement acceptés, à partir du moment où ces dépassements sont anticipés. **Un plan de management du bruit et des vibrations** doit ainsi être mis en place afin de prévoir les phases les plus impactantes en termes d'intensité, de durée, de période horaire et de localisation…et ce avec une mise à jour en fonction de l'avancement du chantier.

En résumé, les seuils vibratoires relatifs à la phase de travaux seront définis plus précisément en concertation avec les entreprises, une fois les process de réalisation et leur phasage détaillé validé.

À ce stade des études, **il est proposé de retenir comme valeur guide un niveau vibratoire de 2 mm/s** soit environ 92 dB (valeur à comparer aux 66 dB retenus pour les établissements sensibles), correspondant à des niveaux certes potentiellement perceptibles par des riverains, mais ne présentant pas de risque pour les structures.

**L'analyse des réglementations et seuils applicables en matière de vibrations émises dans l'environnement par le métro du Grand Paris durant les phases d'exploitation et de construction d'un métro, permet de conclure que les seuils les plus sévères correspondent à ceux relatifs au risque de gêne des occupants des bâtis situés à proximité du tracé. Ce risque de gêne pourra être lié soit aux vibrations des planchers, soit au bruit solidien qui en découle.**

**Les valeurs de 69 dBV pour les vibrations et de 35 dB(A) pour le bruit sont les ordres de grandeur de limites à retenir en zones résidentielles pour la phase exploitation (se référer aux tableaux détaillés pour les valeurs précises par type bâtiment ou lieux).**

### 1.9.3 La nature des risques d'impact vibratoire du projet

Les différents types d'impact vibratoire du projet sont analysés ci-après d'un point de vue qualitatif.

Dans la partie relative à l'évaluation des impacts, des modélisations ponctuelles détaillées seront réalisées afin de quantifier ces impacts.

#### *1.9.3.1 Exploitation du métro*

Les lignes ferroviaires en phase exploitation génèrent des vibrations provenant de l'interaction dynamique entre le véhicule et la voie. Ces vibrations se transmettent à l'infrastructure (structure du tunnel) et au sol par couplage mécanique, puis se propagent dans le sol jusqu'aux fondations des bâtiments alentours, causant la mise en vibration de ces bâtiments.

Les vibrations de flexion des dalles/planchers et des murs peuvent être ressenties par les individus de manière tactile et sous la forme d'un bruit sourd (bruit solidien ou bruit transmis par le sol). Ce bruit est généralement plus fortement ressenti pour les voies souterraines que pour les voies en surface, puisqu'il n'est pas masqué par le bruit émis au passage du train et se propageant dans l'air jusqu'aux façades des bâtiments.

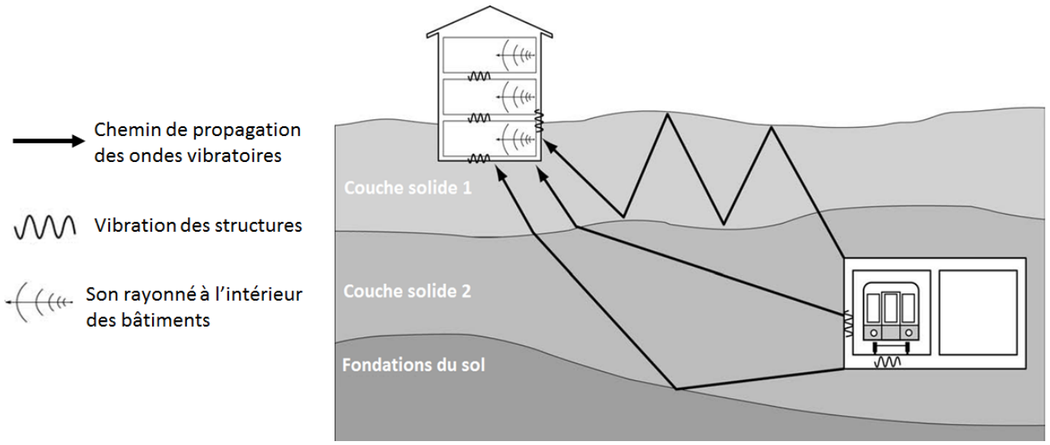



**Illustration des vibrations induites par un système ferroviaire souterrain (extrait de la norme ISO 14837-1)**

Le diagramme précédent résume les différentes étapes de génération et de transmission par le sol des bruits et vibrations induits par un système de transport ferroviaire.

**Émission :**

En phase exploitation, les vibrations proviennent des mécanismes d'interaction entre le matériel roulant et la voie dans la zone de contact roue/rail. Le déplacement imposé par les irrégularités des surfaces de roulement des rails et des roues, ainsi que le déplacement des charges des essieux sur un support de raideur variable (dans le cas de supports discrets du rail) conduisent à des efforts dynamiques s'appliquant au véhicule et à la voie.

L'énergie vibratoire induite dans la zone de contact est absorbée par la mise en vibration de la voie et du matériel roulant, dont les contributions respectives (en termes de niveaux vibratoires) dépendent du rapport de leurs mobilités au point de contact (vitesse particulaire pour un effort unitaire). Autrement dit, la vibration de la voie et par extension ses performances en terme d'atténuation vibratoire dépendent des propriétés dynamiques du matériel roulant. Les efforts dynamiques au contact génèrent un mouvement vibratoire des composants de voie se transmettant à la structure du tunnel elle-même couplée au sol. Pour un même niveau d'effort, les niveaux vibratoires au niveau du radier et des parois du tunnel dépendent des propriétés géométriques et mécaniques de la structure du tunnel mais également des caractéristiques mécaniques du sol auquel le tunnel est couplé. Plus le sol est meuble et peu dense, plus les niveaux vibratoires au niveau de la structure du tunnel et en aval dans le sol seront importants (tous paramètres égaux par ailleurs).

**Propagation :**

Les vibrations transmises au sol vont se propager sous forme d'ondes (de dilatation et de cisaillement) jusqu'à atteindre les fondations d'un bâtiment (propagation). À chaque interface entre deux couches géologiques, les ondes vont en partie transmettre leur énergie aux couches supérieures, l'autre partie de l'énergie étant réfléchie.

**Immission :**

Une partie des niveaux vibratoires va se transmettre aux fondations par effet de couplage mécanique : le couplage sera d'autant plus faible que le sol sera meuble. Les vibrations se propagent enfin au sein de la structure du bâtiment et exciter les modes de flexion principaux des planchers, se traduisant par un effet d'amplification vibratoire. Une partie de l'énergie vibratoire des planchers et murs est ensuite convertie en bruit par effet de rayonnement acoustique (réception).

Les niveaux de vibrations attendus sont fonction des paramètres suivants :

- Les caractéristiques du matériel roulant, notamment la masse non suspendue (masse en contact direct avec le rail et la raideur des suspensions primaire (entre les essieux et la structure du bogie), sa vitesse.

- l'état de rugosité des tables de roulement des rails et des roues. Ce sont en effet les micros défauts des surfaces de roulement dans la zone de contact entre les roues et le rail qui sont majoritairement à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des voies et/ou des roues, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés que ceux annoncés dans cette étude. Le niveau de rugosité considéré ici correspond à un état d'usure moyen des rails et des roues.

- Le système de pose des voies qui intègre un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cas de la Ligne 15 Sud, il est prévu la mise en place systématique d'une semelle souple entre le rail et la plate-forme.

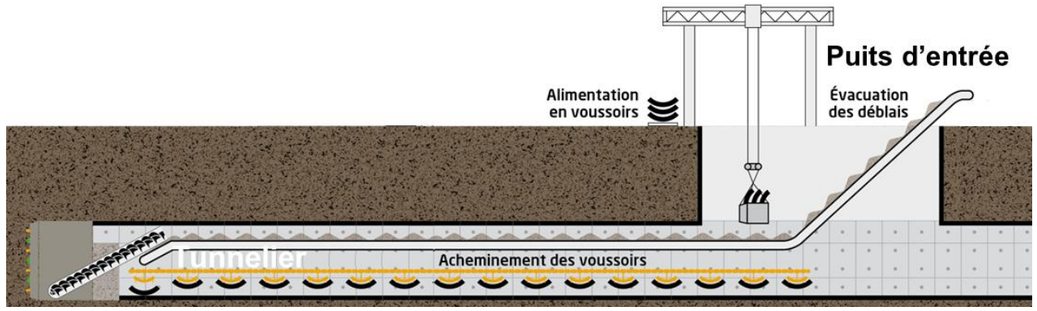
- La profondeur du tunnel.

- Les conditions de propagation dans le sol, dépendant des caractéristiques mécaniques des couches géologiques entre la base du tunnel et les fondations des bâtiments concernés,

- les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.

### 1.9.3.2 Travaux de creusement du tunnel

Lors de la phase de construction du tunnel, il est prévu d'utiliser un tunnelier, comme illustré dans la figure suivante.




*Principe de creusement par tunnelier*

Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur les nappes souterraines. Elle permet en effet un avancement continu et régulier du percement du tunnel, ce qui limite les risques de désordre. Le tunnelier assure la pressurisation du front de taille et la mise en place rapide de voussoirs en béton avec injection de mortier, ce qui permet d'assurer la stabilité du tunnel et son étanchéité.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces 30 dernières années en région parisienne (métro Ligne 14 entre la gare de Lyon et La Madeleine, métro Ligne 12 entre la Porte de la Chapelle et la Mairie d'Aubervilliers, prolongement de la Ligne RER D, tramway T6 présentant une partie souterraine à Viroflay), tous implantés à environ 20 mètres sous le terrain naturel, montrent la limitation des nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

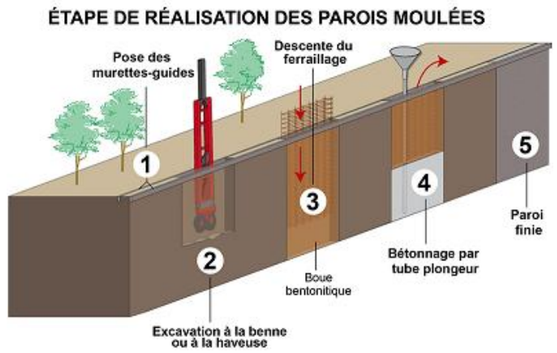
Pour le creusement à proximité d'anciennes carrières, des mesures spécifiques de confortement peuvent être prévues et sont alors mises en œuvre avant le passage du tunnelier. Ces phases de comblement permettront ainsi d'assurer la stabilité des sols, et ainsi d'éviter les impacts potentiels liés à la présence de vides. Ces mesures sont présentées dans la rubrique relative à la Géologie du présent document, au niveau du paragraphe portant sur la prise en compte des anciennes carrières souterraines.

Dans certains cas ponctuels, où la géologie présente des spécifiés ou lorsque le tunnel est plus proche de la surface, il sera possible de ressentir au niveau du sol, des vibrations. La vitesse d'un tunnelier étant d'environ de 8 à 14 mètres par jour, ces effets seront cependant temporaires. Ils dureront éventuellement entre 2 et 3 jours pour un bâtiment donné.

**En conclusion, la mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière significative l'émission de vibrations, et peut être considérée comme une mesure d'évitement. Les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles a priori. Ils seront bien entendu vérifiés dans la partie relative à l'évaluation du risque vibratoire.**

### 1.9.3.3 Travaux spécifiques de type gares, sites de maintenance, puits

Ces travaux annexes ne sont pas négligeables d'un point de vue vibratoire car ils se déroulent pour certains d'entre eux, en surface. Les travaux les plus significatifs vont correspondre à l'utilisation des techniques suivantes.

| Technique utilisée | Particularité | Illustrations |
|---|---|---|
| Parois moulées | Une paroi moulée est un mur en béton armé coulé dans le sol. Le principe est de creuser une tranchée, remplie de boue durant l'excavation puis dans laquelle le béton est ensuite coulé.<br><br>L'utilisation de cette technique permet d'éviter les opérations de rabattements de nappes souterraine mais également de limiter les vibrations par rapport à du battage de palplanches (voir ci-après) |  |
| Brise roche | La finition des parois moulées pourra être réalisée au brise-roche. Cette technique génère plus de vibrations mais sera très limitée dans le temps et dans l'espace. |  |
| Compactage | Les travaux de terrassement nécessiteront l'utilisation de compacteurs, eux aussi potentiellement générateur de vibrations. |  |
| Battage | Le battage ou vibrofonçage de palplanches permet de réaliser un mur de soutènement. Cette technique génère plus de vibrations que les techniques précédentes. Elle sera limitée à la construction de la gare de Pont De Sèvres. |  |

Une analyse de l'impact de ces travaux spécifiques sera développée dans la suite.

En complément, des méthodes plus traditionnelles de construction seront utilisées comme par exemple pour la construction de certaines parties de gares. Par contre, ces méthodes présentent des impacts vibratoires négligeables qui ne méritent pas d'être analysés.

#### *1.9.3.4 Exploitation du métro*

En phase d'exploitation du métro, les impacts vibratoires liés à la circulation des rames seront moins significatifs mais s'étaleront sur la durée. Malgré l'éloignement des sources vibratoires lié à la profondeur même du métro, des vibrations pourront être transmises du train, au sol, puis aux fondations et enfin aux habitations.

Les niveaux de vibrations attendus sont fonctions de nombreux critères :

- Le type de matériel roulant, sa vitesse, sa masse.

- Le type de roue et de voie et surtout l'état de rugosité du système roue-rail. Ce sont en effet les micros défauts de planéité entre les roues et le rail qui sont à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des voies et/ou des roues, voire en plus dans une courbe, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés.



Exemple de matériel roulant

- Le système de pose des voies qui peut intégrer d'office un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cas de la Ligne 15 Sud, il est ainsi prévu, par défaut, la mise en place d'une semelle souple sous le rail.

- La profondeur du tunnel.

- Les conditions de propagation dans le sol, les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.

### 1.9.4 Analyse des vibrations liées au projet

#### *1.9.4.1 Paramètres pris en compte*

L'analyse des différents paramètres susceptibles d'avoir une incidence sur la sensibilité vibratoire du site en termes de perception des vibrations et du bruit solidien par les riverains et de risque pour le bâti, a été effectuée lors de l'étude d'état initial, en recensant :

- La présence ou non d'habitants et le type de bâtiment.
- La présence ou non d'établissement sensibles type monuments historiques, hôpitaux, écoles, crèches, lieux culturels, etc. La composition géologique du sous-sol.
- La présence de singularité type carrières et réseaux et/ou ouvrages enterrés.
- La profondeur du tracé et l'éloignement dans le plan horizontal des bâtiments par rapport au tracé.
- Le type de bâtiments et notamment le type de fondations (sur pieux ou sur semelle de répartition).

Cette analyse a conduit à la production de cartes permettant de visualiser ces différents éléments.

#### *1.9.4.2 Analyse de l'impact vibratoire du tunnelier*

Cette phase de travaux présente de très fortes similitudes avec la phase d'exploitation du métro, puisque des vibrations vont être créées dans le sous-sol, le long du tracé.

Mise à part les différences entre les deux types de sources (un tunnelier d'une part et le contact roue-rail d'autre part), les phénomènes de propagation et l'impact en surface via les fondations des bâtiments seront très similaires.

La méthode d'évaluation d'impact commune est ainsi détaillée dans le paragraphe suivant, relatif à la phase exploitation.

#### *1.9.4.3 Analyse de l'impact vibratoire en phase exploitation*

Un paramètre essentiel à prendre en compte en complément des autres paramètres listés plus haut est la profondeur du tunnel (la profondeur de voie correspond à la distance entre la surface du sol et la voie de circulation du métro).

C'est en effet un paramètre essentiel pour l'analyse de risque car l'impact vibratoire dépend de la distance entre la source de vibration (train à l'intérieur du tunnel) et le récepteur en surface ou les fondations des bâtiments.

L'analyse est conduite en distinguant les profondeurs de voies suivantes par ordre croissant de sensibilité aux vibrations :

- Profondeur des voies supérieure à 25 m.

- Profondeur des voies comprise entre 20 et 25 m.

- Profondeur des voies inférieure à 20 m.

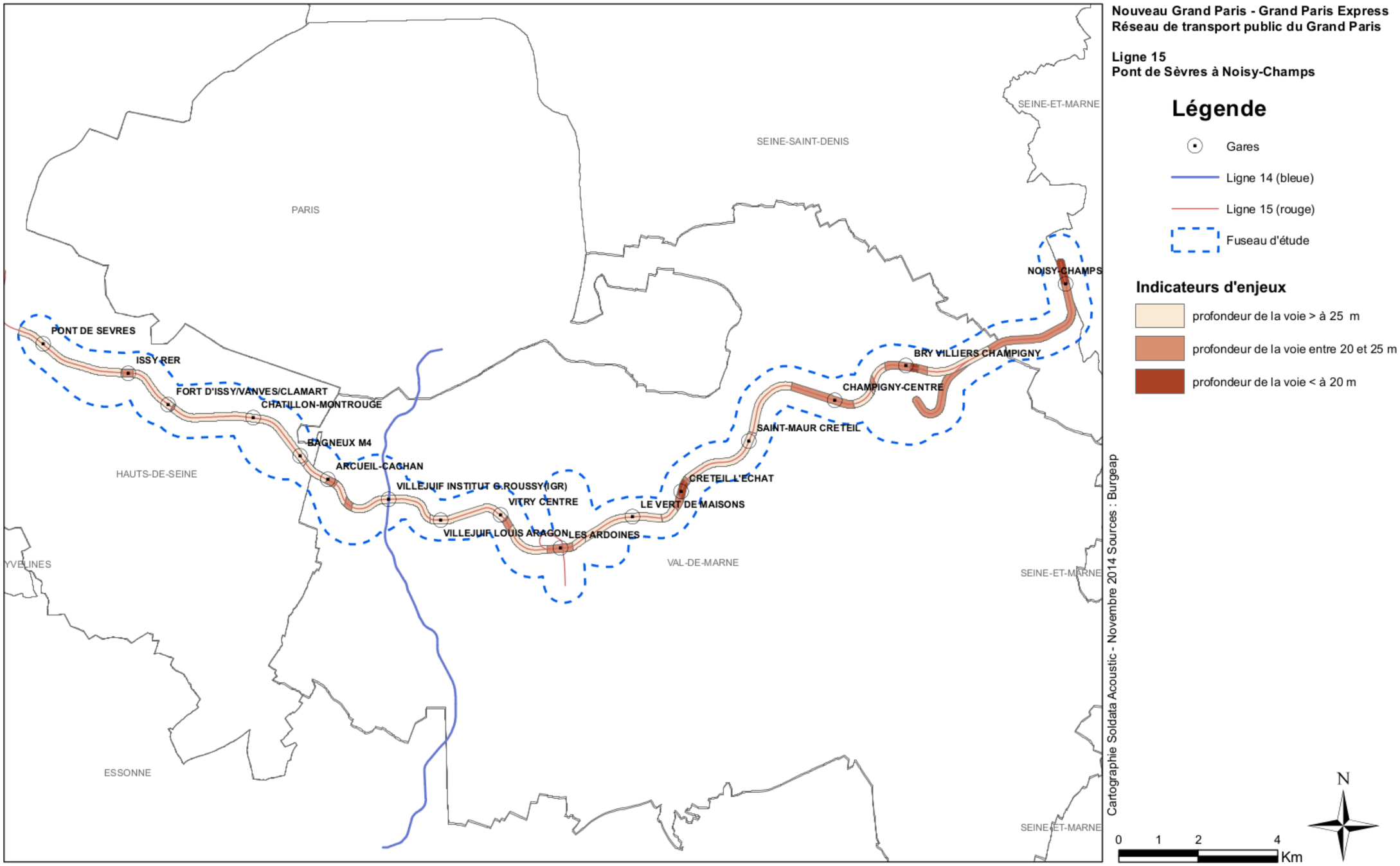
La carte suivante, nommée « Profondeur du projet », permet de visualiser sur toute la longueur du tracé la profondeur des différentes sections. La largeur des sections est limitée à 100 m de part et d'autre du tracé (et non pas à toute la largeur du fuseau d'étude) car à cette distance, les niveaux vibratoires seront forcément négligeables (hypothèse qui sera confirmée par les calculs détaillés).

La carte permet de constater la présence de seulement 3 zones de faible profondeur et 9 zones de profondeur moyenne. Plus de 70% du tracé sera en plus grande profondeur.

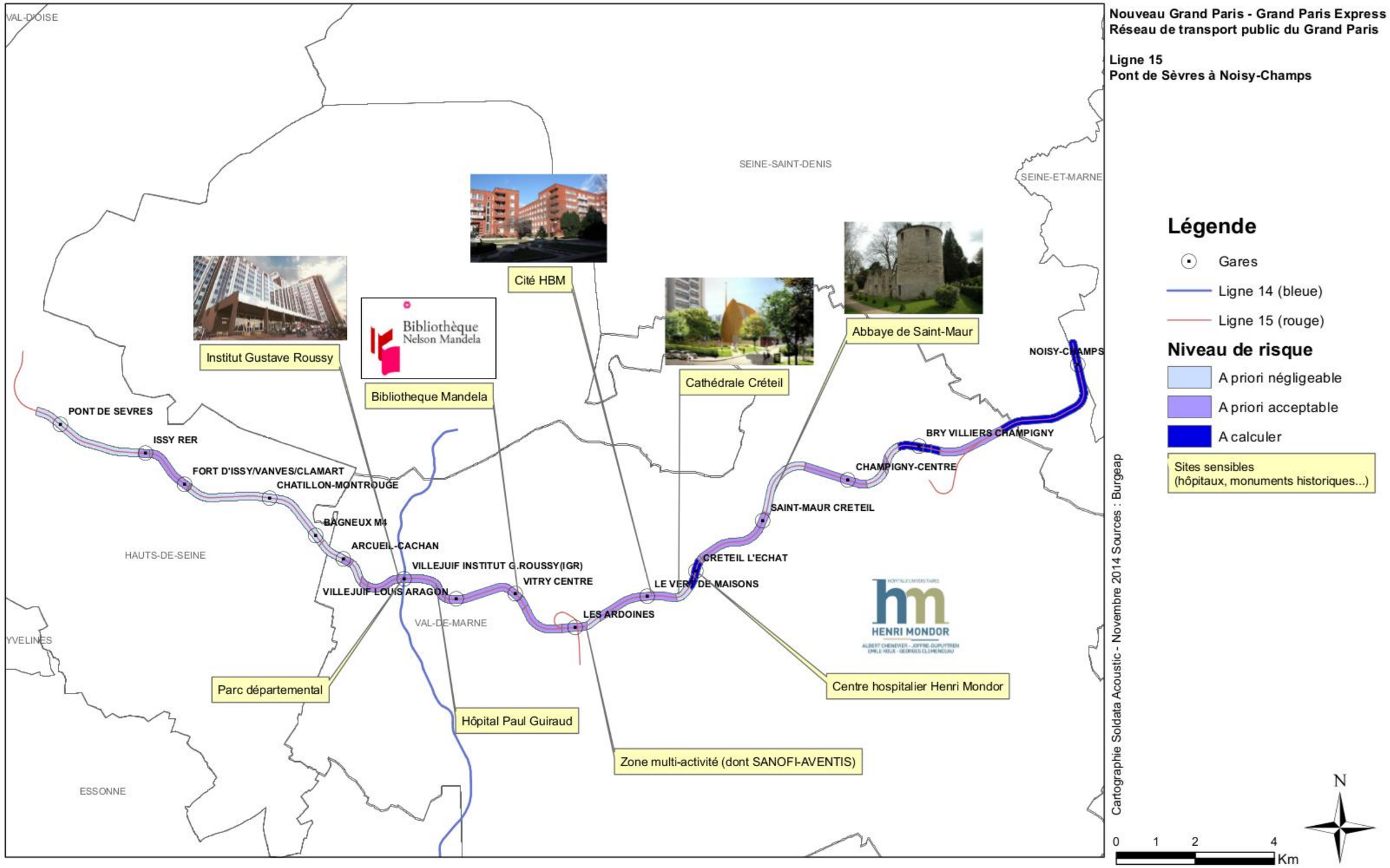
L'étape suivante consiste à croiser cette carte de profondeur avec la carte de sensibilité de l'état initial (type de bâtiment). Ce croisement est effectué en donnant plus de poids au paramètre profondeur. Pour donner quelques ordres de grandeurs, l'écart de sensibilité aux vibrations pour les différents types de bâti est d'environ 5 dBV (voir analyse de l'état initial) alors que celui relatif à la profondeur est plutôt de l'ordre de 10 dBV pour 10 mètres. Pour ces raisons, le poids attribué à la profondeur du tunnel est double par rapport à celui attribué à l'occupation des sols.

La carte résultante de ce croisement, présentée ensuite et nommée « Evaluation a priori du risque vibratoire »,suivante permet alors d'identifier les zones présentant a priori, c'est-à-dire avant modélisations prévisionnelles détaillées, un risque de dépassement des seuils vibratoires en phase exploitation, toute chose étant égale par ailleurs. Pour rappel, la composition géologique du sous-sol n'est pas intégrée dans cette analyse. L'influence de ce paramètre sur les conditions de propagations sera à évaluer au cas par cas.

# Profondeur du projet - Niveau d'enjeu vis-à-vis des vibrations en phase exploitation



# Evaluation a priori du risque vibratoire en phase exploitation selon la profondeur du tunnel et l'occupation des sols




**Évaluation a priori du risque vibratoire en phase exploitation**

**Cette carte conduit aux conclusions suivantes :**

- Environ 80% du tracé présente un risque a priori négligeable voire acceptable.
- 2 zones d'environ 750 m et 1 000 m de linéaire présentent un niveau de risque qu'il convient de calculer.
- Et enfin une dernière zone plus étendue à l'Est du tracé sur environ 3 100 m, présente également un risque à préciser.

À ce stade de l'étude, la réalisation de modélisations détaillées est nécessaire afin de pouvoir quantifier avec plus de précision le risque réel ou non de dépassement des niveaux vibratoires limites.

La méthodologie retenue consiste à réaliser systématiquement une modélisation dans les zones dont le niveau de risque a priori est « à calculer ».

En complément, des modélisations sont également réalisées dans les zones où le risque potentiel est négligeable à acceptable, afin de vérifier que la prise en compte des conditions géologiques locales particulières ne vient pas modifier les précédentes conclusions. C'est l'objet du paragraphe suivant.

**Ce travail d'identification des sites sensibles et des bâtiments dimensionnants ou représentatifs sera poursuivi durant les prochaines phases d'étude du projet et devra aboutir à un nombre plus conséquent de bâtiments simulés.**

**Identification des bâtiments sensibles et dimensionnants (selon le prestataire 2)**

La Société du Grand Paris accompagnée de l'Assistant à Maitrise d'Ouvrage traitant des sujets bruits et vibrations transmis par le sol a réalisé le même travail d'identification des bâtiments a priori sensibles, ainsi que de bâtiments représentatifs de zones ou sous-tronçons. Par exemple, lors du passage de la ligne dans une zone pavillonnaire, le bâtiment le plus dimensionnant est sélectionné pour couvrir toute la zone.

Ces bâtiments dimensionnants feront l'objet de simulations dont les résultats permettront de définir le choix du type de poses de voie utilisé sur toute la zone.

La sélection des sites dimensionnant se déroule comme suit :

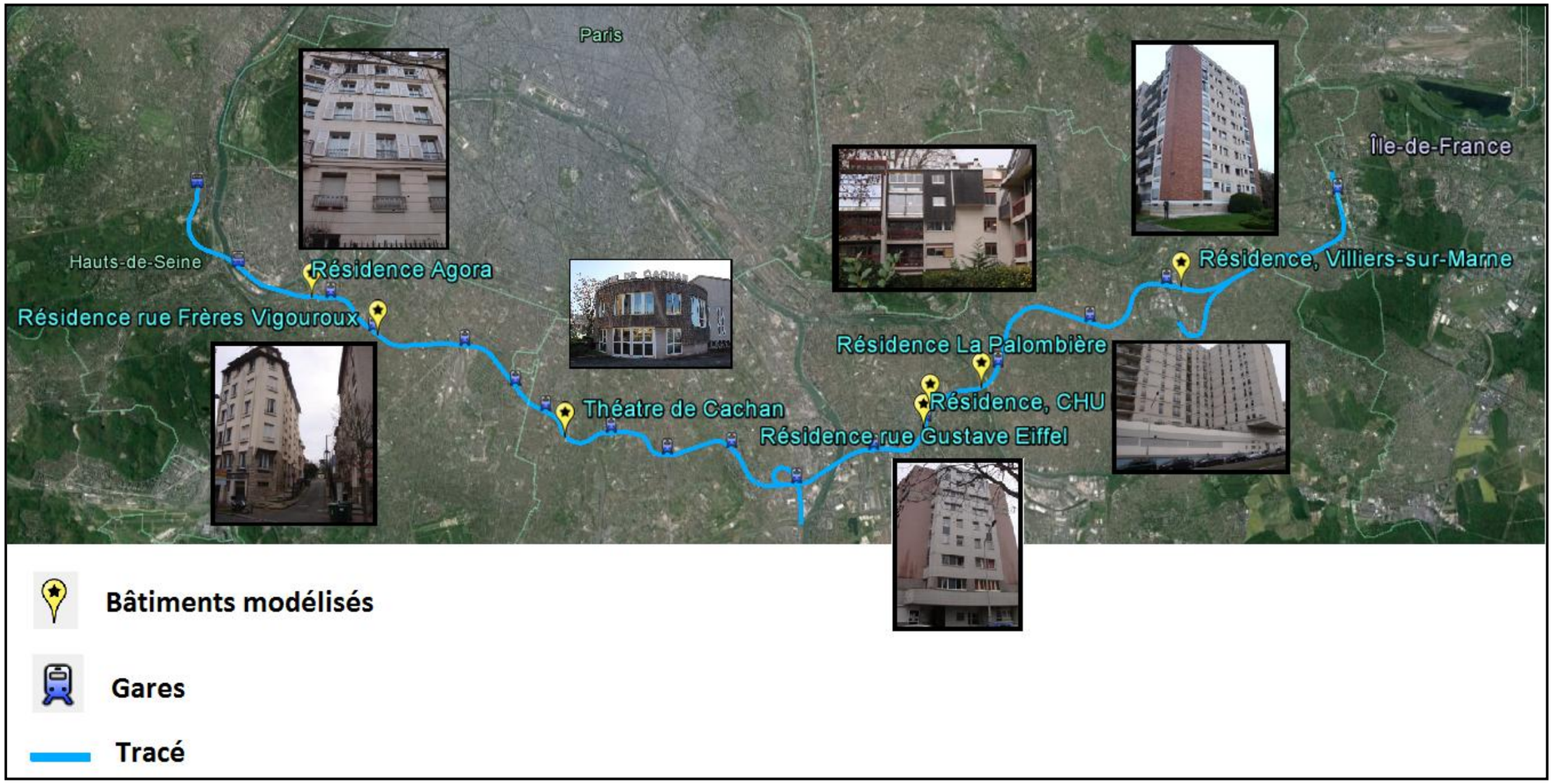
- Découpage en tranches homogènes (en termes d'occupation des sols) du tracé.
- Pour cela, à l'aide des différents outils (type Google Earth, … … logiciels SGP), un repérage des bâtiments présents au-dessus du tracé est effectué. Immédiatement les différentes zones d'occupation des sols (zone pavillonnaire, zone de résidences, zone industrielle, zone mixte…) sont identifiées.
- Pour chaque tranche, les bâtiments sont classés en fonction de leur destination (résidence, école, hôpital, etc.). Ce critère permet de pointer, en première estimation, les valeurs cibles à appliquer à la zone.
- La destination permet également de repérer les bâtiments susceptibles d'être plus sensibles dans une zone donnée. Pour exemple, c'est le cas d'une bibliothèque dans un ensemble de bâtiments administratifs. Ces bâtiments sont placés dans la liste des bâtiments sensibles.
- Les distances verticales et horizontales entre le tracé et les bâtiments informent des bâtiments potentiellement les plus impactés dans chacune des zones sélectionnées précédemment.
- Le type de bâtiment et le type de fondation sont ensuite pris en compte, dans la limite des éléments connus.
- Enfin les singularités du tracé, tels que les appareils de voies et les courbes sont considérées comme des facteurs aggravants pour les niveaux vibratoires et influencent le choix des bâtiments.
- L'ensemble de ces critères, appliqués méthodiquement tout au long du tracé permet de constituer la liste des bâtiments dimensionnants. Chacun de ces bâtiments sera sujet à une étude approfondie dans laquelle est prévue :
  - Une simulation des niveaux vibratoires engendrés dans le bâtiment
  - Une campagne de mesure pour estimer précisément les caractéristiques des sols présents sur zone et de leurs propriétés de transmission des ondes vibratoires.
  - Une campagne de mesure « en situation » dans laquelle les fonctions de transfert tunnel-fondation et tunnel-bâtiment seront évaluées.

En plus des bâtiments dimensionnants, un ensemble de bâtiments ont été sélectionnés en fonction de l'usage du bâtiment. Se retrouvent dans ce cas les bâtiments hébergeant des appareils sensibles pour lesquels des valeurs cibles plus contraignantes sont appliquées. Cette catégorie regroupe notamment les laboratoires de recherches, les hôpitaux, mais aussi les lieux tels que les studios d'enregistrement, les théâtres et les bibliothèques.

Pour ces bâtiments, il est considéré, dès la phase préliminaire, que la sensibilité est élevée et une simulation est envisagée. Par la suite des mesures sur site des conditions actuelles de fonctionnement des appareils, et du bruit ambiant, sont prévues. En recoupant les données disponibles sur les appareils et/ou les valeurs cibles, avec les valeurs mesurées et calculées, les solutions d'atténuation seront envisagées.

Ce travail mené pour le tronçon Sud de la ligne 15 a conduit à la sélection d'environ 55 bâtiments, principalement dimensionnants.

Dans cette étude, les simulations concernent 7 de ces bâtiments considérés comme sensibles, comme illustrés sur la figure suivante.


Paris
Île-de-France
Hauts-de-Seine
Résidence Agora
Résidence rue Frères Vigouroux
Théatre de Cachan
Résidence La Palombière
Résidence, CHU
Résidence rue Gustave Eiffel
Résidence, Villiers-sur-Marne
Bâtiments modélisés
Gares
Tracé

## 1.9.5 Modélisations détaillées et résultats

### *1.9.5.1 Méthode de modélisation*

La modélisation détaillée de la propagation des vibrations depuis les rails du métro jusqu'à l'intérieur des pièces d'habitations est complexe et ne peut pas être réalisée à l'aide d'un simple outil de calcul. Il est nécessaire de procéder par étapes, en utilisant des modules de calculs dédiés et adaptés aux phénomènes à modéliser, à savoir l'émission, la propagation, et l'immission dans les bâtiments, comme présenté précédemment.

Pour la réalisation des modélisations vibratoires, la Société du Grand Paris s'est appuyée sur deux bureaux d'étude spécialisés. La démarche suivie par chaque prestataire est assez similaire, les outils de prédiction étant néanmoins différents. Cette approche permet de confronter les résultats et de s'assurer de la bonne prise en compte de cet enjeu, sensible pour un projet de cette envergure.

Concernant les voies modélisées :

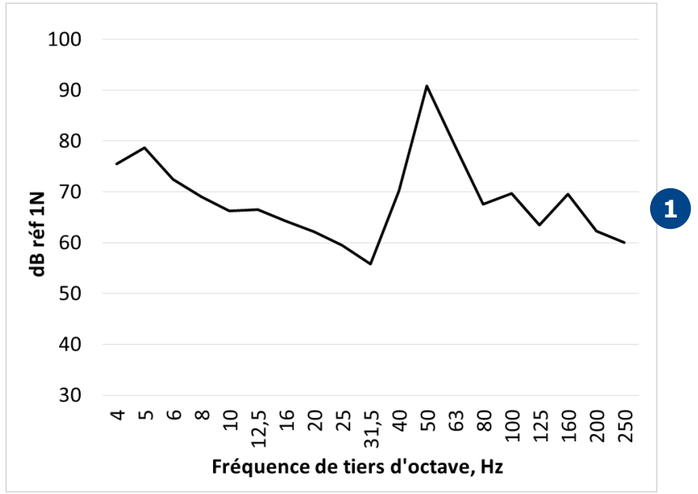
- Le 1er prestataire (Soldata Acoustic) a réalisé des calculs vibratoires sur la base de voies ferrées sans traitement initial contre les vibrations.

- Le 2nd prestataire (Systra) a réalisé des calculs vibratoires sur la base de voies ferrées avec la mise en place d'un 1er traitement, engagement de la Société du Grand Paris dans le cadre de la procédure administrative en 2013, de DUP.

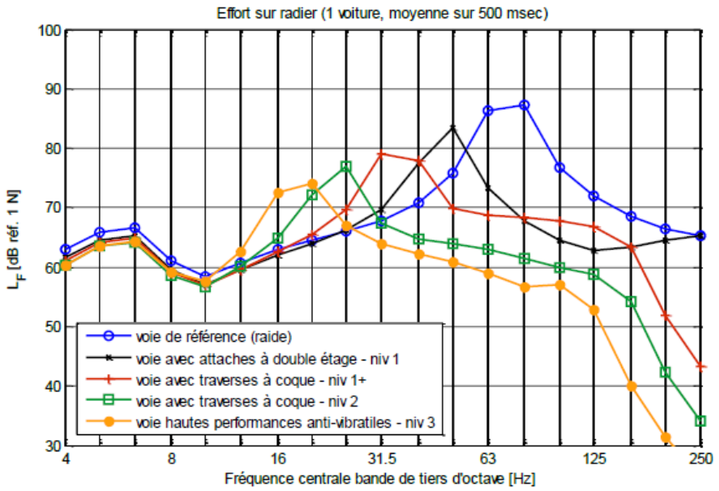
La pertinence des deux modèles mis en œuvre par ces deux prestataires sera examinée plus en détails ultérieurement par l'Organisme de Second Regard (OSR), comme le prévoit le Plan de Management, dans le but de consolider et d'unifier les résultats de modélisation.

La méthodologie générale repose sur la mise en œuvre de quatre modules de calculs spécifiques, permettant successivement de caractériser :

1. La force appliquée par le train sur les rails puis sur le radier du tunnel (sous le système de pose des rails). Il s'agit d'un calcul mécanique des efforts dynamiques correspondant au passage d'un train. Cette force sert ensuite de donnée d'entrée au module 2 pour les calculs de propagation vibratoire dans le sol. Ces efforts sont dominés par l'influence des défauts de profil des tables de roulement des rails et des roues (encore appelés rugosité).

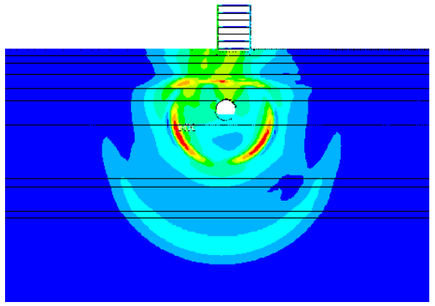



*Exemple de force d'excitation sous le système de pose, calculée par le prestataire 1 avec une méthode de simulation temporelle, moyenne sur 1 s*

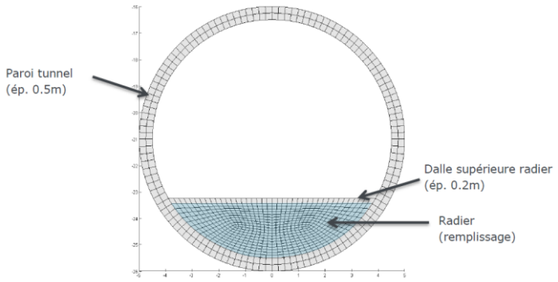



*Force d'excitation sur le radier, calculée par le prestataire 2 pour les différents systèmes de pose de voie anti-vibratiles, moyenne sur 0,5 s*

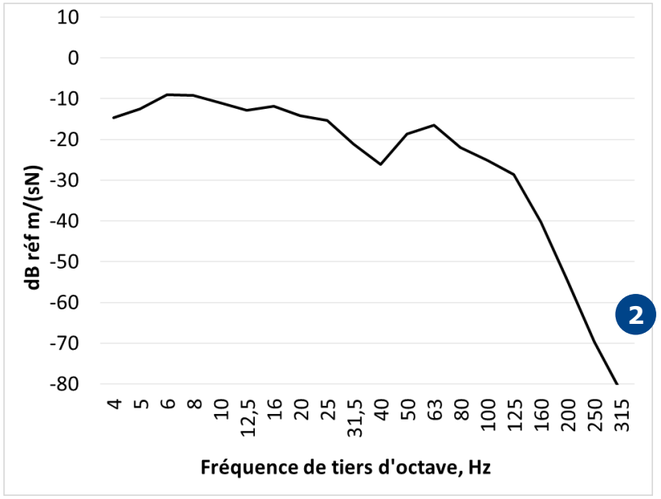
2. L'atténuation des vibrations au travers du tunnel et dans le sol. Il s'agit d'un calcul numérique de la propagation des vibrations dans le sol à l'aide d'un modèle 2D basé sur la méthode des éléments finis (utilisé par le prestataire 1) et d'un modèle 2,5D couplant la méthode des éléments finis (pour la modélisation du tunnel) et la méthode des éléments de frontière (pour la modélisation du sol) utilisé par SYSTRA). La réponse vibratoire du sol est exprimée en termes de mobilité de transfert qui permet d'évaluer les vibrations au niveau du sol, sous les habitations et autres bâtiments.



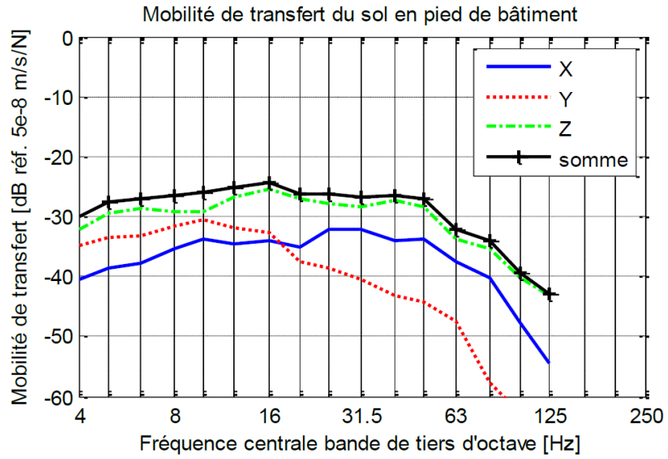
*Modèle éléments finis utilisé par le prestataire 1*




*Modèle éléments finis du tunnel utilisé par le prestataire 2*



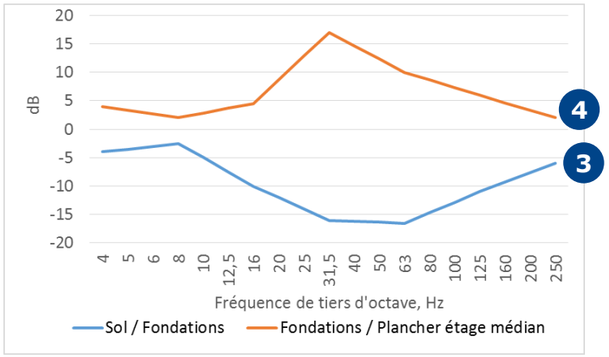

*Exemple de mobilité de transfert du tunnel à la surface, calcul éléments finis réalisé par le prestataire 1*



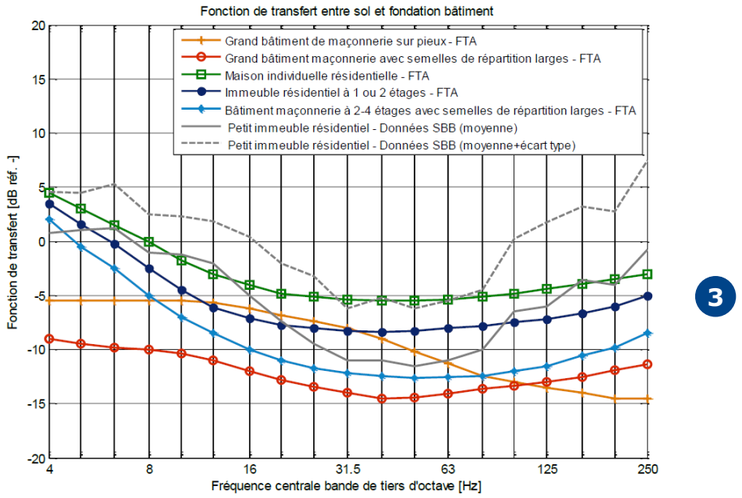

*Exemple de mobilité de transfert du tunnel à la surface, calcul par éléments finis / éléments de frontière réalisé par le prestataire 2*

3. La transmission des vibrations aux fondations des bâtiments, à l'aide de la fonction de transfert correspondant à l'interaction entre le sol et les structures de fondation. Il est important de rappeler que les fonctions de transfert génériques utilisées ici par les deux prestataires sont issues de données statistiques mesurées dans le cas d'une excitation ferroviaire en surface. Il est vraisemblable que ces fonctions de transfert pour une excitation en profondeur (métro en tunnel) seraient différentes. Pour cette raison, il est prévu dans le Plan de Management de caractériser numériquement et/ou expérimentalement des fonctions de transfert type pour une excitation en tunnel. Cette disposition sera d'autant plus nécessaire lorsqu'il s'agira d'étudier la transmission vibratoire aux bâtiments sur pieu

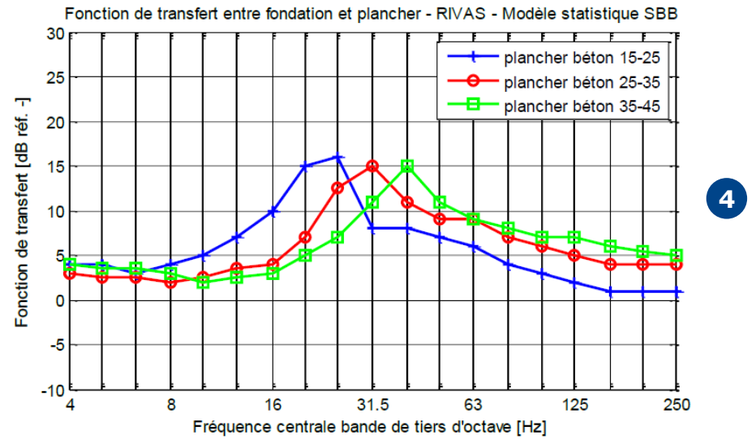
4. La transmission des vibrations des fondations des bâtiments jusqu'au plancher de l'étage médian, et leur conséquence en termes de vibration et de niveau sonore dans les zones à risque. Les données utilisées par le prestataire 2 dans le cadre de cette étude proviennent du modèle statistique, pour des planchers en béton, développé par SBB et communiqué dans RIVAS. Une classification des différents planchers selon la bande de fréquences où apparait le mode de résonance en flexion principal, permet de disposer de plusieurs fonctions de transfert couvrant l'essentiel des configurations possibles. Les trois catégories de plancher désignées « 15-25 », « 25-35 » et « 35-45 » correspondent aux planchers dont la fréquence du premier mode de flexion se situe respectivement entre 15 et 25Hz, entre 25 et 35 Hz et entre 35 et 45 Hz. Les niveaux vibratoires sur le plancher ont été simulés par le prestataire 2 en considérant successivement chacune des trois catégories de plancher de sorte à s'assurer que le cas majorant est bien pris en compte.




*Exemples de fonctions de transfert des bâtiments – Courbes utilisées dans les calculs du prestataire 1 – dérivées des données accessibles dans RIVAS*




*Fonctions de transfert des vibrations du sol vers les fondations des bâtiments Courbes utilisées dans les calculs du Prestataire 2 – Sources Guide FTA et RIVAS*

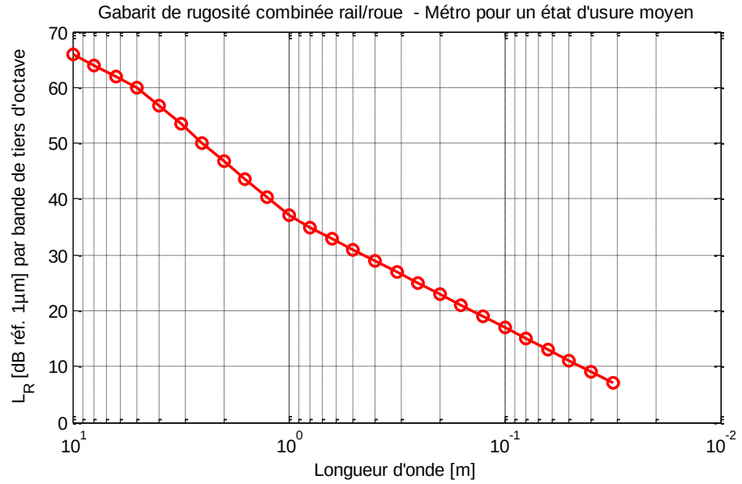



*Fonctions de transfert des vibrations des fondations vers le plancher des bâtiments Courbes utilisées dans les calculs du Prestataire 2 – Source RIVAS*

Les principales hypothèses suivantes ont été retenues dans les modélisations :

- Matériel roulant avec roues métalliques, vitesse maximale 120 km/h, y compris dans les zones d'approche des gares (hypothèse majorant le risque vibratoire).

- Le gabarit de rugosité a été établi à partir de données expérimentales collectées sur des systèmes de type métro. Le gabarit est défini par des niveaux de rugosité en dB (réf. 1µm) pour chaque bande de tiers d'octave en longueur d'onde entre 3.15 cm et 10 m. Il est représentatif d'un état moyen d'usure (pas d'usure ondulatoire, ni défaut d'ovalisation de roue, ni plat aux roues). Il ne s'agit pas d'une courbe cible. Un système dans un bon état de maintenance est susceptible de présenter une rugosité environ entre 5 et 8 dB plus faible.




**Gabarits de rugosité combinée rail/roue – Etat d'usure moyen**

- Différents systèmes de pose des voies : pose sur dalle avec la présence d'une semelle rigide sous rail (dite pose de référence), autres systèmes de pose anti-vibratile plus performants (niveaux 1+, 2 et 3) dont les principes sont décrits ci-après. À ce stade, la technologie des

poses de voie n'est pas figée. Toutefois, le Plan de Management prévoit de spécifier les propriétés dynamiques des poses de voie compatibles avec chacun des niveaux de performance 1, 1+, 2 et 3.

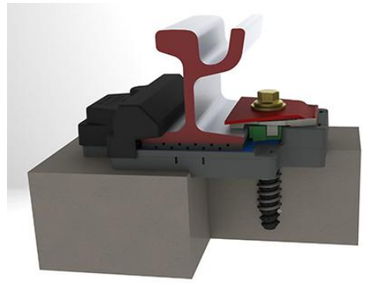
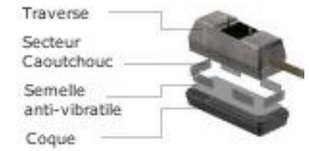


*Schéma indicatif de <u>pose de référence rigide</u>*



*<u>Pose de niveau 1</u> : pose sans traverses avec attaches à double étage avec semelle résiliente*



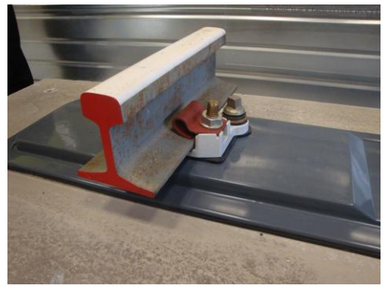



*<u>Pose de niveau 1+</u> : Pose avec traverses bi-blocs sur semelle résiliente.*



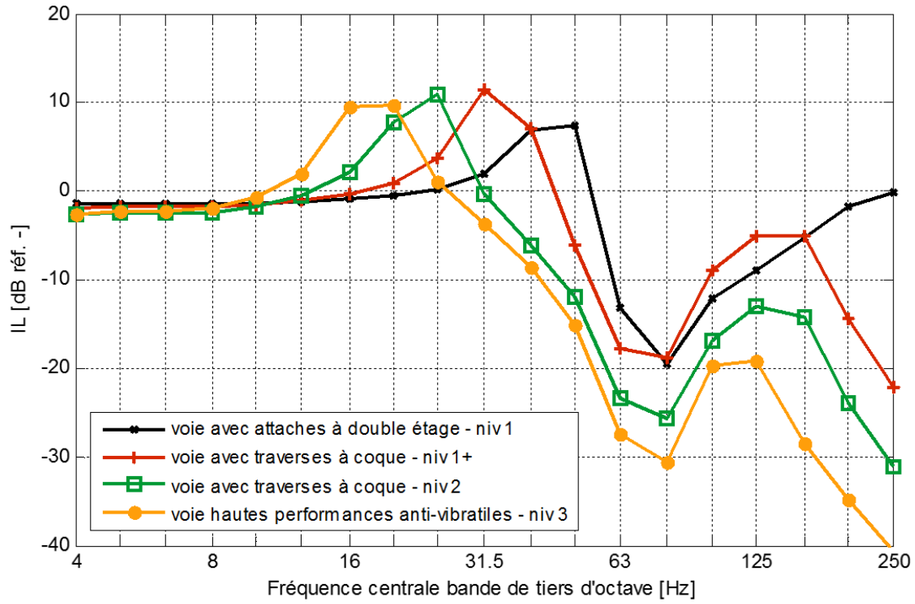


*<u>Pose de niveau 2</u> : Pose avec blochets sur semelle très résiliente.*



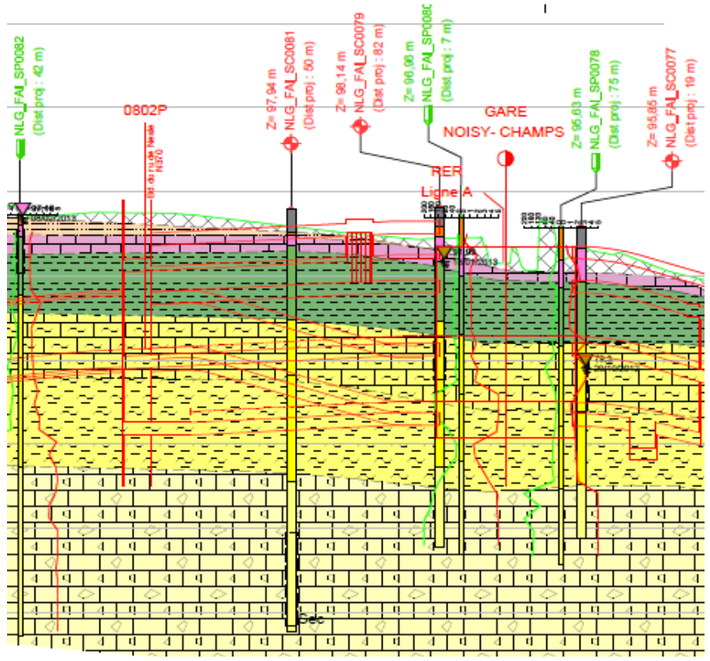
*<u>Pose de niveau 3</u> : Pose avec traverses monobloc sur semelle très résiliente.*

Les performances de voie anti-vibratile ont été simulées à l'aide du modèle d'excitation. Elles sont présentées ci-dessous sous la forme de courbes de pertes par insertion en fonction de la fréquence (par bande de tiers d'octave) qui représentent le gain vibratoire obtenu par rapport au cas d'une voie de référence (pose directe avec semelles cannelées classiques de raideur dynamique environ égale à 150 kN/mm). Une valeur négative signifie une réduction des niveaux vibratoires apportée par la pose de voie anti-vibratile. Le gain vibratoire moyen sur les bandes de tiers d'octave où se situent les niveaux maximaux d'excitation (soit de 63 Hz à 100 Hz) obtenu avec les poses de voie de niveau 1 et 1+ se situe entre 12 et 15 dB environ. Le gain moyen sur les mêmes bandes fréquence augmente d'environ 6 dB pour la pose de niveau 2 et de plus de 10 dB pour la pose de niveau 3. Plus la fréquence au-dessus de laquelle la pose anti-vibratile devient efficace (valeurs négatives), meilleures sont les performances anti-vibratiles aux fréquences visées (entre 63Hz et 100 Hz).

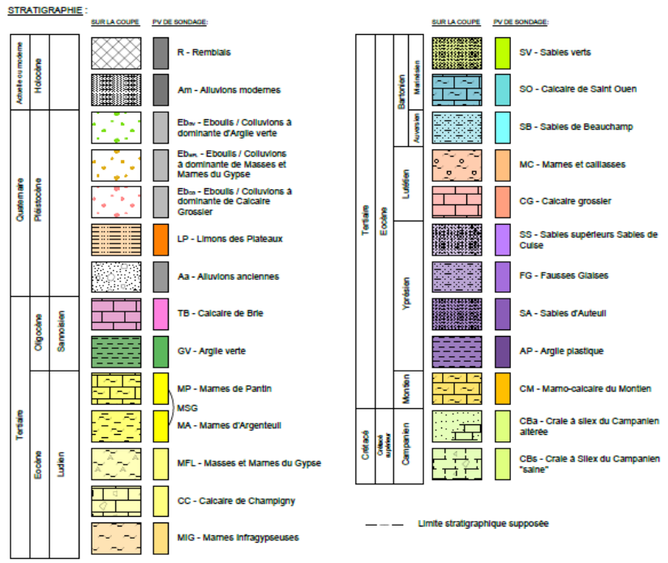



**Fonctions de perte par insertion des différentes poses de voie (référence : pose directe avec semelles cannelées classiques)**

- Données de sol issues du mémoire de synthèse géologique et géotechnique en phase G11.




Légende - Profil en Long




**Exemple d'extrait de la mission de reconnaissance géotechnique G11**

### *1.9.5.2 Limites des modélisations*

L'ensemble des résultats des modélisations est étroitement lié aux hypothèses initiales qui ont permis de procéder à un calcul d'impact.

La sensibilité aux paramètres d'entrée des résultats des modules de calculs 1 (excitation roue / rail) et 2 (propagation dans le sol) est très importante. Toute modification peut avoir une incidence sur les résultats et les décisions en aval.

**De nouveaux sondages, un recensement très précis des types de bâtiments et fondations présentes juste au-dessus de la ligne, ainsi que la réalisation de mesures in situ de la fonction de transfert réelle, permettront d'affiner les hypothèses prises, et sera suivie d'une mise à jour des modèles de simulation.**

**Ces investigations complémentaires, ainsi qu'une analyse des méthodologies et des résultats des calculs vibratoires par un organisme indépendant de second regard, sont prévues dans le cadre du plan de management des bruits et des vibrations phase exploitation défini pour le projet.**

### *1.9.5.3 Résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles*

Les modélisations ont été réalisées sur la base de plusieurs hypothèses de pose de voie (système de pose atténuant plus ou moins les vibrations).

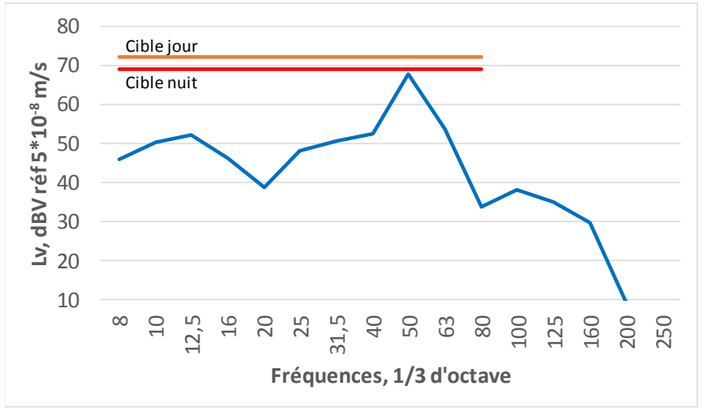
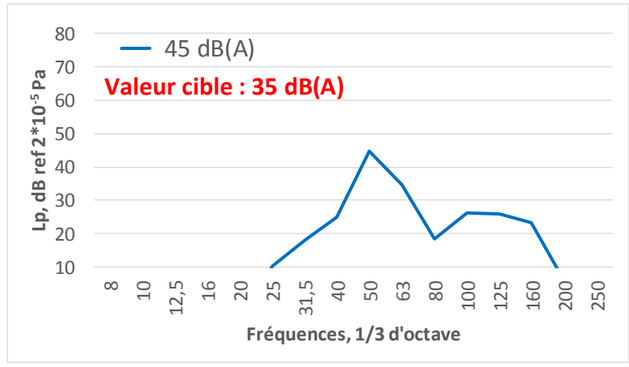
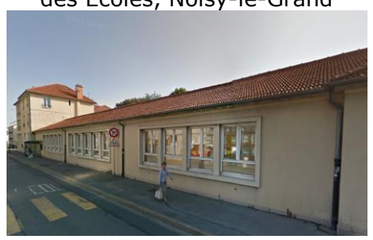
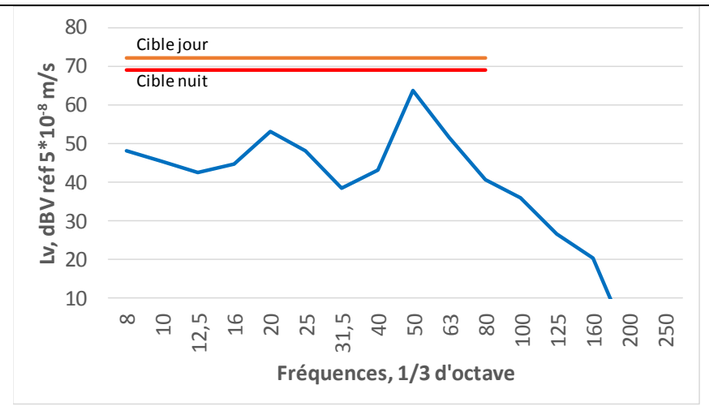
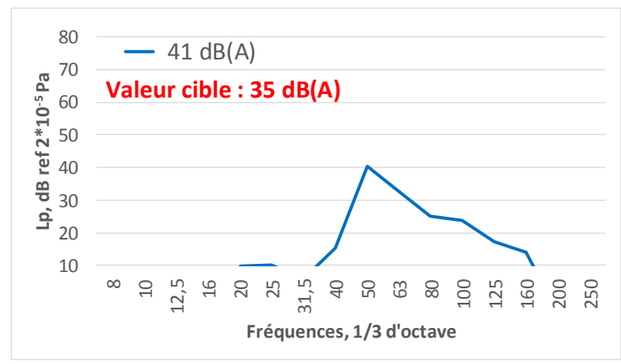
Les tableaux suivants présentent les résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles réalisées par les 2 prestataires. À terme, environ 50 modélisations seront réalisées le long du projet

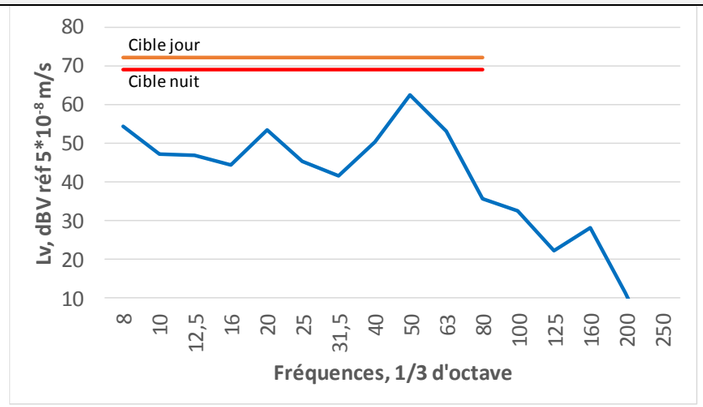
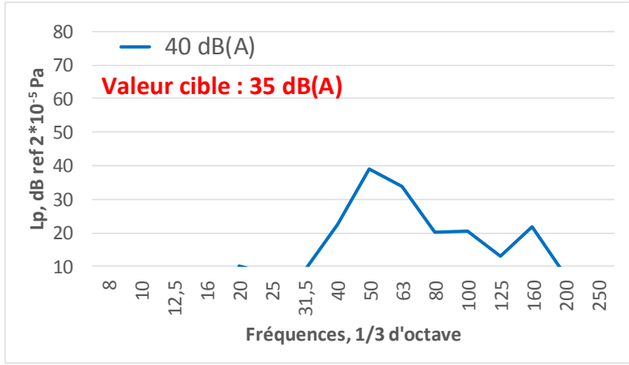
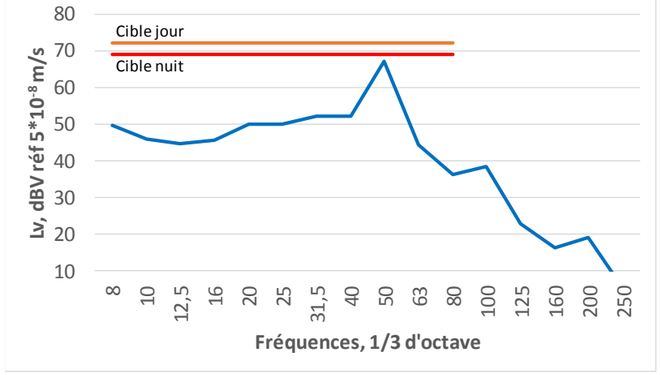
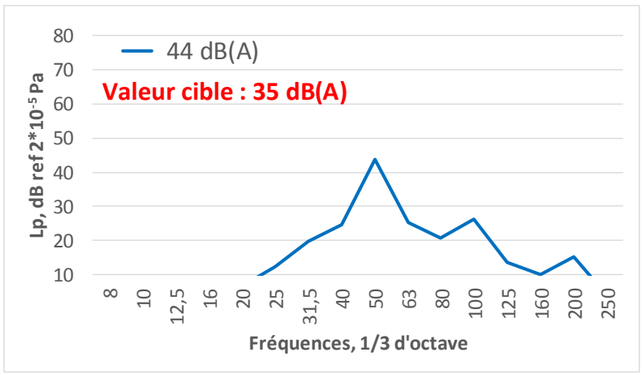
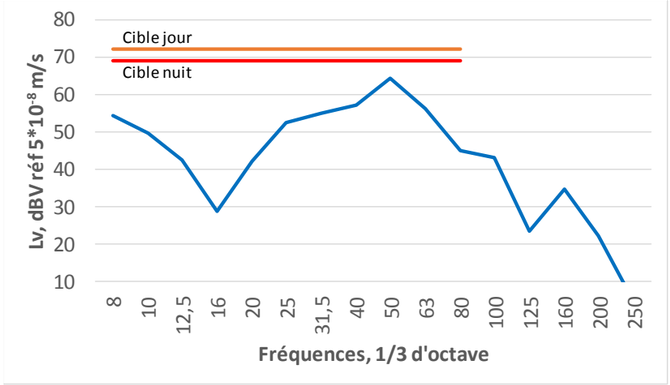
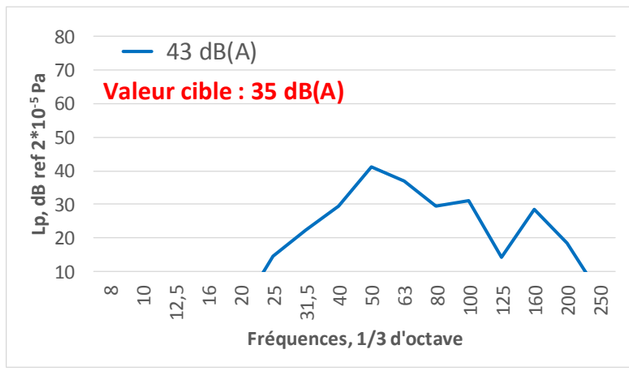
e. *Modélisation réalisée par le prestataire 1 (Soldata Acoustic) :*

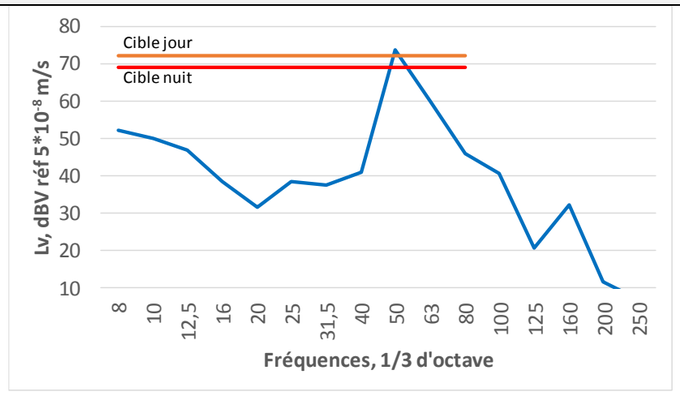
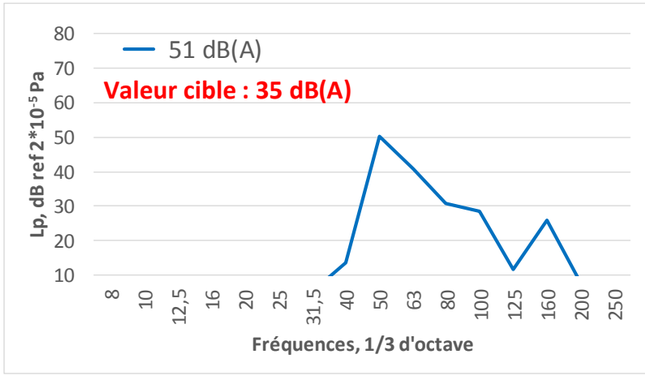
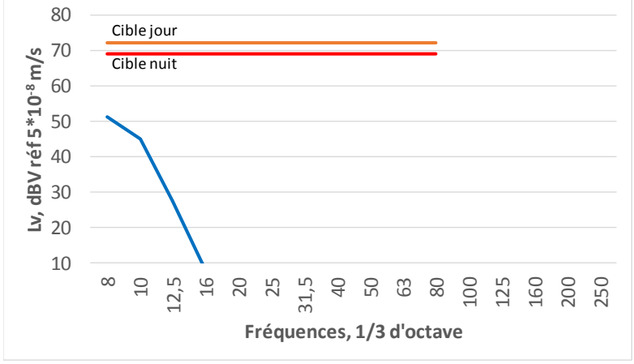
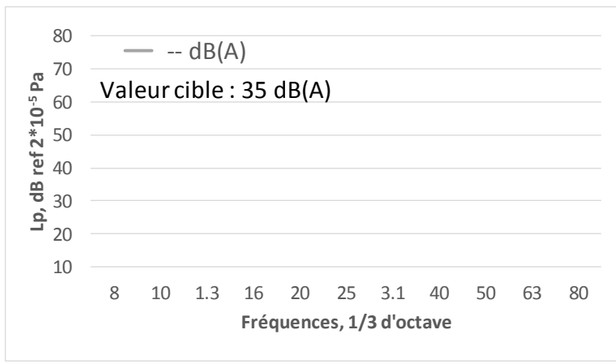
La première modélisation a porté sur des sites considérés comme potentiellement sensibles. La réalisation de calculs vibratoires permet de s'assurer que les niveaux attendus de vibrations et de bruit solidien restent en dessous des valeurs cibles.

La mise en place de dispositifs de pose de voie plus performants s'avèrent pour certains sites nécessaires pour réduire les niveaux attendus et respecter les valeurs cibles.

À ce titre, il convient de préciser que suite à la procédure de demande d'utilité publique (DUP) de la Ligne 15 Sud en 2013, la Société du Grand Paris s'est engagée à mettre en place a minima sur tout le linéaire une pose de voie de niveau 1. Ce principe a fait l'objet d'une deuxième série de calculs réalisés par un autre prestataire.

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>4 Rue de la Butte Verte, Noisy-le-Grand<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : 10 dB(A) de dépassement |
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : 6 dB(A) de dépassement |

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : 5 dB(A) de dépassement |
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : 9 dB(A) de dépassement |
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>8, rue Albert Einstein, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : 8 dB(A) de dépassement |

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>162, avenue du Général De Gaulle, Clamart<br>  |  |  | Vibrations : 5 dB(A) de dépassement<br><br>Bruit solidien : 16 dB(A) de dépassement |
| **1** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire | Tronçon 2<br>Institut Gustave Roissy, Villejuif<br>  |  |  | Vibrations : aucun dépassement<br><br>Bruit solidien : aucun dépassement |

Le site de Villejuif Institut Gustave Roussy présente une particularité, puisque ce site comprend le croisement avec la future Ligne 14 Sud (bleu) du Grand Paris Express. Du fait de la présence d'un ensemble hospitalier, l'Institut Gustave Roussy, une attention particulière doit être portée sur ce secteur.

Le calcul vibratoire a permis de prendre le fonctionnement simultané des deux lignes de métro. Les résultats présentés correspondent aux vibrations calculées pour l'impact cumulé des résultats maximum obtenus pour la ligne 14 Sud (métro sur pneus) et la Ligne 15 Sud (métro sur roues métalliques), à la vitesse de 120 km/h, au centre du plancher d'une pièce située à l'étage médian d'un immeuble de typologie similaire à celle des bâtiments de l'IGR (fondations profondes, plusieurs étages, planchers en béton).

**Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant sur pneus pour la ligne 14 et sur roues métalliques pour la ligne 15, permettent de conclure à un impact vibratoire négligeable des futures lignes dans le secteur de Villejuif IGR.**

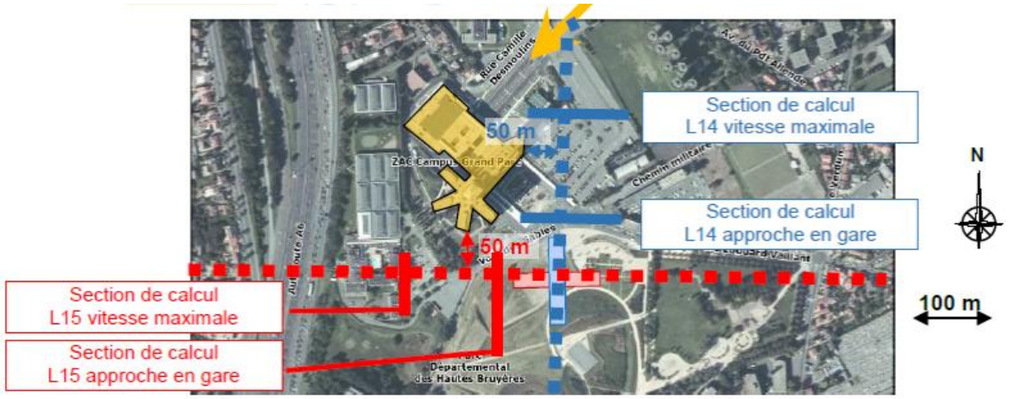



**Schéma des lignes 15 Sud (rouge) et ligne 14 Sud (bleu et du site de l'IGR (Source : Société du Grand Paris)**

Les résultats des modélisations réalisées par **le prestataire 1**, avec des hypothèses de pose classique de référence, sans atténuation vibratoire, montrent :

- Le respect des valeurs cibles de vibration pour tous les sites de calcul à l'exception du site de Clamart, où un dépassement d'environ 4 dBV du niveau défini pour la période nocturne est calculé.
- Le dépassement des valeurs cibles de bruit solidien pour tous les sites de calcul, à l'exception du site de Villejuif IGR, caractérisé par la profondeur du tunnel la plus importante. Les dépassements calculés sont généralement de l'ordre de 5 à 10 dB(A), mais ils atteignent 15 dB(A) environ pour le site de Clamart.

Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant classique sur roues métalliques et une pose de voie de référence (rigide), permettent de conclure sur la nécessité de prévoir des mesures de réduction en complément des mesures d'évitement initialement prévues.

**Mesures de réduction :**

**Analyse de l'efficacité des dispositifs de pose de voie à mettre en place pour réduire les le bruit solidien potentiel en surface :**

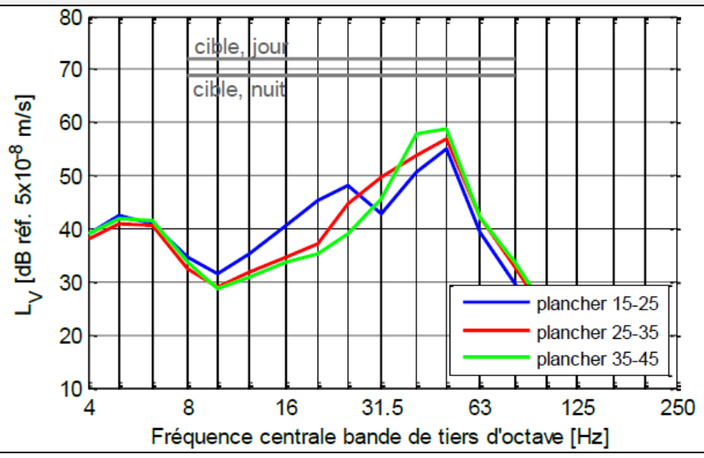
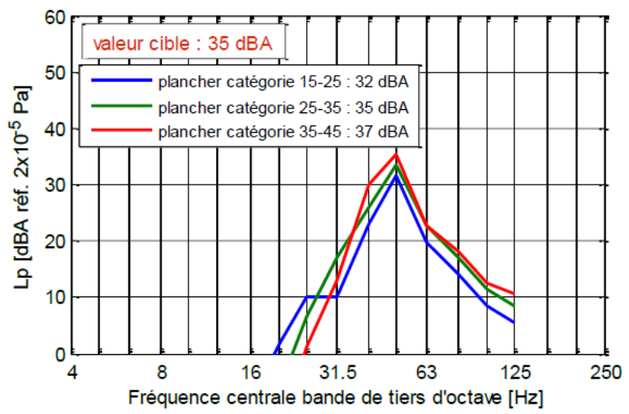
| Localisation | Voie | Résultats – Vibrations | Résultats – Bruit solidien | Niveau de pose de voie retenu pour le projet |
|---|---|---|---|---|
| 4 Rue de la Butte Verte, Noisy-le-Grand | Niveau 0 | -1 | 10 | **Niveau 1** |
| | Niveau 1 | -11 | 0 | |
| Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand | Niveau 0 | -5 | 6 | **Niveau 1** |
| | Niveau 1 | -15 | -4 | |
| 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne | Niveau 0 | -7 | 5 | **Niveau 1** |
| | Niveau 1 | -17 | -5 | |
| 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne | Niveau 0 | -2 | 9 | **Niveau 1** |
| | Niveau 1 | -12 | -1 | |
| 8, rue Albert Einstein, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat | Niveau 0 | -5 | 8 | **Niveau 1** |
| | Niveau 1 | -15 | -2 | |
| 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart | Niveau 0 | 5 | 16 | **Niveau 3** |
| | Niveau 1+ | -5 | 6 | |
| | Niveau 2 | -7 | 4 | |
| | Niveau 3 | -15 | -4 | |
| Institut Gustave Roissy, Villejuif | Niveau 0 | -18 | -35 | **Niveau 1** |
| 36, route de Champigny à Villiers-sur-Marne | Niveau 1 | -29 | -15 | **Niveau 1** |
| 37-41, rue du Port, Créteil | Niveau 1 | -10 | 2 | **Niveau 1+** |
| | Niveau 1+ | -15 | -3 | |
| 2-26 rue Gustave Eiffel, Créteil (en face des urgences du CHU) | Niveau 1 | -22 | -14 | **Niveau 1** |
| 16 rue Gustave Eiffel, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat | Niveau 1 | -24 | -14 | **Niveau 1** |
| 21 avenue Louis Georgeon, Cachan | Niveau 1 | -9 | 11 | **Niveau 2** |
| | Niveau 1+ | -4 | 7 | |
| | Niveau 2 | -10 | -3 | |
| 41 Bd des Frères Vigouroux, Clamart | Niveau 1 | -10 | 1 | **Niveau 1+** |
| | Niveau 1+ | -9 | -2 | |
| Résidence Agora, rue Aristide Briand, Issy-Les-Moulineaux | Niveau 1 | -22 | -15 | **Niveau 1** |

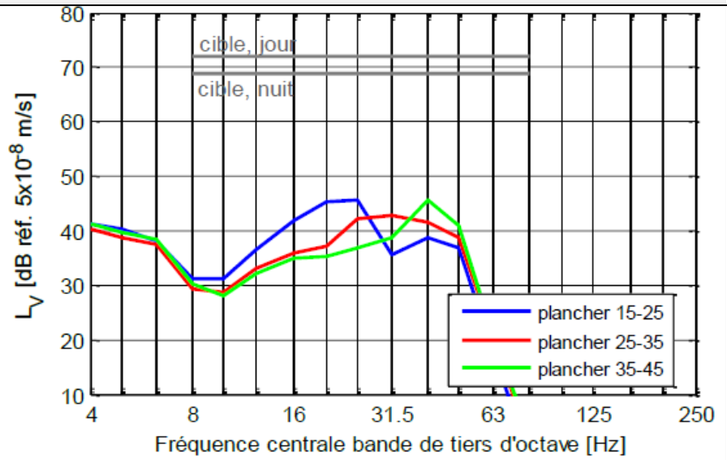
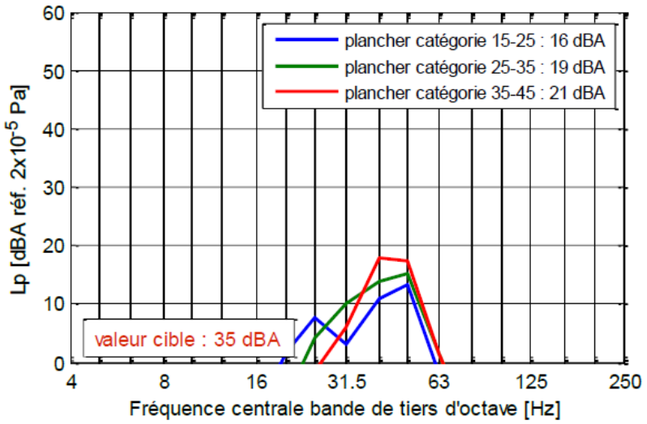
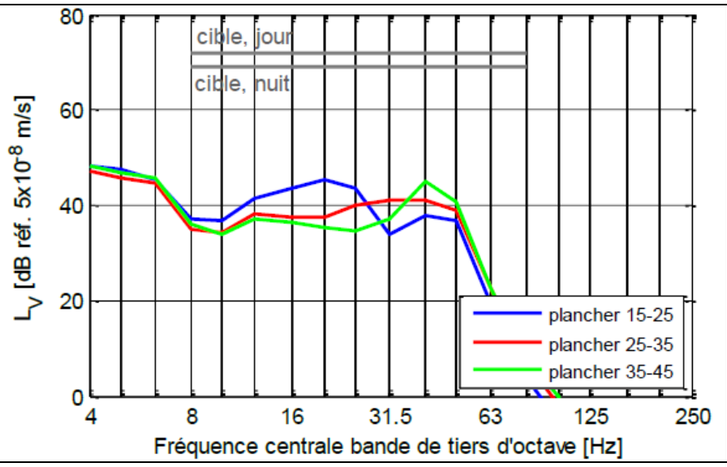
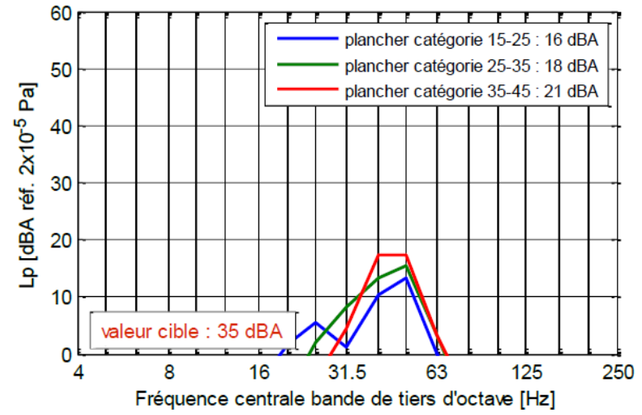
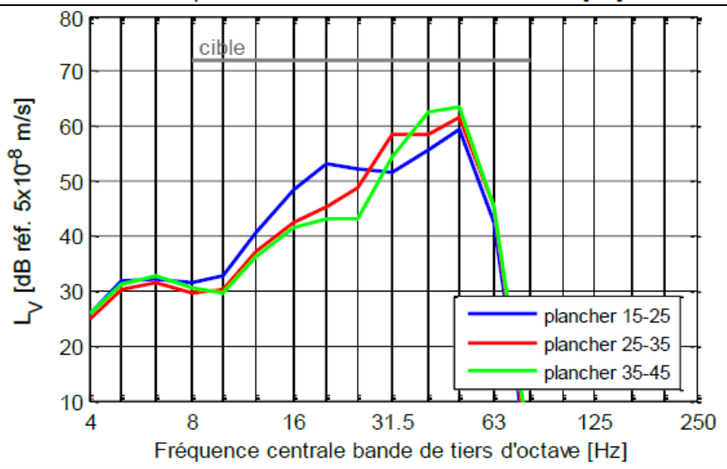
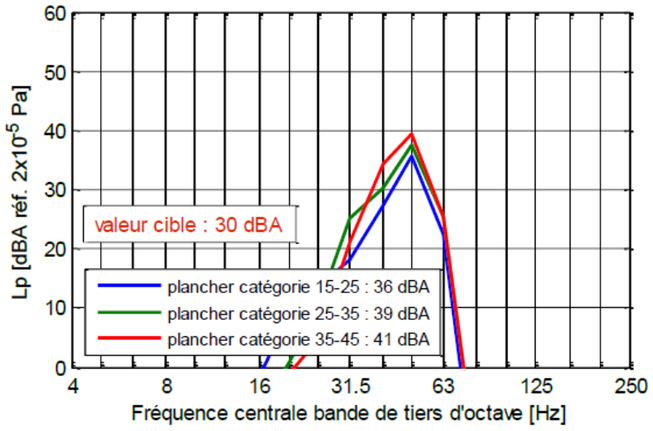
**Au vu de ces résultats, pour les secteurs caractérisés par les dépassements les plus importants, l'utilisation de systèmes de pose performants permettra d'éviter le dépassement des valeurs cibles. Comme prévu dans le plan de management, la définition des mesures de réduction ne pourra être précisée qu'après vérification, à l'aide de mesures in situ, des hypothèses relatives à l'excitation du métro, aux fonctions d'atténuation du sol et aux fonctions de transfert sol / bâtiment / étage.**

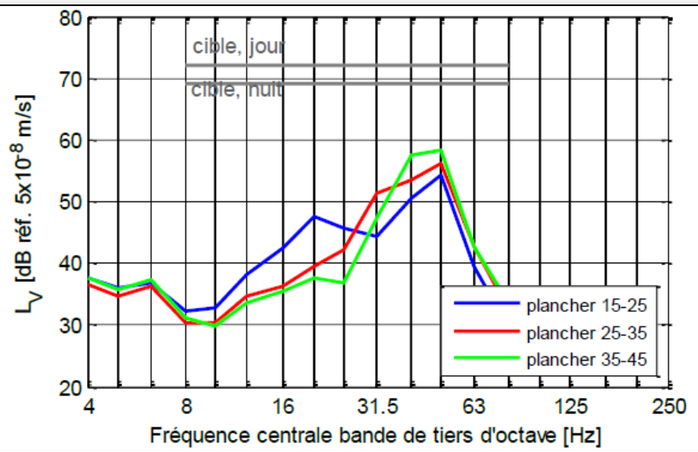
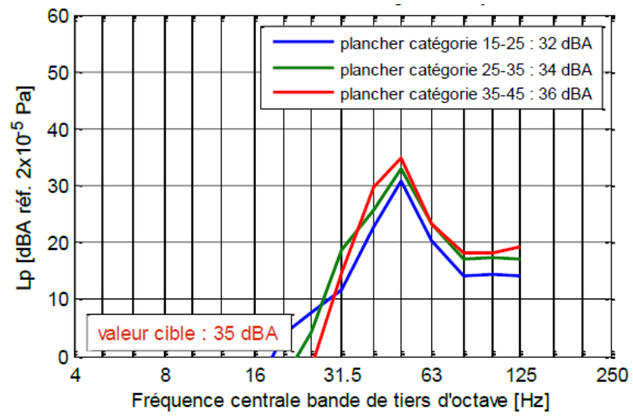
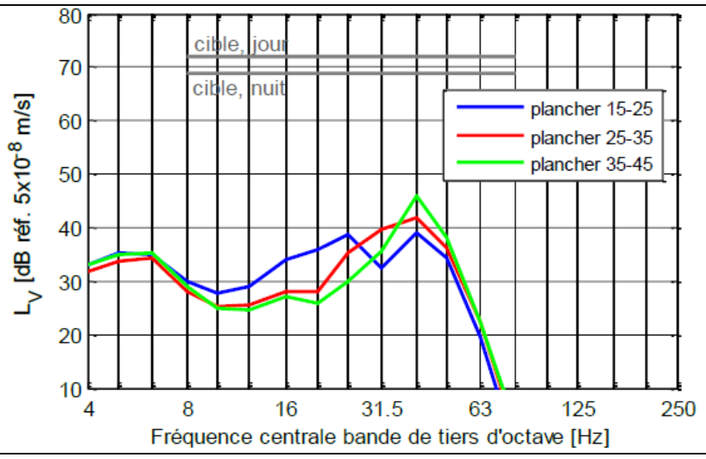
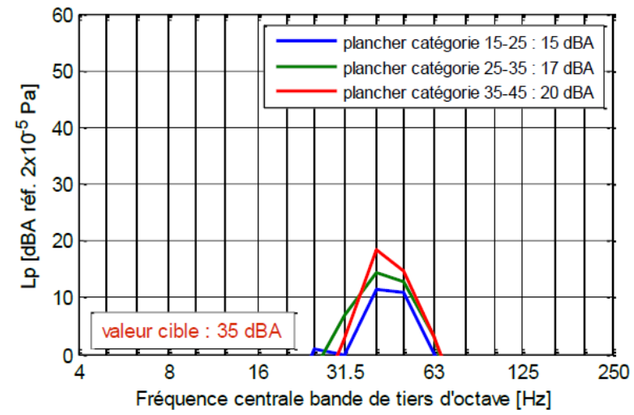
*f. <u>Modélisation réalisée par le prestataire 2 (Systra) :</u>*

Suite à la procédure de demande d'utilité publique (DUP) de la Ligne 15 Sud en 2013, la Société du Grand Paris s'est engagée à mettre en place *a minima* sur tout le linéaire une pose de voie de niveau 1. Ce principe a fait l'objet d'une deuxième série de calculs réalisés par le bureau d'étude Systra.

Avec la même approche, la mise en place de dispositifs de poste de voie adaptés permet de réduire les niveaux de vibrations et de bruit solidien attendus et de respecter les valeurs cibles.

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 2<br>37-41, rue du Port, Créteil<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : jusqu'à 2 dB(A) de dépassement |

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 2<br>2-26 rue Gustave Eiffel, Créteil (en face des urgences du CHU)<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : aucun dépassement |
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 2<br>16 rue Gustave Eiffel, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : aucun dépassement |
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 3<br>21 avenue Louis Georgeon, Cachan<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : jusqu'à 11 dB(A) de dépassement |

| Prestataire | Hypothèses | Localisation | Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian | Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian | Synthèse |
|---|---|---|---|---|---|
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 3<br>41 Bd des Frères Vigouroux, Clamart<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : jusqu'à 1 dB(A) de dépassement |
| **2** | Modèles de rugosité roue/rail moyen,<br><br>Pose de niveau 1 | Tronçon 3<br>Résidence Agora, rue Aristide Briand, Issy-Les-Moulineaux<br>  |  |  | Vibrations : acun dépasement<br><br>Bruit solidien : aucun dépassement |

Les résultats des modélisations réalisées par **le prestataire 2** montrent :

- Le respect des valeurs cibles de vibration pour tous les sites de calcul.
- Le respect des valeurs cibles de bruit solidien pour la plupart des sites de calcul, à l'exception des sites de 37-41, rue du Port (Créteil), 21 avenue Louis Georgeon (Cachan) et 41 Bd des Frères Vigouroux (Clamart), où des dépassements atteignant 11 dB(A) sont calculés.

Ces modélisations ont été réalisées en supposant une pose de voie de niveau 1, c'est-à-dire une pose sans traverse avec attaches à double étage (avec semelle résiliente).

**Mesures de réduction :**

**Analyse de l'efficacité des dispositifs de pose de voie à mettre en place pour réduire les le bruit solidien potentiel en surface :**

| Site | Voie | Vibrations du plancher (Lv en dB réf. $5x10^{-8}$ m/s) | Bruit solidien ($L_{ASmax}$ en dBA réf. $2x10^{-5}$ Pa) | Niveau de pose de voie retenu pour le projet |
|---|---|---|---|---|
| Résidence 36 Route de Champigny à Villiers-sur-Marne | Niveau 1 | -29 dB | -15 dBA | **Niveau 1** |
| Immeuble au 37-41 rue du Port à Créteil (Résidence la Palombière) | Niveau 1 | -10 dB | +2 dBA | **Niveau 1+** |
| | Niveau 1+ | -10 dB | -3 dBA | |
| | Niveau 2 | -10 dB | -12 dBA | |
| Immeuble résidentiel au 2-26 rue Gustave Eiffel à Créteil | Niveau 1 | -22 dB | -14 dBA | **Niveau 1** |
| Tour résidentielle au 16 rue Gustave Eiffel à Créteil | Niveau 1 | -24 dB | -14 dBA | **Niveau 1** |
| Théâtre de Cachan Jacques Carat, au 21 avenue Louis Georgeon à Cachan | Niveau 1 | -9 dB | +11 dBA | **Niveau 2** |
| | Niveau 1+ | -4 dB | + 7 dBA | |
| | Niveau 2 | -10 dB | - 3 dBA | |
| Immeuble résidentiel au 41 Bd des Frères Vigouroux à Clamart | Niveau 1 | -10 dB | +1 dBA | **Niveau 1+** |
| | Niveau 1+ | -9 dB | -2 dBA | |
| | Niveau 2 | -12 dB | -12 dBA | |
| Résidence Agora, rue Aristide Briand à Issy-Les-Moulineaux | Niveau 1 | -22 dB | -15 dBA | **Niveau 1** |

Ces éléments montrent que la mise en place de dispositifs de niveau 1+ et 2 pour les sites sensibles identifiés permet de respecter les valeurs cibles.

**Au vu de ces résultats, pour les secteurs caractérisés par les dépassements les plus importants, l'utilisation de systèmes de pose performants permettra d'éviter le dépassement des valeurs cibles. Comme prévu dans le plan de management, la définition des mesures de réduction ne pourra être précisée qu'après vérification, à l'aide de mesures in situ, des hypothèses relatives à l'excitation du métro, aux fonctions d'atténuation du sol et aux fonctions de transfert sol / bâtiment / étage.**

### 1.9.6 Mesures d'accompagnement en phase chantier

Les principes de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase chantier sont les suivants.

#### *1.9.6.1 Mesures d'évitement*

Les principales mesures d'évitement à rappeler sont l'utilisation du tunnelier pour le creusement du tunnel, méthode constructive caractérisée par un impact vibratoire limité, et l'optimisation du tracé, afin d'éviter le plus possible les avoisinants très sensibles en surface et, en terme de profondeur du tracé, pour éviter les singularités, par exemple les carrières (études préliminaires).

En ce qui concerne la présence d'anciennes carrières, il est prévu le traitement des vides et la mise en sécurité des zones concernées.

Il est également à prendre en considération le respect d'une distance minimale de sécurité entre le tunnel et les ouvrages enterrés existants. Cette distance a été définie au sein des études préliminaires et a été respectée dans la définition du tracé.

En parallèle, une étude de reconnaissance du bâti pour en estimer sa vulnérabilité aux vibrations a été réalisée.

#### *1.9.6.2 Mesures de réduction*

La principale mesure de réduction à prévoir est l'injection localisée pour améliorer les propriétés de sol autour de l'ouvrage (tunnel) et éviter de trop grandes déformations du sol. À titre d'information, l'injection dans le sol, au travers de forages, d'un produit pompable se rigidifiant par la suite (coulis) permet d'étancher et/ou de consolider ce sol par remplissage des vides.

#### *1.9.6.3 Mesures de compensation*

Concernant les mesures de compensation, il est très important de prévoir une campagne de communication sur les territoires concernés par le projet. Préalablement à la phase de construction, une information ciblée devra être apportée aux riverains pour leur indiquer les périodes d'activités en amont de leur réalisation.

Cette campagne devra inclure également les informations relatives aux mesures de suivi lors des phases de creusement : avant, pendant et après le passage du tunnelier, il est prévu de réaliser des mesures de vibrations au niveau de la surface pour s'assurer du respect d'un niveau temporaire acceptable.

En cas de niveaux trop élevés observés, des ajustements peuvent être opérés sur le fonctionnement du tunnelier, par exemple augmentation/réduction de la pression de confinement, et en conséquence de l'impact vibratoire des travaux.

En parallèle, le renforcement des ouvrages existants pourra être pris en compte, si besoin et quand cela est possible.

D'autres mesures d'ordre organisationnel pourront être mises en place, comme des restrictions concernant le déroulement des travaux tels que des horaires contraints pour les travaux susceptibles de gêner les riverains.

### 1.9.7 Mesures d'accompagnement en phase exploitation

Les principes de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase exploitation sont les suivantes.

#### *1.9.7.1 Mesures d'évitement*

En ce qui concerne le tracé même, les mesures d'évitement ont déjà été présentées pour la phase chantier (choix de tracé optimisé, respect d'une distance minimale de sécurité entre le tunnel et les ouvrages enterrés existants, étude de vulnérabilité du bâti).

D'autres mesures plus spécifiquement liées à la phase exploitation concernent la limitation des charges par essieu et la réalisation de campagnes de mesure de contrôle des émissions vibratoires et acoustiques avant la mise en service (**après construction du tunnel et avant pose de voie**).

#### *1.9.7.2 Mesures de réduction*

La principale mesure de réduction consiste à choisir un système de pose des voies adapté à l'atténuation vibratoire recherchée pour garantir le respect des valeurs cibles. Les résultats des modélisations montrent que le choix d'un système de pose de niveau 1 (pose directe avec attaches à double étage) permettrait le respect des niveaux cibles pour la plupart des secteurs traversés par la Ligne 15 Sud.

Pour certains secteurs, un système de pose plus performant sera nécessaire. Pour les secteurs les plus sensibles, un système de pose de niveau 2 est à ce stade justifié.

Un contrôle de la pertinence des différentes mesures de réduction sera réalisé par **l'organisme indépendant de second regard** conformément au **plan de management du bruit et des vibrations phase exploitation** de la Société du Grand Paris.

#### *1.9.7.3 Mesures de compensation*

Les mesures de compensation concernent essentiellement la surveillance du niveau de rugosité au contact rail/roue et l'entretien régulier des rails et des roues par les mainteneurs afin de maintenir des conditions de rugosité variant de bonnes à moyennes.

### 1.9.8 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux vibrations

Sur la base de ces résultats, des mesures d'accompagnement devront être envisagées via la mise en œuvre d'un système de pose permettant d'obtenir une atténuation complémentaire de 10 à 15 dB, en fonction des résultats des calculs de modélisation qui sont rappelés dans le tableau de synthèse pages suivantes.

Ces mesures d'accompagnement ciblées entrent dans le cadre du **plan de management des bruits et des vibrations** défini pour le projet Grand Paris Express, ayant pour but la garantie du respect des seuils acoustiques et vibratoires permettant la maitrise des impacts du projet et la minimisation de la gêne pour les riverains.

**Une analyse des méthodologies et des résultats des calculs vibratoires par un organisme indépendant de second regard est également prévue dans le cadre de ce plan de management.**

Le tableau suivant résume les risques vibratoires (vibrations et bruit solidien) pour la Ligne 15 Sud issus de l'analyse croisée des enjeux identifiés dans l'état initial et de l'impact estimé pour le projet.

| Section | Rappel des enjeux les plus sensibles | Profondeur des voies et résultats des modélisations | Dispositifs retenus pour la pose des voies | Mesures générales à mettre en œuvre |
|---|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Zones pavillonnaires, écoles, collèges<br>Présence potentielle d'anciennes carrières<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP et GDF)<br>Croisement avec RATP ligne 9 et RER C | Supérieure à 25 m<br>**Calcul : Résidence Agora, à Issy-Les-Moulineaux**<br>**Aucun dépassement** | Niveau 1 | **PHASE CHANTIER**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques<br><br>**Mesures de suivi**<br>Campagne de communication<br>Mesures sur site en cours de travaux, attention particulière pour la construction de la gare de Pont de Sèvres<br><br>**PHASE EXPLOITATION**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Application du Plan de Management<br>Suivi permanent par l'organisme de second regard.<br>Adaptation du type de pose de voie<br><br>**Mesures de compensation**<br>Indemnisation des éventuels impacts constatés<br><br>**Mesures de suivi**<br>Réalisation de mesures en phase d'exploitation<br>Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure |
| **Issy RER à Arcueil - Cachan** | Hôpital des armées Percy<br>École maternelle Paul Bert, collège Victor Hugo, École primaire H. Barbusse, Lycée L. Girard<br>Zones pavillonnaires<br>Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP)<br>Croisement avec RER C | Supérieure à 25 m<br>**Calcul : 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart**<br>**Jusqu'à 16 dB de dépassement** | Niveau 3 | **PHASE CHANTIER**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques<br><br>**Mesures de suivi**<br>Campagne de communication<br>Mesures sur site en cours de travaux<br><br>**PHASE EXPLOITATION**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Application du Plan de Management<br>Suivi permanent par l'organisme de second regard<br>Adaptation du type de pose de voie<br><br>**Mesures de compensation**<br>Indemnisation des éventuels impacts constatés<br><br>**Mesures de suivi**<br>Réalisation de mesures en phase d'exploitation<br>Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure |
| | Zones pavillonnaires, bâtiments commerciaux, espaces publics<br>Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF)<br>Croisement avec RER B et RATP ligne 13 | Supérieure à 25 m<br>**Calcul : Bd Frères Vigoreux, Clamart**<br>**Jusqu'à 1 dB de dépassement** | Niveau 1+ | |
| | | Supérieure à 25 m<br>**Calcul Avenue Louis Gorgeon, Cachan**<br>**Jusqu'à 11 dB de dépassement** | Niveau 2 | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Zone d'habitations collectives<br>École primaire Jean Vilar, École maternelle Charles Perrault<br>Institut Gustave Roissy<br>Carrières à ciel ouvert remblayées<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP)<br>Croisement avec RER B, Autoroute A6 et future ligne 14 | Supérieure à 20 m<br>**Calcul : Institut Gustave Roissy, Villejuif**<br>**Aucun dépassement** | Niveau 1 | |

| Section | Rappel des enjeux les plus sensibles | Profondeur des voies et résultats des modélisations | Dispositifs retenus pour la pose des voies | Mesures générales à mettre en œuvre |
|---|---|---|---|---|
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Parking de la Mairie de Vitry, plusieurs bâtiments de moyenne et grande hauteur<br>Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques<br>Complexe « Sanofi-Aventis Recherche et Développement »<br>Carrières à ciel ouvert remblayées<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL)<br>Croisement avec RERC, RERD | Généralement supérieure à 20 m<br>**Calcul : 8, rue Albert Einstein, Créteil**<br>(Profondeur inférieure à 20 m)<br>**Jusqu'à 8 dB de dépassement** | Niveau 1 | **PHASE CHANTIER**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques<br><br>**Mesures de suivi**<br>Campagne de communication<br>Mesures sur site en cours de travaux.<br><br>**PHASE EXPLOITATION**<br><br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>Application du Plan de Management<br>Suivi permanent par l'organisme de second regard<br>Adaptation du type de pose de voie<br><br>**Mesures de compensation**<br>Indemnisation des éventuels impacts constatés<br><br>**Mesures de suivi**<br>Réalisation de mesures en phase d'exploitation<br>Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure |
| | Université Paris Est Créteil<br>Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmantelle<br>Cathédrale Notre Dame de Créteil<br>Carrières à ciel ouvert remblayées<br>Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL)<br>Croisement avec RATP ligne 8 | **Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m)<br>**Jusqu'à 2 dB de dépassement** | Niveau 1+ | |
| | Collège Plaisance<br>Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor<br>Ancienne abbaye de Saint Maur<br>Carrières à ciel ouvert remblayées<br>Croisement avec RER A, | **Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m)<br>**Aucun dépassement** | Niveau 1 | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Bâtiments de grande hauteur<br>Institut médico-éducatif AFASER, Centre de formation, Petite enfance | Entre 20 et 25 m<br>**Calcul : 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne**<br>**jusqu'à 9 dB(A) de dépassement**<br>**Calcul : 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne**<br>(Profondeur inférieure à 20 m)<br>**Jusqu'à 5 dB de dépassement** | Niveau 1 | |
| | École maternelle des Richardets<br>Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande<br>Présence potentielle d'anciennes carrières<br>Présence de réseau GDF | Entre 20 et 25 m<br>**Calcul : route de Champigny, Villiers Sur Marne**<br>**Aucun dépassement**<br>**Calcul : Ecole Des Richardets, Noisy-le-Grand**<br>**jusqu'à 6 dB(A) de dépassement** | Niveau 1 | |
| | Bâtiments de grande hauteur<br>Présence de réseau GDF et SIAAP<br>Croisement Autoroute A4, RERA, Ligne ZSNCF | Entre 20 et 25 m<br>**Calcul : Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand**<br>**Jusqu'à 10 dB(A) de dépassement** | Niveau 1 | |

# 1.10 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques

Ce chapitre traite spécifiquement des impacts et mesures liées au volet faune et flore. Les impacts et mesures des milieux humides, des frayères et des boisements sont traités dans des chapitres distincts.

## 1.10.1 Généralités sur les impacts et démarche ERC

### *1.10.1.1 Types d'impacts potentiels*

Chaque impact est caractérisé selon son type (direct, indirect) et sa durée (temporaire, permanent).

Un projet peut présenter deux types d'impacts sur les milieux naturels :

- **des impacts directs** : ils se définissent par une interaction directe du projet avec une espèce ou un habitat naturel.
- **des impacts indirects** : ils se définissent comme les conséquences secondaires liées aux impacts directs du projet et peuvent également se révéler négatifs ou positifs ;

À cela s'ajoute le fait qu'un impact peut se révéler temporaire ou permanent :

- l'**impact** est **temporaire** lorsque ses effets ne se font ressentir que durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- l'**impact** est **pérenne** dès lors qu'il persiste dans le temps et peut demeurer immuable.

### *1.10.1.2 Évaluation des niveaux d'impacts*

La quantification de l'impact du projet sur une espèce ou un groupe d'espèces est obtenue par le croisement de plusieurs ensembles d'informations (lorsque celles-ci sont disponibles) :

- La **sensibilité générale de l'espèce** (ou du groupe d'espèces) au type d'aménagement en question, définie au moyen de l'expérience de terrain des experts de Biotope et des informations issues de la bibliographie ;
- Les **éléments propres au site** (abondance locale de l'espèce sur site, localisation, utilisation des milieux…) **et au projet** (mesures de réduction d'impact) pouvant avoir une influence sur le risque de destruction ou de dégradation ;
- La **valeur patrimoniale des espèces**.

Si l'espèce ou le groupe d'espèce est concerné par l'impact considéré, celui-ci peut alors être de niveau faible, modéré, fort voire très fort en fonction des critères énoncés précédemment.

La démarche poursuivie dans l'analyse des impacts faune, flore et milieux naturels s'effectue selon les typologies des impacts induits par le projet. La présentation de ce volet faune, flore, milieux naturels et continuités écologiques est donc la suivante :

- Présentation des secteurs dépourvus d'enjeux écologiques et qui n'engendrent, par conséquent, pas d'impacts,
- Présentation des secteurs ayant un impact faible sur les secteurs présentant un enjeu écologique faible. Il s'agit de secteurs accueillant une faune commune : avifaune commune, reptile ubiquiste, etc,
- Analyse secteurs par secteurs des sites à enjeux écologiques où les impacts écologiques du projet sont notables,
- Développement des impacts résiduels,
- Présentation des mesures compensatoires mises en œuvre.

Dans le cadre de cette étude, les **impacts de niveaux « modéré », « fort » et « très fort » sont considérés comme « notables »** au sens de l'article R122-5 alinéa 7° du code de l'environnement, c'est-à-dire **de nature à déclencher une démarche de compensation**.

### *1.10.1.3 Démarche Éviter, Réduire, Compenser*

La définition des mesures a suivi les recommandations de l'Autorité Environnementale dans son avis du 25 juillet 2012 (N°AE 2012-30) concernant la phase chantier (plantes invasives, période de nidification, préservation des secteurs sensibles de pelouses calcaires etc…).

L'existence d'impacts sur la faune, la flore et les milieux naturels nécessite que la Société du Grand Paris mette en place la démarche Éviter, Réduire, Compenser pour son projet. Cela se traduit au niveau de l'étude d'impact et des dossiers de dérogation par :

- D'abord, mettre en place des mesures d'évitement des impacts (adaptation des emprises, ajustement temporel des dates de démarrage des travaux etc…) ;
- Ensuite, mettre en place des mesures de réduction des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ;
- Enfin, mettre en place des mesures de compensation des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ou de réduire. Ces impacts sont dits résiduels et déclenchent le passage aux mesures compensatoires.

L'insertion environnementale du projet est donc conçue selon un triptyque de mesures graduées.

Pour une meilleure compréhension et en raison du nombre important de mesures proposées, ces dernières ont été dissociées en deux types :

- **Des mesures spécifiques, mises en œuvre pour le projet de Ligne 15 Sud. Ces mesures sont identifiées et présentées pour chaque élément de projet,**
- **Des mesures génériques**, dites de bonne conduite d'un chantier, mises en œuvre systématiquement pour tous types de projet par le Maître d'Ouvrages. Ces mesures génériques sont regroupées suivant des ensembles de mesures (évitement, réduction, compensation).

**Rappel des enjeux liés à la faune, la flore, les habitats naturels et les continuités écologiques**

| Section | Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore | Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques |
|---|---|---|
| **Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER** | **Ile de Monsieur** : mosaïque d'habitat, de friches prairiales et à tendance humide avec la présence d'une espèce de flore patrimoniale à enjeu modéré : Molène pulvérulente. | **Parc de Billancourt, parc de l'Ile Saint Germain et bois de Meudon :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Ile de Seguin :** Corridor de milieux ouverts identifiés par le Conseil départemental 92<br>**Coulée verte qui traverse le parc Rodin près d'ISSY RER** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine |
| | **Autres espaces verts :** Pont de Sèvres, Ile Seguin, Ile Saint-Germain présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune et la flore commune | |
| **Issy RER à Arcueil Cachan** | **Gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart** : friche qui accueille une espèce de flore patrimoniale : la Molène pulvérulente. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles. | **Cimetière Parisien de Bagneux et les ensembles verts de Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc. :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Continuum depuis le cimetière parisien** qui descend vers le parc de Sceaux : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne |
| | **Autres espaces verts** : Gare d'Arcueil Cachan, Parc Henri Barbusse, square Malleret Joinville, Fort de Vanves, cimetière parisien, parc Robespierre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune | |
| **Arcueil Cachan à Vitry Centre** | **Parc départemental des Hautes Bruyères** qui présente une mosaïque d'habitat intéressante pour la flore (2 espèces patrimoniales) et la faune. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé comme le Lézard des murailles. Le site accueille plusieurs espèces d'insectes patrimoniales et protégées au niveau des zones de friches et de friches prairiales. Les mammifères et les chauves-souris sont également présents sur le site. | **Abords du parc des Lilas :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Parc départemental des Hautes Bruyères :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne et continuum départemental pour le Val-de-Marne<br>Le parc est également utilisé comme support dans **la coulée verte Bièvre – Lilas**, identifiée par le Conseil départemental du Val-de-Marne et le SRCE comme liaison d'intérêt pour Paris et sa Petite couronne. |
| | **Carrières souterraines** : Les inventaires montrent la présence de chauves-souris ubiquistes autour des entrées des carrières. | |
| | **Gare de Vitry Centre** : présence d'une espèce de flore patrimoniale en bordure de voirie : le Passerage des décombres | |
| | **Autres espaces verts** : **Square Général de Gaulle / Parc Raspail, Jardin Panoramique** Gare le Vert de Maison, friches ferroviaires (SMI Vitry) et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune | |

| Section | Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore | Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques |
|---|---|---|
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | **Impasse de l'Abbaye et bords de Marne :** présence d'une avifaune riche et d'habitats favorables de nidification et de chasse pour des espèces d'eau et notamment la Bergeronnette des ruisseaux. Les bords de Marne sont favorables aux insectes avec la présence d'une espèce patrimoniale relativement ubiquiste. | **Golf du parc du Tremblay** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne |
| | **Friche Arrighi** constitué d'une friche sèche et xérique où s'établissent 5 espèces de flore patrimoniales. L'avifaune y est riche et le Faucon Hobereau, espèce patrimoniale y nicherait dans les zones arborées. Présence avérée du Lézard des murailles. Site le plus riche au niveau entomologique, la friche présente plusieurs espèces protégées et patrimoniales d'intérêt. | |
| | **Autres espaces verts** : Gare de Champigny Centre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune | |
| **Champigny-sur-Marne à Noisy-le-champs** | **Gare de Bry Villiers Champigny** : zone boisée et friches buissonnantes accueillant une faune commune | **Boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne<br>**Canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin :** liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne |
| | **Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny** : zone rudérale et dégradé où se développe une espèce de flore patrimoniale. L'intérêt entomologique est marqué par la présence d'une espèce protégée. Présence d'une espèce d'oiseau patrimoniale, la Linotte mélodieuse. | |
| | **SMR de Champigny** : zone de friche et de végétation prairiale qui hébergent de nombreux insectes patrimoniaux et protégés. | |
| | **Sentier des marins** : présence potentielle d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles | |
| | **Place des Yvris** : square urbain regroupant deux stations d'espèces de flore patrimoniales | |
| | **Autres espaces verts** : espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune | |
| | **Gare de Noisy-Champs** : boisement neutrophile où se localise en marge, le long d'un trottoir, une station de flore patrimoniale. Les boisements sont investis par une avifaune cavernicole et inféodée à ces milieux. Les amphibiens (dont des espèces présentant un enjeu de conservation) se reproduisent au niveau de deux mares et utilisent les bois comme habitats terrestres. | **Corridor écologique arboré à fonctionnalité réduite** au niveau du parc de la Butte verte et les boisements alentours |
| | **Parc de la Butte verte** : accueille une station de flore protégée connue depuis 2005 au niveau d'une mare. L'avifaune y est riche en espèces inféodées au milieu boisé et cavernicoles malgré le caractère altéré des boisements. Les amphibiens se reproduisent au niveau des mares et utilisent les bois comme habitats terrestre. | |

### 1.10.2 Secteurs d'aménagement ne présentant pas d'impact sur la faune, la flore et les continuités écologiques

En raison du contexte très urbanisé dans lequel s'intègre le projet et de sa configuration en souterrain sur l'ensemble de la ligne, les impacts sur la faune, la flore et les continuités écologiques sont limités et localisés.

En phase chantier, seules les émergences liées aux projets (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance) ont une emprise au sol, le tunnel étant entièrement construit au tunnelier. Parmi ces émergences, un certain nombre d'ouvrages et de gares sont localisées dans des secteurs totalement urbanisés laissant extrêmement peu ou pas de place à l'expression de la biodiversité, même commune et ubiquiste. Sur ces secteurs artificiels, les enjeux relatifs à la faune ou à la flore sont négligeables et les impacts sont considérés comme nuls. Ces secteurs d'aménagement sont présentés dans le tableau suivant.

Dans la suite de ce chapitre, les impacts sur la faune, la flore et les continuités écologiques sont étudiés à l'échelle des ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance). Les ouvrages à l'origine d'impacts similaires sur les milieux naturels, la faune et la flore sont, par la suite, regroupés pour faciliter la lecture du document.

- **OA 2203P - ZAC SAEM**



L'ouvrage est situé dans un secteur urbanisé en bord de route très fréquenté à Boulogne Billancourt. Actuellement en chantier (travaux réalisés dans le cadre du projet de ZAC porté par la SAEM), le site accueillera un projet de ZAC ainsi qu'un ouvrage annexe du projet de la Ligne 15 Sud. Les travaux actuels liés au projet de ZAC SAEM et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore ou les milieux naturels dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Châtillon-Montrouge**



La gare de Châtillon-Montrouge se localise dans un quartier totalement bétonné sans intérêt pour la faune ou la flore. Le seul espace vert connu dans le secteur d'aménagement est un bosquet de plantation d'essence végétale ornementale. Il s'agit d'un Espace Boisé Classé inscrit au POS de la Commune qui doit être déclassé conformément à la mise en conformité des documents d'urbanisme (MECDU) réalisée lors de la DUP. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1601P - Jules Joffrin**



La base chantier de l'ouvrage s'étend sur une parcelle bâtie dans une zone résidentielle à Villejuif. Le contexte urbain dense, les travaux en cours (non réalisés dans le cadre de la Ligne 15 Sud) et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore ou les milieux naturels dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Villejuif Louis Aragon**



La gare s'installe au niveau d'un centre commercial dans un contexte urbanisé de toute part. Une seconde emprise chantier se localise sur une zone délaissée bétonnée sans enjeu pour la flore ou la faune au regard du contexte dans lequel cette friche industrielle s'inscrit. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1404P - rue Gabriel Péri**



L'ouvrage se localise sur un parking et des espaces verts en pied d'immeuble très relictuels et très dégradés pour présenter un quelconque intérêt pour la faune ou la flore patrimoniale. Au regard du contexte urbain dense, des travaux en cours (non réalisés dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud du Grand Paris) et de la capacité d'accueil quasi nulle du site, aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1401P - Centre technique municipal Vitry / Rue Bel Air**



L'aménagement de l'ouvrage s'étend sur un délaissé industriel bétonné et sur le parking du centre technique municipal de Vitry. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Les Ardoines**



La Gare des Ardoines se situe dans le secteur très industriel de Vitry, en bordure de voies ferrées. Aucune potentialité n'a été repérée lors des expertises de terrain. Les bords de voie ferrés sont urbanisés et n'offrent pas de talus enherbés qui auraient pu être favorables aux insectes et reptiles. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1301P - rue de Rome**



La place de l'Europe fait actuellement l'objet d'une réhabilitation urbaine visant à moderniser les réseaux d'assainissement et d'améliorer *in fine* la qualité paysagère du site. L'ouvrage se situe en bordure de la place, rue de Rome, et empiète en partie sur une bande enherbée privée. L'aménagement très récent de la place lui confère une capacité d'accueil de la faune et la flore quasi nulle. Le projet de la Ligne 15 Sud n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques.

- **Gare Créteil L'Echât**



La gare est construite entièrement sur le parking de la gare déjà existante. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle de ce secteur n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les

continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1201P - Université de Créteil**

Le secteur est constitué d'une pelouse rase très entretenue laissant peu de place à la végétation spontanée. Ces espaces verts peuvent toutefois être des zones d'alimentation pour les oiseaux communs et non protégés nichant aux alentours. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 1103P - Stade F. Desmond**

L'aménagement de l'ouvrage se réalise dans une cours de sport de collège totalement bétonnée.
Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1102P - avenue Ceinture**

L'ouvrage se localise dans une zone résidentielle de Créteil. La zone de chantier s'installe dans une parcelle privée où une future construction de maison individuelle est en cours. Les potentialités d'accueil pour la faune et la flore sont considérées comme quasi nulles. Le projet de la Ligne 15 Sud de ce secteur d'aménagement n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques.



- **Gare Saint-Maur Créteil**

La gare se localise sur le parvis de Saint-Maur, au nord de la gare existante. Aucun secteur n'est jugé intéressant pour la faune et la flore au regard de l'absence d'habitat favorable. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu' aucun impact n' est attendu sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 1001P - avenue Roger Salengro**

L'aménagement de l'ouvrage se réalise sur une avenue très urbanisée où des alignements d'arbres sont présents de part et d'autre de l'avenue. Quelques bosquets plantés çà et là présentent un intérêt paysager relatif entre les places de parking. La capacité d'accueil du site est quasi-nulle pour la faune ou la flore patrimoniale. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0902P - RP du Colonel Grancey**

L'ouvrage se localise sur un rond-point, le long du boulevard de Stalingrad qui présente quelques espaces verts très relictuels en bord de route. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0811P - avenue Maurice Thorez**

L'ouvrage se localise sur un parking qui présente quelques plantations relictuelles sans grand intérêt pour la faune et la flore. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0810P - rue du Général Leclerc**

L'ouvrage se localise sur une allée bétonnée sans aucun enjeu inventorié pour la faune ou la flore. Un deuxième secteur de chantier est identifié dans une parcelle privée faisant l'objet d'un entretien régulier peu favorable à l'expression d'une biodiversité intéressante. Le jardin peut toutefois être support de chasse pour l'avifaune peu diversifié des alentours. L'enjeu est négligeable. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0806P - rue Mozart**

L'ouvrage se localise dans un secteur résidentiel sur des parcelles privées ainsi que sur un espace vert servant de rond-point, très entretenu, sans intérêt pour la flore ou la faune locale.
Le contexte urbain dense et la gestion intense des espaces verts présents induisent une capacité d'accueil quasi nulle pour la faune et la flore. Aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0805P - avenue Médéric**

L'ouvrage se localise sur un emplacement de parking bétonné sans intérêt et sans possibilité d'accueil pour la faune ou la flore locale. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



### 1.10.3 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques limités

#### *1.10.3.1 Présentation des ouvrages concernés*

- **OA 2301P – Ile de Monsieur**

Le site présente une mosaïque de milieux aquatiques, friches prairiales à tendance humide et friches sèches. Les aménagements de berges depuis le Pont de Sèvre jusque sur l'Ile de Monsieur sont favorables aux insectes ubiquistes ou de milieux herbacées. Les cortèges d'oiseaux des milieux anthropiques et des parcs et jardins sont les plus représentés sur le secteur de l'Ile de Monsieur avec 12 espèces d'oiseaux identifiées dont 9 protégées. Les espèces les plus représentées sont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres et la Fauvette à tête noire, toutes communes en Ile-de-France.

**Groupes concernés : avifaune commune, insecte**

- **Gare de Pont de Sèvres**

La gare Pont de Sèvres s'inscrit dans un environnement caractérisé par le passage de la RD1 et un réseau de voiries complexe, par les grands immeubles – CityLights (GE), Trident, Square Com - du quartier du Pont de Sèvres, par la Seine et la proximité de l'Ile Seguin. Il s'agit d'un milieu fortement urbanisé ou les espèces d'oiseaux anthropiques sont largement dominantes à côté d'oiseaux d'eau erratiques et en transit présents du fait de la proximité de la Seine, comme la Mouette rieuse ou le Goéland argenté. Parmi les espèces nicheuses figurent le Pigeon domestique, le Pigeon ramier ou encore le Merle noir. L'enjeu de conservation est faible à négligeable au regard du caractère ubiquiste des sept espèces présentes dont 3 étaient en transit. Parmis elles, 3 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 2201P - Place de la Résistance**

Ce secteur d'aménagement s'inscrit en bord de route sur le quai Stalingrad. L'emprise du chantier s'installe sur une partie de la route et de la bande enherbée en accotement. En bord de route, des travaux sont déjà en cours pour un projet d'aménagement paysager des quais. Une deuxième emprise chantier se localise en bord de quai coté Seine où une zone de stockage est prévue.

**Groupes concernés : milieux en eau**

- **Gare d'Issy RER**

La gare d'Issy RER s'inscrit au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un contexte très urbain qui présente des espaces verts relictuels : friche en bordure de voie et alignements d'arbres.

Une liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne est toutefois identifiée sur ce secteur par le Schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Cette continuité s'appuie notamment sur les talus des voies ferrées et les alignements d'arbres des avenues et des espaces verts alentours.

**Groupes concernés : continuités écologiques**

- **OA 2101P - Parc Henri Barbusse**



Ce parc urbain est constitué d'espaces verts entretenus et d'alignement d'arbres généralement ornementaux. Le Parc Henri Barbusse présente une avifaune de parc forestier, appartenant au cortège anthropiques et des parcs et jardins, pour l'essentiel. 12 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce parc. Ainsi sont présents par exemple, le Merle noir, la Fauvette à tête noire, le Troglodyte mignon, l'Accenteur mouchet ou encore le Moineau domestique. Parmis elles, 9 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart**



Le secteur d'aménagement de la gare s'installe sur une mosaïque de milieu avec des zones rudérales, des friches et fourrés parfois complétés par des boisements rudéraux où le Lézard des murailles (espèce protégée à l'échelle nationale) a été observé. Ces milieux permettent l'expression de 6 espèces d'oiseaux dont 2 sont protégées. L'accotement entre les voies ferrées et la route présente une friche prairiale où a été localisée une station de Molène Pulvérulente.

**Groupes concernés : avifaune commune, reptile, flore patriloniale**

- **OA 2002P - Square Malleret Joinville**



Ce parc urbain accueille une faune commune et des essences floristiques majoritairement ornementales. Le Robinier, espèce considérée comme invasive, est particulièrement présente. Ce site est largement dominé par les espèces anthropiques comme le Moineau domestique, le Pigeon domestique ou par le Merle noir (au moins quatre couples). Au total, 5 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce parc dont une est protégée : le Moineau domestique. Parmis elles, 1 est protégée.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 2001P - Fort de Vanves / J. Mermoz**

Le secteur d'aménagement de l'ouvrage se situe au niveau d'un boisement en partie privé et inaccessible. Une partie de l'emprise chantier s'étend sur une route bitumée sans intérêt pour la faune ou la flore. La présence de haies et de bosquets autour du fort favorise les espèces à tendance forestière comme le Troglodyte mignon, le Pouillot véloce. Les espèces de parcs et jardins et anthropiques sont également bien représentées. La Perruche à collier, espèce d'origine exotique, fréquente également le site et niche dans les environs. Au total, 12 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. Parmis elles 8 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1902P – Cimetière Parisien**



Cet ouvrage se situe dans l'enceinte du cimetière, en bordure nord-ouest qui accueille une faune commune comme le cortège d'oiseaux des milieux anthropiques. L'emprise chantier s'insère en bordure nord-ouest du cimetière impactant cinq arbres de l'alignement d'entrée et quelques plants éparses principalement utilisés comme support dans les déplacements des espèces.

**Groupes concernés : avifaune commune, continuités écologiques**

- **OA 1901P - Pierre Plate**

L'ouvrage Pierre Plate se situe sur un habitat peu diversifié de type « parc et jardin » et s'installe sur une zone de parking et un alignement d'arbres. Le site se trouve au milieu d'une cité urbaine avec quelques espaces verts aménagés. La présence de quelques arbres résineux a favorisé la présence de la Mésange huppée. Les bâtiments permettent la nidification du Rougequeue noir, du Pigeon domestique, de l'Etourneau sansonnet tandis que les jardins abritent du Merle noir, du Verdier ou encore du Pinson des arbres. Les arbres creux servent aussi d'abris pour la Perruche à collier. Cette dernière effectue des déplacements fréquents vers le Parc Robespierre, tout proche. Au total, 14 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. Parmis elles, 7 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **Gare de Bagneux**

La gare de Bagneux sera construite sur une petite zone de friche entre des bâtiments et des emprises routières. Le parc urbain ou coulée verte en bord de route n'est pas impacté par le projet de la gare.

**Groupes concernés : reptile**

- **OA 1801P - Parc de Robespierre**



Le secteur d'aménagement de la gare prend place sur la moitié nord du parc Robespierre. Ce parc abrite quelques espèces fréquentant les buissons ou à tendance forestière comme la Fauvette à tête noire ou le Troglodyte mignon (au moins 3 couples). Au total, 13 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur site et une espèce a été observée en transit : le Goéland argenté. Parmis elles, 8 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **Gare Arcueil-Cachan**

La gare d'Arcueil Cachan s'installe sur la gare RER Arcueil Cachan déjà existante pour s'étendre sur un parking au sud de l'emprise. Ce site, densément urbanisé, est occupé par les espèces anthropiques habituelles : Moineau domestique, Pigeon domestique, Pigeon ramier ou Accenteur mouchet. Au total, 9 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 4 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1702P - Square Général de Gaulle**



L'ouvrage se localise dans le parc de la mairie de Cachan aussi connu sous le nom de parc Raspail. L'ouvrage se localise au sud de la Mairie de Cachan. L'emprise chantier occupera un secteur très aménagé du parc à savoir des cheminements piétons, des alignements d'arbres et un bassin d'eau artificiel. Les espèces de milieu urbanisé et de parcs et jardins sont présentes : Merle noir, Moineau domestique, Accenteur mouchet, Pie bavarde, Etourneau sansonnet. Le parc abrite également des espèces plus forestières comme le Troglodyte mignon la Fauvette à tête noire et le Grimpereau des jardins. Au total, 15 espèces communes peuvent être considérees comme nicheuses sur ce parc. Parmis elles, 8 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1701P - Jardin panoramique**



L'ouvrage se situe en bordure ouest du jardin. Lequel fait l'objet d'une gestion intensive qui limite son potentiel d'accueil de la faune et de la flore. Dans le respect des emprises chantier, l'aménagement du jardin panoramique n'impacte pas les stations de flore patrimoniale.

Parmi les espèces présentes figurent le Merle noir, le Pigeon ramier, l'Accenteur mouchet, mais aussi des espèces plus forestière comme la Mésange à longue queue, le Roitelet huppé ou le Pic épeiche. À signaler également la présence de la Grive draine, mais qui ne niche pas forcément dans le Jardin. Au total, 12 espèces communes peuvent être considéres comme nicheuses sur ce parc. Parmis elles, 8 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1501P - Rue du Génie**

L'ouvrage se situe dans une propriété privé sans intérêt pour la faune ou la flore. Une seconde emprise se localise dans un terrain vague. Le cortège avifaunistique est ici très banal avec les habituelles espèces des cortèges anthropiques et des jardins : Moineau domestique, Merle noir, Verdier d'Europe, Pie bavarde mais aussi du Troglodyte mignon. Au total, 8 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 4 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **Gare de Vitry Centre**

La gare se localise dans le parc du Coteau à Vitry où les plantations dans le jardin sont nombreuses. Une station de Passerage des décombres a été observée en bord de trottoir près du parc. L'espèce reste isolée et n'est pas impacté par l'aménagement de la gare dans le respect strict des emprises chantiers proposées. Dans le centre de Vitry, la présence d'un parc avec de grands arbres favorise la présence d'espèces forestières comme la Grive musicienne ou le Grimpereau des jardins à côte des espèces anthropiques habituelles. Au total, 11 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 6 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1402P - Entrée rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas**

L'ouvrage se situe sur une place en bordure d'une avenue routière.

Les contours de la place sont composés d'alignement d'arbres sur sol imperméabilisé laissant peu de place à une végétation spontanée. Il s'agit d'un petit espace vert au milieu d'une cité urbaine. Mis à part une famille de Mésange bleue, le cortège avifaunistique est strictement anthropique.

Au total, 8 espèces communes peuvent être considéres comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 3 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **Gare Le Vert de Maisons**

La gare de Vert de Maisons occupe des secteurs de friche délaissé et des secteurs urbanisés. Malgré le caractère fragmenté et peu développé de ces secteurs de friche, le site conserve un potentiel d'accueil pour la faune commune (oiseaux, reptiles).

Le cortège d'espèces est essentiellement anthropiques avec quelques espèces de jardins comme l'Accenteur mouchet, le Troglodyte mignon, la Mésange charbonnière ou le Merle noir.

Parmis elles, 5 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune, reptile**

- **OA 1101P - rue du Port de Créteil**

Cet ouvrage se localise en angle de rue sur un espace vert relictuel en bordure de départementale. Une deuxième emprise chantier s'installe sur le quai rue du Port.

**Groupes concernés : milieux en eau**

- **OA 1003P - Impasse de l'Abbaye**



L'ouvrage se situe dans le parc de l'Abbaye avec une deuxième emprise chantier en bordure du quai Beaubourg. Ce site est l'un des plus riches et des plus diversifié de la Ligne 15 Sud. Il faut dire qu'il s'agit d'un grand parc avec d'anciens bâtiments au milieu d'une zone urbaine et à proximité de la rivière Marne. Les espèces les mieux représentées sont le Pinson des arbres, le Troglodyte mignon et le Merle noir. Le cortège anthropique est bien présent et la Marne apporte son cortège d'oiseaux d'eau.

Au total, 18 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses dont la Bergeronnette des ruisseaux, nicheuse probable d'enjeu modéré. Parmis elles, 12 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 1002P - Charles Floquet**

Cet ouvrage se localise sur une friche privée peu diversifiée. L'emprise chantier temporaire s'installe sur une friche voisine, une entreprise de parquet et un parking.

**Groupes concernés : reptile**

- **Gare de Champigny Centre**

La gare de Champigny sera créée avenue Roger Salengro, le long de la Départementale 4. Les emprises chantiers s'insèrent dans un contexte très urbain sans enjeu pour la faune ou la flore. Les emprises en bord de voies ferrées et dans un square de pied d'immeuble représentent toutefois un enjeu pour la faune locale (oiseaux, reptiles). Cette zone est très urbanisée. Les seuls espaces verts sont représentés par les talus et bosquets bordants la ligne de chemin de fer. Le peuplement est dominé par les espèces anthropiques et celles à tendances forestières comme le Pouillot véloce, le Troglodyte mignon. Parlis elles, 9 sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune, reptile**

- **OA 0901P - Clos du Pré de l'Etang**

Les emprises chantier temporaires occupent deux secteurs de part et d'autres des voies ferrées. Il s'agit de zones arborées plus ou moins délaissées potentiellement favorables aux espèces communes et ubiquistes locales (oiseaux, reptiles).

**Groupes concernés : avifaune commune, reptile**

- **Gare de Bry-Villiers-Champigny**

La gare se localise sur une friche boisée occupée par des gens du voyage. Le secteur est extrêmement dégradé du fait de l'occupation du site. La présence de zones arborées favorise toutefois l'accueil d'oiseaux communs du cortège arboré.

C'est un des secteurs les plus riche mais aussi l'un des plus étendu en surface. Il est composé de zones industrielles, commerciales et pavillonnaires, séparées par des friches plus moins embuissonnées, des bosquets et un golf. Les espèces les mieux représentées sont le Moineau domestique et la Fauvette à tête noire (avec au moins 8 couples). Le cortège des buissons est bien représenté avec 2 couples d'Hypolaïs polyglotte et 2 couples de Fauvette grisette. C'est aussi le seul où le cortège des milieux ouverts est représenté avec notamment la Linotte mélodieuse (présente sur la base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny (appelée également zone ITE), espèce classée comme « Vulnérable » dans la liste rouge nationale. Enfin, il faut mentionner aussi la présence d'un Faucon crécerelle qui chasse sur le site mais dont le site de nidification n'a pas été identifié.

Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias.

**Groupes concernés : avifaune commune, espèce végétale invasive**

- **OA 0808P - Avenue Henri Dunant Villiers**



L'ouvrage se localise sur des espaces verts de pied d'immeuble très entretenu. Les talus ferroviaires étant les sites les plus intéressants pour la faune et la flore ne font pas l'objet d'aménagement.

Les talus de chemins de fer constituent des refuges pour des espèces comme la Fauvette à tête noire ou le Troglodyte mignon (au moins 3 couples). La partie Nord est plutôt occupée par des immeubles et la partie Sud, par un quartier pavillonnaire, favorable à la présence d'espèces de parcs et jardins. Au total, 14 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. A noter que le Héron cendré a été observé en transit sur ce site. Parmis elles, 11 espèces sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **OA 0807P – Sentier des Marins**



L'ouvrage se concentre sur un délaissé ferroviaire en bord de voies encore fonctionnelles. Le site est dégradé et fait l'objet de zone de dépôts anarchiques qui fragilisent les potentialités d'accueil du site. Le site présente toutefois des potentialités de présence d'espèces communes (oiseaux et reptiles).

**Groupes concernés : avifaune commune, reptile**

- **OA 0804P – Place des Yvris**

L'ouvrage est situé dans une zone urbanisée moyennement dense avec des quartiers résidentiels et quelques lambeaux forestiers.

Parmi les espèces liées à la présence d'arbres figurent le Rougegorge familier, le Grimpereau des jardins, la Fauvette à tête noire, le Pinson des arbres ou encore le Troglodyte mignon. La Perruche à collier fréquente également le site. Au total 17 espèces d'oiseaux ont été contactées dont 11 sont protégées. La place des Yvris présente un intérêt floristique puisque le Gaillet de Paris, très rare en Ile-de-France s'est adapté au contexte parisien et se rencontre à l'ouest de la place.

**Groupes concernés : avifaune commune, flore patrimoniale**

- **OA 0803P - Rue du Ballon**

L'ouvrage se localise en bord de voirie, sur un secteur globalement boisé, présentant un intérêt pour la faune locale comme le cortège d'oiseaux des milieux boisés. Ce site est essentiellement occupé par des quartiers résidentiels où se dressent parfois de grands arbres favorables aux espèces cavernicoles (nichant dans les troncs). Le cortège forestier est bien représenté avec le Pinson des arbres, la Fauvette à tête noire, le Grimpereau des bois, le Troglodyte mignon et le Geai des chênes au côté des Mésanges bleue et charbonnière.

Au total, 16 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 10 espèces sont protégées.

**Groupes concernés : avifaune commune**

- **SMI de Vitry**



Le Site de Maintenance des Infrastructures s'étend de la gare des Ardoines jusqu'à un secteur plus au sud en passant le long des voies ferroviaires pour assurer la liaison entre les deux entités.

Le secteur est totalement urbanisé à l'exception de quelques friches éparses et de très faibles surfaces qui s'installent entre deux industries.

**Groupes concernés : reptile**

### 1.10.3.2 Impacts sur l'avifaune commune

**Ouvrages concernés :**

- Gares : Pont de Sèvres, Arcueil-Cachan, Vitry Centre, Le Vert de Maisons, Champigny Centre, Bry-Villiers-Champigny
- Ouvrages annexes : 2301P, 2101P, 2002P, 2001P, 1902P, 1901P, 1801P, 1702P, 1701P, 1501P, 1402P, 1003P, 0901P, 0808P, 0807P, 0804P, 0803P

*a. Identification des impacts bruts*

Les emprises chantier des ouvrages concernés intègrent des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux anthropiques et de type parcs et jardins et de milieux arborés. Toutefois, de nombreux habitats de report sont maintenus à proximité des éléments projet (berges de Seine, Ile de Monsieur, Ile Saint-Germain, parc de Billancourt, etc.).

Plusieurs espèces d'oiseaux sont susceptibles de nicher au niveau des emprises chantier qui sont actuellement des espaces verts relictuels entre les axes routiers très fréquentés, des parcs urbains, etc. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

*b. Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux*

**Le calendrier travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la **période de nidification des oiseaux**.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisées en automne/hiver précédant le démarrage des travaux.

*c. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux*

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur l'avifaune commune**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesure ER | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Oiseaux** | Faible | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Remise en état des sites après travaux | Faible à négligeable |
| | | Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation de la période de travaux | Faible à négligeable |
| | | Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Aucune mesure nécessaire | Faible à négligeable |

**Aucune espèce patrimoniale n'est présente au niveau des secteurs d'aménagement concernés. Seules des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes sont présentes. Seule la Bergeronette des ruisseaux, espèce patrimoniale d'enjeu modéré est présente au niveau du secteur d'aménagement de l'OA 1003P - Impasse de l'Abbaye, toutefois, les milieux de nidification probable de l'espèce ne sont pas impactés par le projet.**

**Les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre conduiront à des impacts résiduels faibles à négligeables sur les espèces d'oiseaux présentes.**

### 1.10.3.3 Impacts sur les reptiles

**Ouvrages concernés :**

- Gares : Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Bagneux, Le Vert de Maisons, Champigny Centre
- Ouvrages annexes : 1002P, 0901P, 0807P
- Site de maintenance : SMI de Vitry

*a. Identification des impacts bruts*

Les habitats présents au droit des secteurs d'aménagement concernés sont favorables au Lézard des murailles, espèce commune et ubiquiste dont la présence est potentielle bien que l'espèce n'ait pas été identifiée sur le terrain. L'impact est donc potentiel sur les habitats et les individus du Lézard des murailles. Le caractère ubiquiste de cette espèce et sa bonne capacité de recolonisation lui permettront de trouver des habitats de substitution à proximité de ceux impactés par le projet (parc Robespierre à proximité de la gare de Bagneux par exemple).



**Entrée du parc Robespierre non impactée**
(source : Société du Grand Paris – Biotope)

Au regard des capacités de déplacements de l'espèce, l'effet par destruction d'individus de Lézard des murailles (effet direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible et les simples mesures suivantes permettront de limiter cet impact.

De même, l'effet de dérangement des populations reste limité au regard du contexte urbain et des activités déjà présentes.

*b. Mesures de réduction*

**La mesure consiste à enlever les refuges pour le Lézard des murailles dans les secteurs d'aménagement concernés**. Des individus peuvent se situer au sein du secteur d'aménagement au niveau de murets bétonnés, de tas de pierre ensoleillés et de matériaux déposés. Afin d'éviter la destruction d'individus en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie). L'identification des habitats favorables à l'espèce sera réalisée par un écologue.

Malgré la présence d'habitats favorables au Lézard des murailles, l'espèce n'a pas été observée sur les secteurs d'aménagement concernés lors des expertises de terrain réalisées. Elle reste malgré tout potentiellement présente. Le passage d'un écologue durant la phase travaux permettra de confirmer ou non la présence de l'espèce. Dans le cadre où la présence de l'espèce serait avérée, des mesures complémentaires seront mises en œuvres : mise en place de caches de substitution.

La mise en place de ces caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure.

Pour cela, un certain nombre de principes seront respectés afin de garantir des capacités d'accueil optimales pour les reptiles et notamment le Lézard des murailles :

- Créer des petites structures (hauteur 1m -1,20 m) dans des endroits bien ensoleillés ;
- Utiliser des pierres d'origine locale ;
- Les nettoyer si elles proviennent d'un autre mur ;
- Disposer les pierres de façon à ce qu'elles ne bougent plus et que la face visible présente la stratification horizontale de la roche ;
- Ménager des rangs de tailles différentes permettant de maximiser la présence d'anfractuosités ;
- Combler certains espaces avec du sable.



**Exemples de murets en pierres sèches – © Biotope**

Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

L'identification des habitats favorables à l'espèce sera réalisée par un écologue chargé du suivi de chantier.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les reptiles**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Reptiles** | Faible | Dégradation voire destruction d'une partie des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Enlever les refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement<br>Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si l'espèce est avérée présente | Faible à négligeable |
| | | Destruction potentielle d'individus d'espèces communes<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement | Faible à négligeable |
| | | Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Aucune mesure nécessaire | Faible à négligeable |

**Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau des secteurs d'aménagement concernés, les habitats présents sont favorables au Lézard des murailles, espèce protégée considérée comme potentiellement présente.**

**L'enlèvement des éléments favorables à cette espèce et la mise en place de caches de substitution conduiront à un impact faible à négligeable sur l'espèce.**

### *1.10.3.4 Impacts sur la flore patrimoniale*

**Ouvrage concerné : [4]**

- Ouvrage annexe : OA 0804P – Place des Yvris

*a. Présentation de l'ouvrage annexe de la Place des Yvris*

L'ouvrage est situé dans une zone urbanisée moyennement dense avec des quartiers résidentiels et quelques lambeaux forestiers.

Parmi les espèces liées à la présence d'arbres figurent le Rougegorge familier, le Grimpereau des jardins, la Fauvette à tête noire, le Pinson des arbres ou encore le Troglodyte mignon. La Perruche à collier fréquente également le site. Au total 17 espèces d'oiseaux ont été contactées dont 11 sont protégées.[5]

La place des Yvris présente un intérêt floristique puisque le Gaillet de Paris, très rare en Ile-de-France s'est adapté au contexte parisien et se rencontre à l'ouest de la place.

*[4] Les impacts sur la flore patrimonaliale localisée sur le site de la gare d'Issy/vanves/Clamart sont traités dans le chapitre spécifique lié à cet ouvrage*

*[5] Les impacts et mesures associés à la présence de l'avifaune sont détaillés dans le chapitre relatifs aux impacts sur l'avifaune commune.*





**Abords du secteur d'aménagement** (source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014)

*b. Identification des impacts bruts sur la flore patrimoniale*

Les stations de Gaillet de Paris sont situées sur l'emprise chantier là où sera aménagé l'aménagement définitif de l'ouvrage. Les stations sont donc menacées de destruction et de disparition suite à l'aménagement du site.

*c. Mesures de réduction à titre expérimental*

Une convention sera établie avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien (CBNBP) afin de définir en amont des travaux un protocole de transplantation ou de récolte de graines des espèces impactées.

Les stations de flore pourront être déplacées à l'est du site où le milieu est similaire. **Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé.** La pertinence de la transplantaiton sera évaluée dans le cadre du partenariat entre la Société du Grand Paris et le CBNBP. Ces protocoles feront l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un. Sur ce site, il s'agit de déplacer la station de Gaillet de Paris sur un secteur non impacté.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la flore patrimoniale**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Flore patrimoniale** | Fort à Faible selon les espèces | Destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales | Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées | Faible |

**Une espèce végétale patrimoniale est présente sur le secteur d'aménagement de l'ouvrage annexe de la Place des Yvris.**

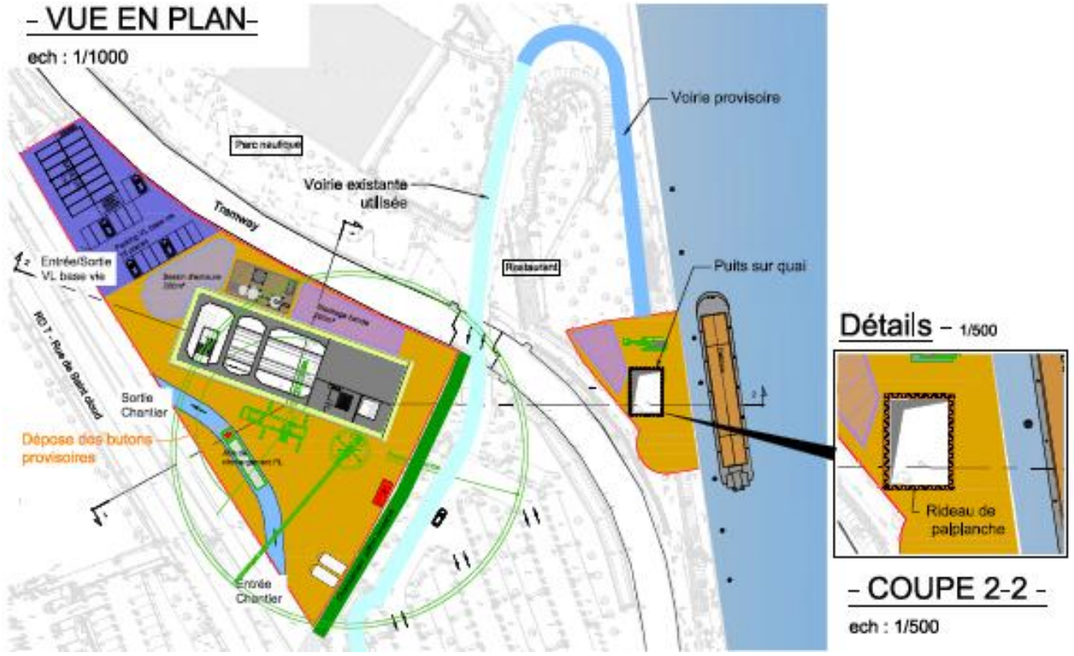
**Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.**

### *1.10.3.5 Impacts sur les insectes patrimoniaux – OA Ile de Monsieur*

**Ouvrage concerné :**

- Ouvrage annexe : OA 2301P – Ile de Monsieur

*a. Présentation de l'ouvrage de l'Ile de Monsieur*



### b. *Impacts et mesures sur la Flore*

Le site présente une mosaïque de milieux aquatiques, friches prairiales à tendance humide et friches sèches. Le site héberge une espèce patrimoniale : la Molène pulvérulente.

La Molène pulvérulente est une espèce thermophile des friches sèches présente ici en bord de voie de tramway au sud du Pont-de-Sèvres.

- **Identification des impacts bruts sur la Flore**

Aucune station de flore patrimoniale n'est impactée par le projet au vu de la localisation des emprises chantier et de l'ouvrage (carte ci-caprès).

Aucune mesure d'évitement ou de réduction n'est donc nécessaire.

### c. *Impacts et mesures sur la Faune*

Les aménagements de berges depuis le Pont de Sèvre jusque sur l'Ile de Monsieur sont favorables aux insectes ubiquistes ou de milieux herbacées. Deux espèces patrimoniales ont été observées durant les expertises de 2014 : la Grisette (Carcharodus alceae) et la Naïade aux yeux bleux (Erythromma lindenii) dont l'enjeu de conservation est faible à l'échelle régionale.

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux anthropiques et des parcs et jardins sont les plus représentés sur le secteur de l'Ile de Monsieur avec 12 espèces d'oiseaux identifiées dont 9 protégées. Les espèces les plus représentées sont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres et la Fauvette à tête noire, toutes communes en Ile-de-France.

- **Identification des impacts bruts sur la Faune**

L'emprise chantier du puits de départ de tunnelier impacte principalement des habitats de type parc et jardins ainsi que des zones de fourrés conduisant à une diminution des habitats favorables aux espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité de l'aménagement, constituant ainsi des zones de report pour les espèces concernées (milieux ouverts et parcs de l'Ile de Monsieur, habitats de fourrés et boisés le long des berges).

Par ailleurs, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Enfin, et au regard du contexte local marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

Concernant les insectes, les habitats présents le long des berges de type parcs et jardins seront en partie investi par la phase chantier et la zone de stockage. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité de l'aménagement, constituant ainsi des zones de report pour la Grisette (clairières, allées forestières, fleurs de ronces et chardons) et la Naïade aux yeux bleu (habitat riche en végétation proche des eaux stagnantes ou à faible courant). Ces milieux ouverts et humides sont largement présents au niveau du site de l'Ile de Monsieur.

- **Mesures d'évitement**

Concernant les insectes, un fauchage précoce des herbes et arbustes est préconisé afin de rendre la zone défavorable aux papillons présents à savoir la Grisette et la Naïade aux yeux bleu.

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

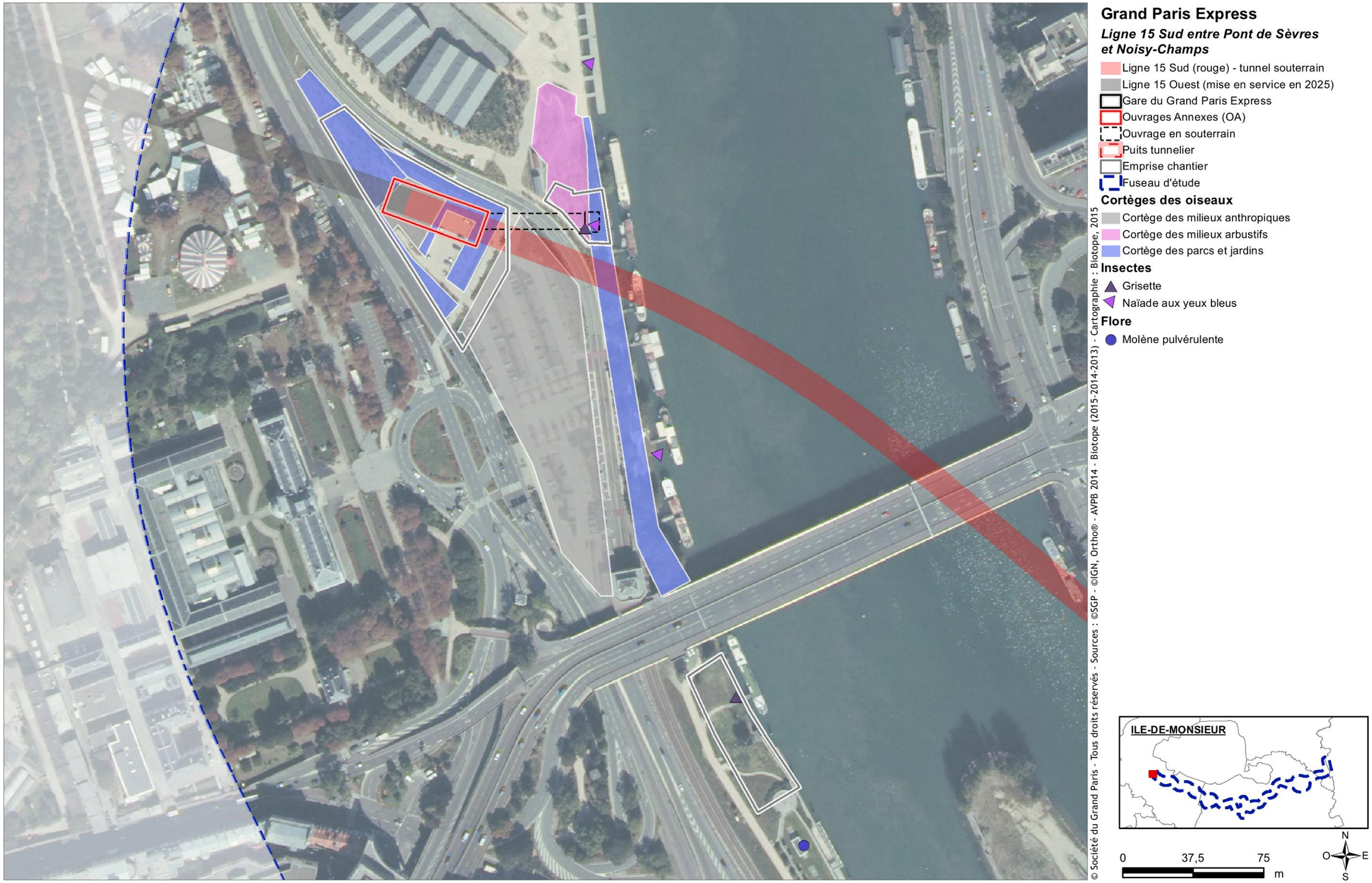
**Synthèse des impacts résiduels sur la faune et la flore**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Insectes** | Faible | Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats favorables aux insectes<br>Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Faible |
| | | Destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Rendre la zone défavorable pour le groupe | Faible |
| **Oiseaux** | Faible | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Remise en état du site après travaux | Faible |
| | | Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation de la période de travaux | Faible |
| | | Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |

**Deux espèces d'insectes patrimoniales sont présentes au niveau du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur et des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes ont été identifiées. Par ailleurs, une espèce végétale patrimoniale est présente à proximité du secteur d'aménagement mais ne sera pas impactée par le projet.**

**Les mesures mises en œuvre pour les insectes et les oiseaux conduisent à des impacts résiduels faibles.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur**



### *1.10.3.6 Impacts sur la faune et la flore patrimoniale – Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart*

*a. Présentation de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart*

Le secteur d'aménagement de la gare s'installe sur une mosaïque de milieux avec des zones rudérales, des friches et fourrés parfois complétés par des boisements rudéraux où le Lézard des murailles (espèce protégée à l'échelle nationale) a été observé. Ces milieux permettent l'expression de 6 espèces d'oiseaux dont 2 sont protégées. L'accotement entre les voies ferrées et la route présente une friche prairiale où a été localisée une station de Molène Pulvérulente.






**Portfolio des milieux présents au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart**

*b. Impacts et mesures sur la Flore*

Cette friche ferroviaire accueille la Molène pulvérulente, espèce patrimoniale rare en Ile-de-France. Cette espèce de friches thermophiles est présente sur la zone de friche au sud de la Gare.

Rare en Ile-de-France, cette espèce représente une enjeu de conservation modéré à l'échelle du fuseau d'étude.

- **Identification des impacts bruts**

La station de Molène pulvérulente est incluse dans l'emprise travaux. Sur ce secteur sud, une modification du terrain est envisagée avec la possibilité de créer un talus.

- **Mesures de réduction**

Au regard du projet et de l'aménagement futur au sud de la gare, la station de Molène pulvérulente peut être préservée par balisage de la station et mise en défend en phase travaux.




Une mise en défend de la station s'effectuera avant la mise en place de la base chantier par l'écologue en charge du suivi du chantier.

L'écologue en charge du suivi des mesures effectuera une visite de terrain durant les périodes de floraison de l'espèce soit entre mars et avril. Si la présence de l'espèce est avérée dans le secteur d'aménagement ou à proximité des zones de passage des engins, un balisage de la station sera effectué dans la mesure du possible.





**Exemple de balisage lors d'un chantier – source : Biotope**

Si le balisage ne s'avère pas possible au regard des contraintes techniques du projet, l'espèce fera l'objet d'un protocole de déplacement et/ou de recueil des bulbes qui seront transmis au Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien dans le cadre d'un protocole conventionné.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, seuls les cortèges d'oiseaux des milieux arbustifs et des parcs et jardins ainsi que le Lézard des murailles ont été identifiés.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier intègre la quasi-totalité des habitats d'espèces identifiés (Lézard des murailles et cortèges d'oiseaux des milieux arbustifs et des parcs et jardins) conduisant à une diminution des habitats favorables aux espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité des impacts, constituant ainsi des zones de report pour les espèces concernées (milieux arbustifs des habitations ou des espaces publics pour les oiseaux et voies ferrées et leurs abords pour le Lézard des murailles). Par ailleurs, toutes les espèces concernées sont communes et non menacées en Ile-de-France.

Plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement. En ce qui concerne le Lézard des murailles, il présente de bonnes capacités de déplacements ce qui réduit les risques de destruction d'individus lors de la phase chantier. Les œufs et les juvéniles restent toutefois vulnérables lors des travaux.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux et pour le Lézard des murailles sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

De plus, l'aménagement d'un muret en pierres sèches permettra de restaurer un habitat favorable au Lézard des murailles et ainsi de réduire les impacts par perte d'habitat favorable.

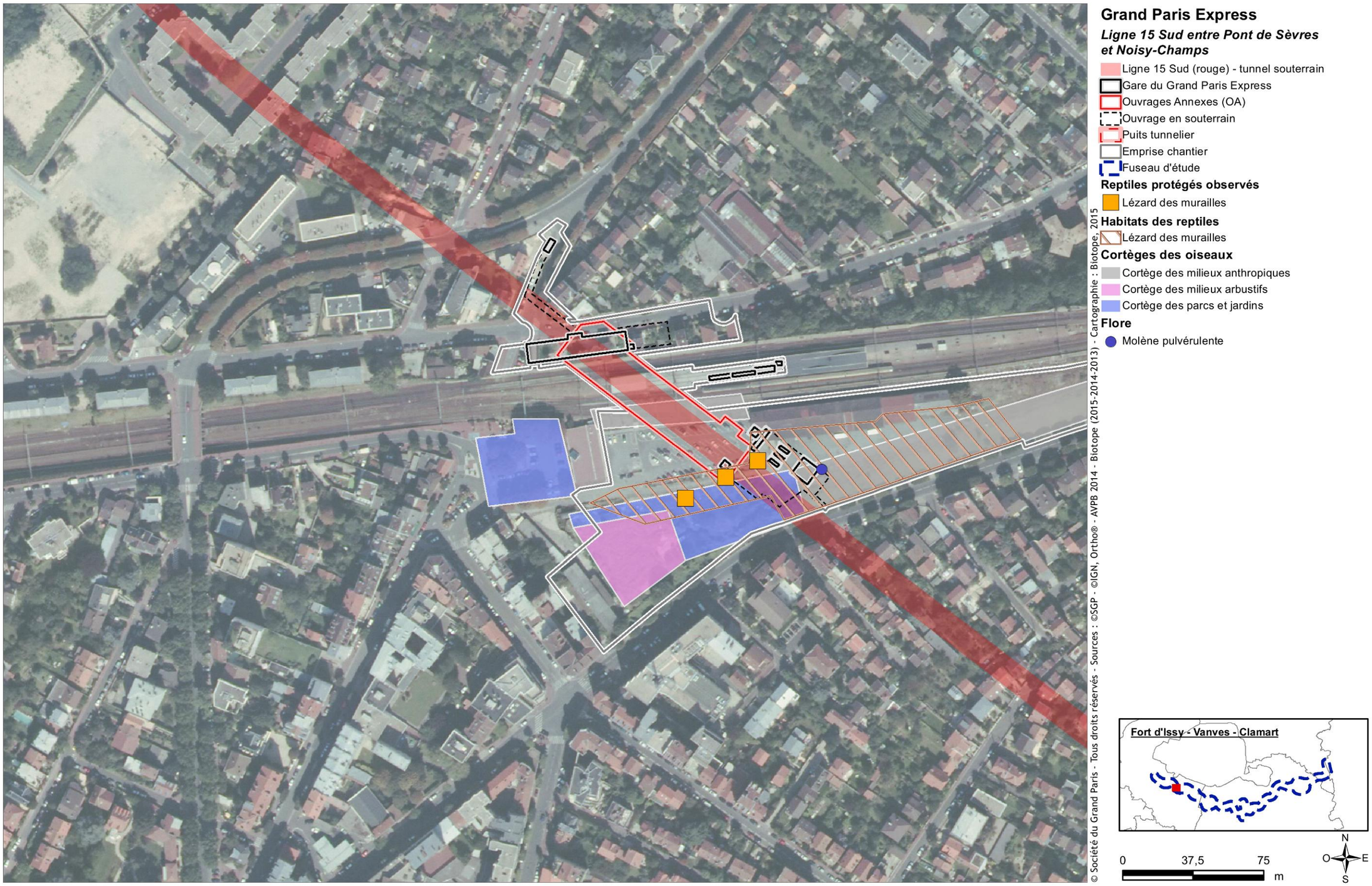
**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Flore patrimoniale** | Modéré | Dégradation voire destruction de la station | Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier | Faible à négligeable |
| **Reptiles** | Faible | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce mais nombreux habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aménagement d'un muret en pierres sèches | Faible |
| | | Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier | Faible |
| | | Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Oiseaux** | Faible | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Remise en état des sites après travaux | Faible |
| | | Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation de la période de travaux | Faible |
| | | Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |

**Une espèce végétale patrimoniale est présente au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart. Par ailleurs, des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes ont été identifiées et le Lézard des murailles, espèce également commune et ubiquiste est présente.**

**Les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faible à négligeable.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart**



### 1.10.3.7 Impacts sur les milieux en eau

**Ouvrages concernés :**

- Ouvrages annexes : 2201P, 1101P

*a. Identification des impacts bruts*

Bien que sans enjeu identifié pour la faune ou la flore, la mise en place d'une base chantier à proximité immédiate des quais implique la mise en place de mesures simples afin d'éviter toute pollution accidentelle, chute de matériaux dans le milieu aquatique.

*b. Mesure de réduction du risque de déchets flottants*

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversés en Seine et créer une pollution flottante (plastiques, bois, etc.).

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Des barrages flottants seront implantés autour des zones de travail. Ils permettront de récupérer les déchets flottants qui seront ensuite collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

*c. Mesure de réduction liée à la chute de matériaux dans la Marne*

Dans l'objectif de limiter la chute de matériaux dans la Seine, des barrages anti-MES seront disposés autour de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

*d. Mesure de réduction du risque de pollution accidentelle par les eaux de ruissellements et les eaux usées*

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum de la Seine afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargées en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures (déviation des voies sur berges sur l'estacade) devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement en Seine. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés de la Marne,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité de la Seine.,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des berges de Seine en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement en Seine,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées,
- Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, seront conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier respectera les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et la gestionnaire du réseau.

Les mesures d'évitement proposées seront mises en œuvre dès la première phase des travaux lors de la mise en place de la zone de stockage et de la base de vie du chantier.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les milieux en eau**

| Groupe | Niveau enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Milieux aquatiques** | Faible | Déchets flottant dans la Seine | Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier | Faible |
| | | Chute de matériaux et sédiments | Mise en place de barrière anti-MES | Faible |
| | | Pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées | Mesures simples de prévention | Faible |

**Aucune espèce patrimoniale et aucun enjeu pour la faune ou la flore n'ont été identifiés au niveau des secteurs d'aménagement concernés (OA 2201P et OA 1101P).**

**Toutefois, en raison de la proximité de la base chantier avec la Seine, des mesures de réduction seront mises en place afin d'éviter au maximum toute pollution accidentelle, chute de matériaux en Seine, etc. La mise en œuvre de ces mesures conduit à un impact résiduel faible sur les milieux aquatiques.**

### 1.10.3.8 Impacts sur les continuités écologiques en contexte urbain – Gare Issy RER

a. *Présentation de la gare d'Issy RER*

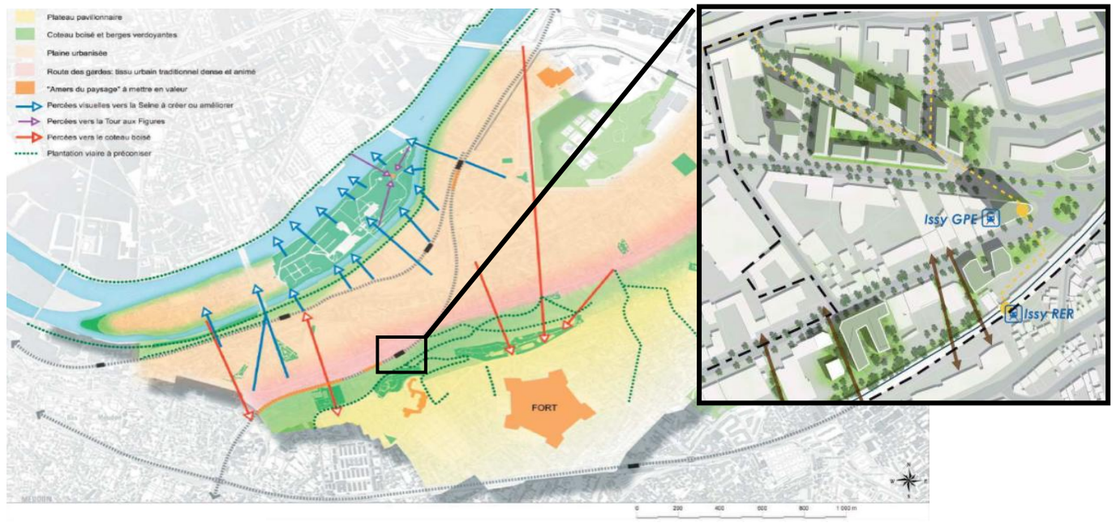
La gare d'Issy RER s'inscrit au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un contexte très urbain qui présente des espaces verts relictuels : friche en bordure de voie et alignements d'arbres.



**Abords du secteur d'aménagement – Source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

Ces espaces relictuels sont gérés de manière intensive et laissent peu de place à une végétation spontanée. Les alignements peuvent servir de support pour la faune commune : zone de repos pour l'avifaune, etc. Toutefois, au regard des milieux de report alentours, la mise en place de la base chantier et de la gare n'impacte pas la faune, la flore ou les milieux naturels.

Une liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne est toutefois identifiée sur ce secteur par le Schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Cette continuité s'appuie notamment sur les talus des voies ferrées et les alignements d'arbres des avenues et des espaces verts alentours.




**Extrait du PLU d'Issy les Moulineaux (PADD) et première esquisse de la ZAC Léon Blum, janvier 2014 (source : architecte SYNTHSE)**

b. *Identification des impacts bruts*

En contexte urbain, les continuités écologiques sont parfois éparses et le déplacement des espèces peut localement être assuré par le processus de « pas japonais » illustré sur la figure ci-contre.

Au niveau de la gare construite à ciel ouvert, les arbres présents seront abattus participant ainsi à une réduction de la fonctionnalité de liaison verte qui subsiste grâce aux milieux semi-naturels relictuels sur ce secteur.

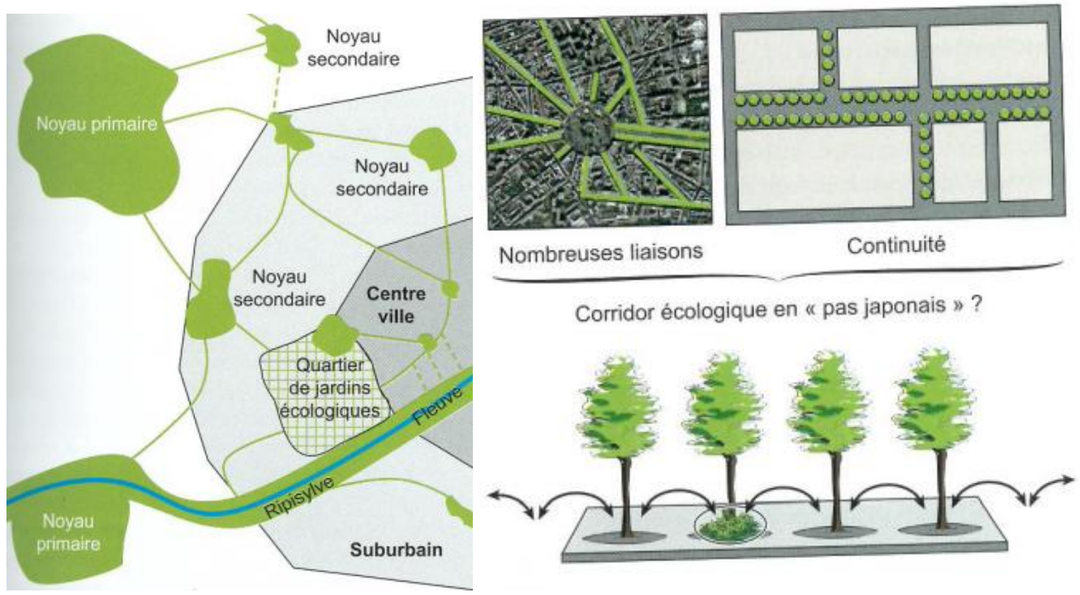



**Illustration du processus de « pas japonais » en contexte urbain – source : Philippe Clergeau et Nathalie Blanc[6]**

c. *Mesures de réduction visant à conforter la liaison verte du SRCE*

Dans l'optique de conforter ces continuités vertes pour l'ambiance paysagère qu'elles dégagent, la révision du PLU d'Issy-les-Moulineaux indique qu'au moins 50% de l'espace libéré entre les constructions et les emprises publiques devra être traité en espace vert planté d'arbres. L'espace libéré devra faire l'objet d'un traitement minéral et paysager soigné qui mettra en valeur l'espace urbain.

Dans le cadre de la remise en état du site après chantier, les replantations devront respectées la charte paysagère et écologique d'aménagement de la ZAC Léon Blum ainsi que le PLU de la commune.

À ce stade du projet, la conception du traitement paysager et écologique reste limitée et devra faire, à l'avenir, l'objet de discussion avec la ville et le CG 92 (cf. note architecturale de la gare d'Issy-les-Moulineaux – source : SGP).

---

[6] Philippe Clergeau et Nathalie Blanc, *Trames vertes urbaines de la recherche scientifique au projet urbain,* Ed. Le Moniteur, 2013

Toutefois, les futures discussions autour de l'aménagement écologique et paysager des abords de la gare entrent pleinement dans une démarche de réduction des impacts sur la liaison verte citée précédemment. Les prescriptions de replantation suivent les actions déjà menées par la ville via son Agenda 21 et s'inscrivent dans la même dynamique environnementale :

- Replantation sur bande stabilisée enherbée ou fleurie d'espèces non invasives
- Choix d'essence locale non invasives et adaptées aux contraintes urbaines



**Exemple d'alignement d'arbre sur sol non imperméabilisé – source : Biotope**

Ces plantations rentrent dans le cadre d'une amélioration de la fonctionnalité de la liaison verte suite aux déboisements de la phase chantier.

Cette liaison verte étant constituée principalement de parcs urbains et de talus ferroviaires, elle retrouve donc une fonctionnalité intéressante avec la replantation d'arbres additionné à une strate herbacée en pied d'arbres.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les continuités écologiques**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| Continuités écologiques | Faible | Diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (définit par le SRCE) | Remise en état des abords de la gare par intégration paysagère et notamment replantation d'arbres sur sol végétalisé (non imperméabilisé) | Négligeable |

**Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER, une liaison d'intérêt pour Paris et la Petite Couronne est mise en évidence par le SRCE Ile-de-France.**

**La remise en état des abords de la gare par un traitement paysager conduira à un impact négligeable sur les continuités écologiques.**

### *1.10.3.9 Impacts sur la faune commune et les continuités écologiques – Cimetière Parisien*

*a. Présentation de l'OA 1902P - Cimetière Parisien*

Cet ouvrage se situe dans l'enceinte du cimetière, en bordure nord-ouest qui accueille une faune commune comme le cortège d'oiseaux des milieux anthropiques.

L'emprise chantier s'insère en bordure nord-ouest du cimetière impactant cinq arbres de l'alignement d'entrée et quelques plants éparses principalement utilisés comme support dans les déplacements des espèces.

Ce cimetière est considéré comme un secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne par le SRCE Ile-de-France. Le site est également relié avec une liaison d'intérêt allant jusqu'au parc de Sceaux.




**Abords du secteur d'aménagement**
(source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014)

*b. Identification des impacts bruts*

Les espèces concernées sont communes et adaptées à un contexte urbain, les dérangements pour les oiseaux sont donc en partie existants. En revanche, l'emprise chantier s'installe sur des milieux semi-naturel, support pour le nourrissage, le déplacement ou pour la nidification. Or, la période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Concernant les continuités écologiques, le cimetière est considéré comme une entité de type « réservoir de biodiversité ». La mise en place de la base chantier n'impacte toutefois pas la fonctionnalité globale du site malgré le déboisement de quelques arbres pour installer les zones de stockage.

*c. Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux*

**Le calendrier des travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la **période de nidification des oiseaux**.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

*d. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux*

**Les emprises chantier seront réaménagées** à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

| Groupe | Niveau enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Oiseaux** | Faible | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Remise en état des sites après travaux | Faible à négligeable |
| | | Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation de la période de travaux | Faible à négligeable |
| | | Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Aucune mesure nécessaire | Faible à négligeable |

**Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER, une liaison d'intérêt pour Paris et la Petite Couronne est mise en évidence par le SRCE Ile-de-France. Par ailleurs, des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes sont présentes sur ce secteur d'aménagement.**

**Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.**

### *1.10.3.10 Impacts liés à la présences d'espèces végétales invasives*

**Ouvrages concernés :**

- Gares : Bry-Villiers-Champigny

*a. Présentation de la gare de Bry-Villiers-Champigny*

La gare se localise sur une friche boisée occupée par des gens du voyage. Le secteur est extrêmement dégradé du fait de l'occupation du site. La présence de zones arborées favorise toutefois l'accueil d'oiseaux communs du cortège arboré. Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias.

*b. Identification des impacts bruts*

Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation du Robinier Faux Acacias, espèce végétale invasive.

*c. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux*

**Les emprises chantier seront réaménagées** à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par l'ouvrage.

*d. Mesures de réduction limitant le risque de propagation des invasives*

Afin de réduire au maximum les risques de propagation des invasives, la station considérée fera l'objet d'une délimitation en amont des travaux de défrichement. Cette action se fera en présence d'un expert écologue.

Celui-ci donnera suite à une éradication des stations les plus localisées ou un isolement des stations susceptibles d'être favorisées par le chantier et dont la destruction ne pourrait être conduite en intégralité (méthode d'éradication étudiée en fonction de l'espèce observée avant le démarrage des travaux).

Par ailleurs, toute dispersion des espèces végétales invasives en phase chantier sera évitée (notamment lors de l'exportation des déblais). L'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Si cet export doit être réalisé, la terre sera contenue dans des systèmes clos (camions bâchés) et subira un traitement permettant la destruction de l'ensemble des propagules (compostage en site contrôlé).

Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement à l'aide de semences d'espèces herbacées locales pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

Des mesures spécifiques (nettoyage du matériel et des engins, en particulier les godets, roues, chenilles, etc.) seront mises en œuvre afin d'éviter la propagation d'espèces invasives avant que les engins de terrassement ne quittent le chantier.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les espèces végétales invasives**

| Groupe | Niveau d'enjeu | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|---|
| **Espèces invasives** | Faible | Risque de propagation des invasives | Délimitation des stations<br>Eradication, isolement et traitement spécifique si nécessaire<br>Revégétalisation par des semences d'espèces herbacées<br>Nettoyage spécifique du matériel de chantier | Faible à négligeable |

**Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité du secteur d'aménagement de la gare de Bry-Villiers-Champigny.**

**Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.**

## 1.10.4 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques significatifs

### *1.10.4.1 Impacts sur la faune et la flore patrimoniale – Gare de Villejuif Insitut Gustave Roussy*

*a. Présentation de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy*

La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) s'insère au nord du parc départemental des Hautes Bruyères, ancienne carrière de sablons qui a été végétalisée et convertie en parc urbain.

Le parc est notamment équipé d'un jardin de plantes médicinales et d'un espace d'aventure archéologique avec l'aménagement d'un réseau de mares. La rigole de la Redoute à l'extrémité est du parc a récemment fait l'objet d'aménagement paysager.



**Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

La gare Villejuif IGR est une gare double en correspondance entre deux lignes du Réseau de Transport du Grand Paris, les lignes Bleue et Rouge.

La construction de la gare est prévue à ciel ouvert avec une emprise chantier (en marron sur le schéma ci-contre) au sud-ouest de l'installation définitive (en rose sur le schéma ci-contre).

La circulation de chantier se fait à travers le parc pour passer sous l'A6 selon l'itinéraire défini par la flèche rouge du schéma. Les voiries actuelles et les circulations piétonnes au nord de la gare sont maintenues.

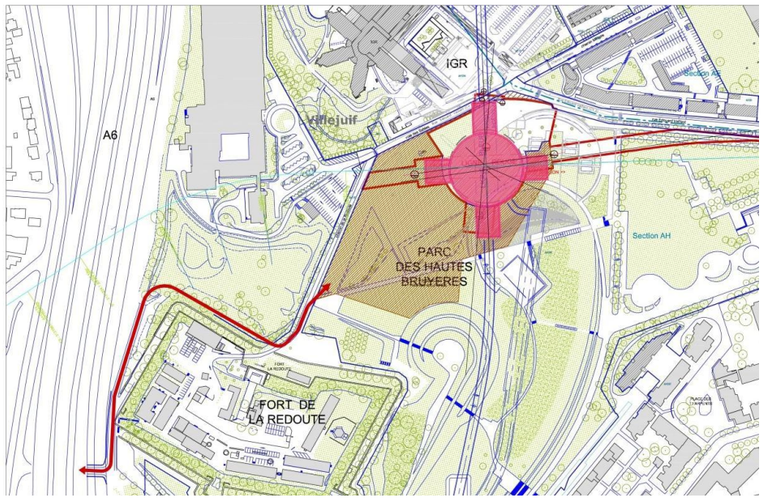



**Schéma de l'emprise de la gare, de l'emprise chantier et de l'itinéraire chantier des engins © SGP**

*b. Impacts et mesures sur la Flore*

Le parc présente une mosaïque de milieux intéressante pour la flore et la faune. En particulier, plusieurs stations d'espèces végétales très rares en Ile-de-France s'observent au nord du parc. Plusieurs stations de Gesse de Nissole, très rare en Ile-de-France et extrêmement rare dans le Val-de-Marne s'observent au niveau des friches mésophiles. Le Chardon à petits capitules, espèce liée aux friches thermophiles est quant à elle présente au nord-ouest du parc sur un habitat de friche.

- **Identification des impacts bruts**

Les stations de Chardon à petits capitules sont incluses dans l'emprise chantier et seront donc directement impactées lors des travaux de réalisation de la gare.

La Gesse de Nissole est quant à elle située en dehors de l'emprise chantier et ne sera pas impactée par les travaux.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en place pour la station de Chardon à petits capitules.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Une convention avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien (CBNBP) sera établie afin de définir un protocole de transplantation ou de récolte de graines des espèces impactées.

Les stations de flore pourront être déplacées à l'est du site où le milieu est similaire. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. La pertinence de la transplantaiton sera évaluée dans le cadre du partenariat entre la Société du Grand Paris et le CBNBP. Ces protocoles feront l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un. Sur ce site, il s'agit de déplacer la station de Chardon à petits capitules sur un secteur non impacté.

Les stations transplantées seront balisées et mise en défend durant une année afin d'éviter tout piétinement ou perturbation du milieu.

*c. Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins ont été identifiés. Au total 18 espèces ont été contactés. Ces espèces ne sont toutefois pas considérées comme patrimoniales mais 11 sont protégées.

Par ailleurs, plusieurs milieux aquatiques favorables aux amphibiens sont présents : le réseau de mares du parc accueille le Crapaud Calamite, le triton ponctué et la grenouille verte et la rigole de la Redoute à l'extrémité est du parc accueille l'Alyte accoucheur.

Plusieurs espèces patrimoniales d'insectes (Conocéphale gracieux et Azurée des cytises toutes deux protégées et la Decticelle carroyée, la Decticelle charginée, la Decticelle bariolée, le Criquet marginé et la Grisette, le Souci) sont présentes.

La Pipistrelle commune et le Lézard des murailles ont par ailleurs été identifiés au niveau du fort par Urban Eco dans le cadre de l'étude d'impact pour le projet « Campus Grand Parc ».

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier n'intègre qu'une très faible proportion des habitats favorables au cortège d'oiseaux des parcs et jardins et ne concerne pas les habitats favorables aux autres cortèges. Par ailleurs, De même, les habitats favorables à la Pipistrelle commune ne sont pas impactés par le projet.

*A contrario*, l'emprise chantier intègre une superficie significative des habitats favorables aux insectes et notamment au Conocéphale gracieux et à l'Azurée des cytises. Ces habitats (sur une surface de 1,53 ha) seront amenés à être dégradés voire détruits. Bien que les habitats de report restent limités à proximité des impacts, il est à souligner que le Conocéphale gracieux est une espèce peu exigeante et s'accommode de terrains perturbés. La dégradation voire la destruction de ces habitats conduira à un impact sur les populations d'espèces.

Le Lézard des murailles n'a pas été observé au droit des emprises de la gares. Néanmoins, des habitats favorables à l'espèce (habitats anthropiques et thermophiles) sont présents au sein des emprises chantier de la gare.

Aucun habitat favorable aux amphibiens (habitat aquatique de reproduction et habitats terrestres d'hivernage) n'est impacté par le projet en raison de l'éloignement de la gare avec ces habitats. Par ailleurs, il est très peu probable que l'emprise chantier intersecte un axe de migration dans la mesure où les habitats favorables à ce groupe (aquatiques et terrestres) sont éloignés des emprises et séparées de celles-ci par des habitats peu favorables à ce groupe. Toutefois, la présence de deux espèces pionnières (Crapaud calamite et Alyte accoucheur) constitue un point de vigilance en phase travaux au cours de laquelle des habitats temporairement créés (ornières, mares temporaires) peuvent attirer ces deux espèces. Elles restent toutefois éloignées par rapport au projet et les populations identifiées ne sont pas à saturation.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux, de chiroptères, de reptile et d'amphibiens sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux et de chiroptères concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain et les amphibiens sont relativement éloignés de la gare qui pourrait être source d'une augmentation de la fréquentation humaine.

- **Mesures d'évitement**

L'emprise chantier ayant été définie au strict nécessaire, son emprise ne peut être réduite davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire l'impact par destruction/dégradation des habitats d'espèces (notamment d'insectes). Par ailleurs, et au regard des très faibles superficies d'habitats d'oiseaux concernées, aucune mesure d'évitement (adaptation du calendrier travaux) ne sera mise en œuvre.

- **Mesures de réduction**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum les risques de destruction d'individus d'amphibiens, des barrières anti-retour seront installées en amont de la phase chantier pour éviter la colonisation de ses emprises par ce groupe.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

De plus, l'aménagement d'un muret en pierres sèches permettra de restaurer un habitat favorable au Lézard des murailles et ainsi de réduire les impacts par perte d'habitat favorable.

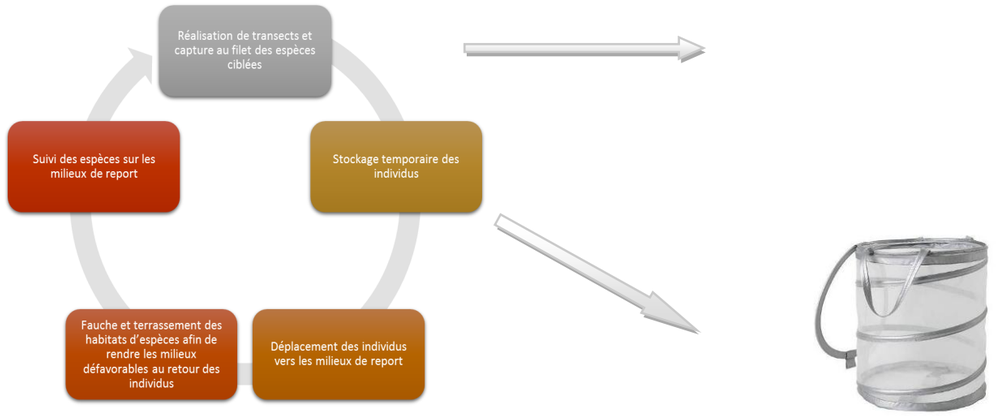
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[7], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.




**Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope**

<u>Localisation des habitats de reports</u>

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

[7] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

Sur le parc, le Conocéphale gracieux qui affectionne tous types de milieux herbacés, souvent hygrophiles à humides sera déplacé sur ce type de milieu présent en dehors des emprises chantier en partie centrale et au sud du parc (voir photographies des milieux ci-dessous).

Deux passages terrain seront réalisés en amont au démarrage des travaux afin d'assurer le déplacement d'un maximum d'individus



**Habitats présents au sud du parc et favorables au Conocéphale gracieux (source : Biotope, 2014)**

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

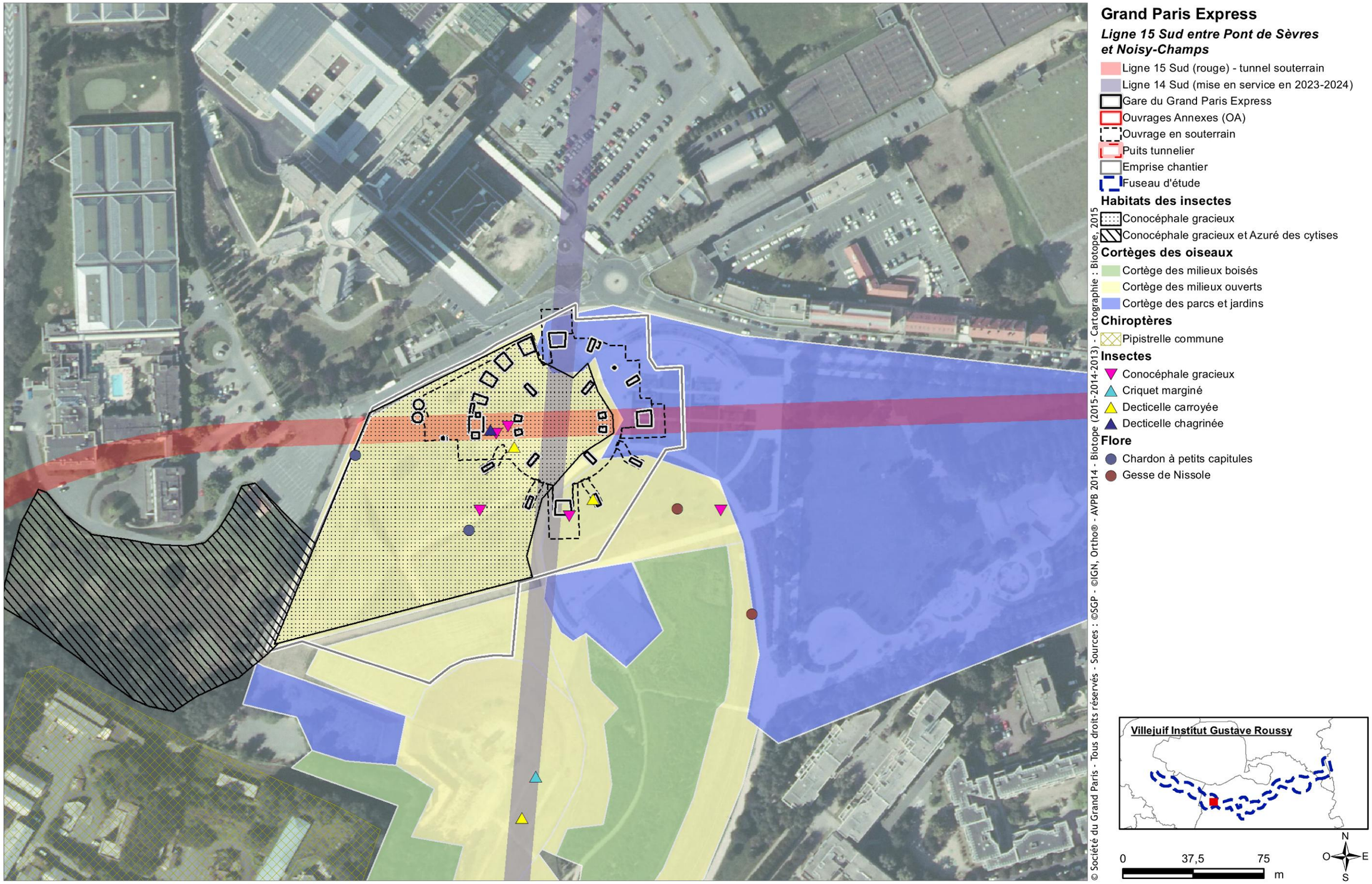
| Groupe | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|
| **Flore patrimoniale** | Dégradation voire destruction de l'habitat et des stations | Déplacement / Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées | Faible |
| **Insectes** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec peu d'habitats de report présents à proximité - Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction potentielle d'individus - Impact direct et permanent | Déplacement des populations des orthoptères<br>Fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes | Faible à modéré |
| **Oiseaux** | Dégradation voire destruction d'une faible superficie d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus très limitée en raison de la faible superficie d'habitats de nidification présents au sein des emprises chantier<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Reptiles** | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce mais nombreux habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aménagement d'un muret en pierres sèches | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Amphibiens** | Dégradation des habitats d'espèces très limitée (habitats en dehors des emprises chantier)<br>Impact direct et temporaire | Aucune mesure nécessaire | Négligeable |
| | Destruction d'individus limitée en raison de leur distance aux emprises chantier<br>Impact direct et permanent | Mise en place de barrières anti-retour | Négligeable |
| | Dérangement potentiel mais contexte déjà marqué par les activités humaines<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Chiroptères** | Dégradation d'habitats d'espèces et destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Négligeable |
| | Dérangement potentiel mais espèce commune et adaptée au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |

Légende : Impact résiduel significatif

**L'impact résiduel du projet par dégradation voire destruction des habitats de Conocéphale gracieux et d'Azurée des cytises est significatif (impact modéré) en raison de la perte permanente d'habitats d'espèces. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.**

**Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles et non significatifs.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy**



### 1.10.4.2 Impacts sur la faune et la flore patrimoniales – OA 1302P Friche Arrighi

a. *Présentation de l'ouvrage de la friche Arrighi*

La friche Arrighi est un ancien site EDF désaffecté. Les bâtiments ont été démontés mais le site reste marqué par son passé : présence d'un bassin (autrefois bassin de refroidissement), terrain de tennis, ancienne voie d'accès, etc.



**Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

L'ouvrage annexe de la friche Arrighi est également le lieu de départ d'un puits de tunnelier nécessitant une emprise chantier importante pour l'entrée du tunnelier et l'évacuation des déblais. Seule une petite emprise de la friche n'est pas impactée par le chantier au nord-ouest du site comprenant le bassin d'eau et des friches sèches sur sols en partie bétonnés.

b. *Impacts et mesures sur la Flore*

La présence de friches sèches et d'une relique de terrasse alluviale de la Seine est favorable aux espèces de friches xérophiles. Six espèces patrimoniales ont été identifiées sur cette friche : le Crépis fétide, le Séneçon visqueux, la Chondrille à feuilles de joncs, l'Œillet prolifère, la Vulpie ciliée et le Salsifis douteux.

- **Identification des impacts bruts**

L'ensemble des espèces végétales patrimoniales sont localisées au sein ou à proximité immédiate de l'emprise chantier du secteur d'aménagement de la friche Arrighi. Les stations d'espèces végétales patrimoniales seront donc directement impactées par le chantier.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en place concernant la destruction/dégradation des habitats.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Un déplacement des stations ou une récolte des graines de l'espèce sont préconisés. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. Ces protocoles feront faire l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un.

Les milieux de transplantation seront les suivants :

- Pour le Crépis fétide : friches ouverts thermophiles ou zones d'alluvions secs,
- Pour la Chondrille à feuilles de joncs : zones de friches urbaines,
- Pour l'œillet prolifère : pelouses rases sur des friches caillouteuses ouvertes,
- Pour la Vulpie cillée : pelouse sur alluvions ou sablosilicieuses,
- Pour le Salsifis douteux : zones rudérales, friches sèches.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés (dont le Faucon hobereau), arbustifs et ouverts ont été identifiés. Au total, 26 espèces d'oiseaux ont été contactés dont 17 protégées. À noter que la Bergeronnette des ruisseaux n'a été observée qu'en transit au niveau de la friche, qu'elle n'utilise donc pas pour nicher.

Les milieux ouverts présentent également un intérêt pour les orthoptères avec la présence de milieux xériques favorables à l'Œdipode turquoise, au Criquet italien ou à l'Œdipoode aigue-marine ainsi que des milieux thermophiles hauts favorables au Conocéphale gracieux. Le Lézard des murailles est également présent sur ces milieux.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier liée au puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi intègre une surface significative des milieux arborés, ouverts et anthropiques favorables aux cortèges d'oiseaux présents, conduisant ainsi à une diminution des disponibilités en termes de territoire pour les espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, l'intégralité des habitats de la friche ne seront pas impactés par les travaux. Les habitats maintenus constitueront des zones de report pour les espèces concernées. Par ailleurs, la plupart des espèces nicheuses identifiées sont communes à peu communes en Ile-de-France. La période de nidification reste toutefois une période critique pour les

œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

À noter le caractère nicheur possible du Faucon hobereau observé à deux reprises en train de chasser un Epervier d'Europe. Inféodées aux espaces boisés de la friche, les emprises chantier liées au puits d'entrée tunnelier seront à l'origine d'une diminution de son habitat.

Par ailleurs, les habitats favorables aux espèces d'insectes patrimoniales sont également intégrés aux emprises chantier et donc vouées à être dégradés voire détruits. En particulier, l'emprise chantier intègre la quasi-totalité des habitats favorables au Conocéphale gracieux (près de 0,15 ha) et à l'Œdipode turquoise (0,49 ha), espèces protégées à l'échelle régionale. Aucun réaménagement n'étant prévu à l'issue de la phase chantier au regard des projets urbains prévus sur le site, l'impact sera permanent. Les habitats de reports sont limités au quart nord-ouest de la friche, toutefois, ces espèces sont peu exigeantes et s'accommodent de terrains perturbés. Seul l'Œdipode aigue-marine, dont les habitats favorables sont situés à l'extérieur de l'emprise chantier à l'extrémité nord-ouest du site, ne sera pas impactée.

Les habitats favorables au Lézard des murailles sont inclus dans l'emprise chantier et sont donc également amenés à être dégradés. Toutefois, et en raison du caractère ubiquiste de cette espèce et de sa bonne capacité de recolonisation, le Lézard des murailles trouvera des habitats de substitution à proximité.

La destruction de ces milieux menace directement les populations d'espèces qui leurs sont inféodées. En particulier, cette dégradation de milieux sera à l'origine d'impacts sur les populations d'insectes présentes. En ce qui concerne le Lézard des murailles, et au regard de ses capacités de déplacement, l'impact du projet sur les populations de cette espèce sera limité.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux et de reptiles sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisées en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesure de suivi spécifique au Faucon hobereau**

Une mesure de suivi spécifique au Faucon hobereau sera mise en œuvre en amont du démarrage des travaux afin de vérifier la présence de l'espèce. En effet, le Faucon hobereau n'est pas une espèce fidèle à son nid et l'identification de cette espèce comme nicheuse possible en 2014 ne présage pas de sa présence lors des travaux prévus à partir de 2017. Pour cela, des expertises complémentaires seront réalisées en 2016. Si la présence de l'espèce était confirmée à l'issue de ces expertises complémentaires, son lieu de nidification précis serait déterminé et évité dans la mesure du possible.

Par ailleurs et afin d'éviter tout risque d'extension de l'emprise chantier, notamment au nord-ouest de la friche où des habitats naturels sont maintenus, les emprises chantier seront délimitées.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables au Lézard des murailles**

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus du Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux et d'Œdipode turquoise constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[8], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

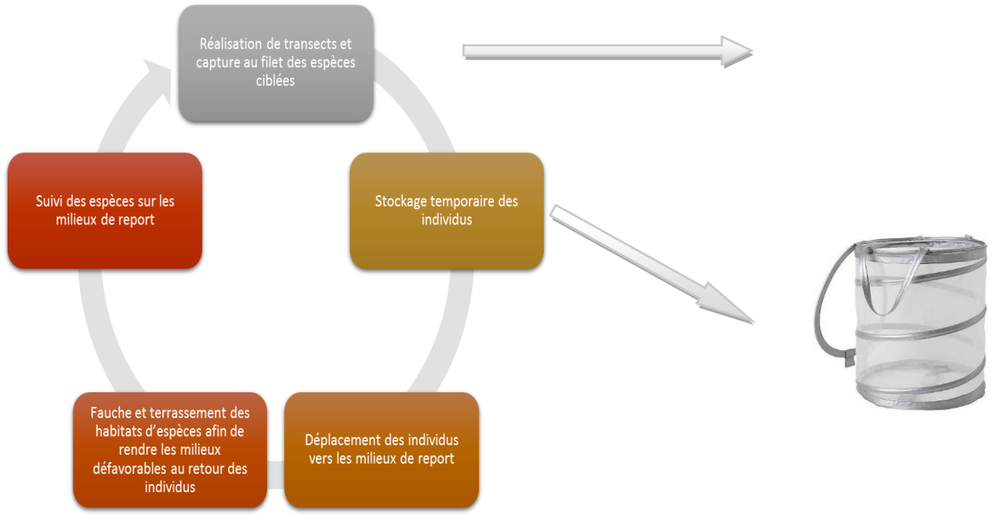
<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

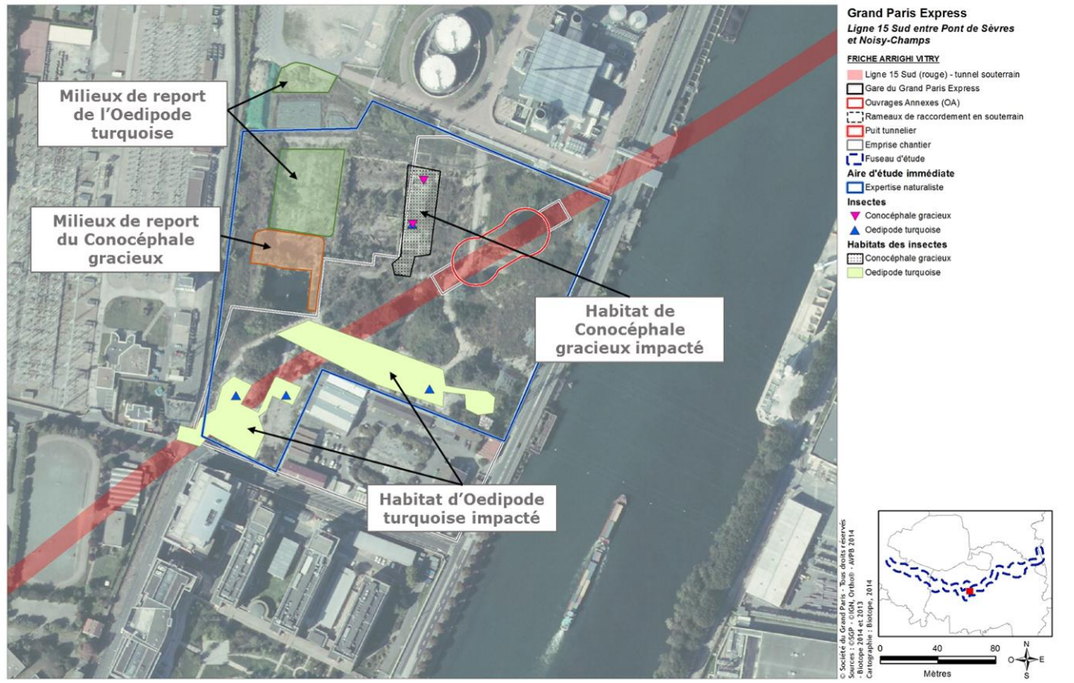
Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.

Deux passages terrain seront réalisés en amont au démarrage des travaux afin d'assurer le déplacement d'un maximum d'individus.

[8] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.




**Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope**




**Localisation des milieux de report pressentis pour le déplacement des espèces d'insectes protégées**

Localisation des habitats de reports

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

Sur la friche Arrighi, deux espèces d'orthoptères protégées sont impactées par le projet : le Conocéphale gracieux et l'Oedipode turquoise. Ces espèces affectionnent respectivement les friches hautes et thermophiles et les milieux ras à écorchés. Ces deux types de milieux sont présents en partie nord-ouest de la friche non concernée par les emprises chantier (voir photographies des milieux ci-dessous).



**Habitats présents au nord-ouest de la friche et favorables à l'Oedipode turquoise**
(source : Biotope, 2014)



**Habitats présents au nord-ouest de la friche et favorables au Conocéphale gracieux**
(source : Biotope, 2014)

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

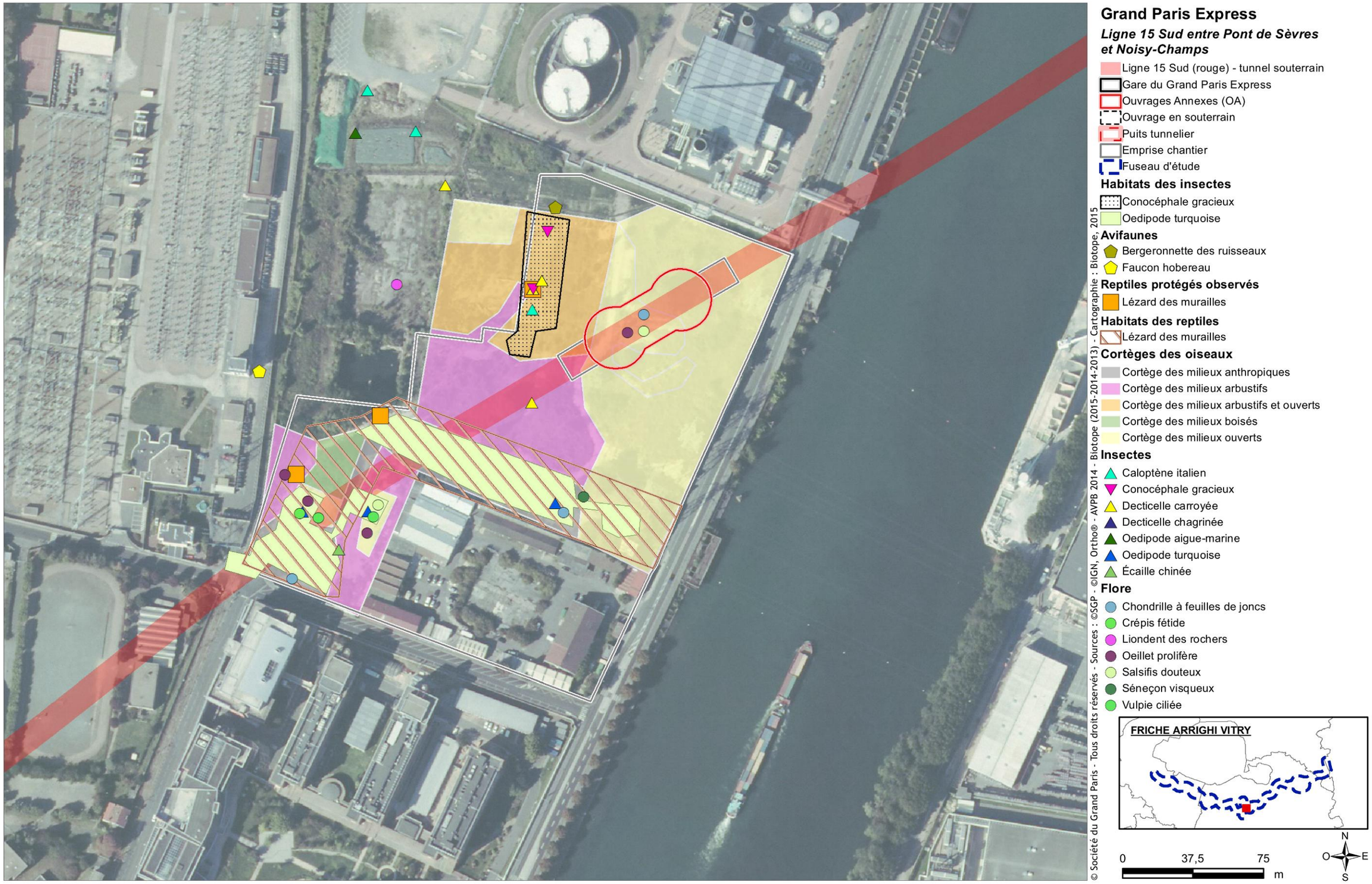
| Groupe | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|
| **Flore patrimoniale** | Destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales | Déplacement / Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées | Faible |
| **Insectes** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec quelques d'habitats de report maintenus à proximité<br>Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Déplacement des populations des orthoptères(Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée) | Faible |
| **Oiseaux** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité restreints<br>Impact direct et permanent | Suivi spécifique du Faucon hobereau (non fidèle à son lieu de nidification) | Faible à modéré pour le Faucon hobereau |
| | Destruction potentielle d'individus en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation du calendrier travaux | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Reptiles** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure n'est envisageable dans la mesure où l'utilisation du site après travaux n'est pas connue lors de la rédaction de cette étude | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |

**L'impact résiduel du projet par dégradation voire destruction des habitats de l'Oedipode turquoise, du Conocéphale gracieux, du Caloptène italien et du Faucon hobereau (impact direct, permanent, à court terme) est significatif (modéré) en raison de la perte permanente d'habitats d'espèces. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.**

**En ce qui concerne la Decticelle chagrinée, la Decticelle carroyée et l'Ecaille chinée, également présentes sur ces habitats, les impacts résiduels ne sont pas significatifs (impacts résiduels faibles) au regard des statuts de menace et de rareté connues pour ces espèces.**

**Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi**



### 1.10.4.3 Impacts sur la faune patrimoniale – SMR de Champigny et OA 0813P

*a. Présentation SMR de Champigny et de l'ouvrage annexe 0813P*



**Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

Le bâtiment du SMR de Champigny occupe plus de 80 ha de terrain (500m de longueur et 200m de largeur). Dans ce bâtiment, les activités de maintenance, de dépannage, de remisage, de nettoyage, de commandement et d'exploitation seront réalisées.

Ce bâtiment s'appuie sur un bâtiment d'ores et déjà existant dont l'emprise s'étendra au niveau d'un terrain présentant une déclivité prononcée depuis la rue de Bernaü vers la rue Benoit Frachon et composé d'un boisement et d'une friche thermophile.

Le bâtiment du site de maintenance est caractérisé par un toit végétalisé qui présente une liaison directe avec le sol.



**Plan masse du SMR vue de haut – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014**

*b. Impacts et mesures sur la Flore*

Aucune espèce végétale patrimoniale n'est présente au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny et de l'ouvrage annexe 0813P. Toutefois, deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et du Buddléia de David.

- **Identification des impacts bruts**

Les opérations de défrichement, de terrassement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces.

- **Mesures de réduction**

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

*c. Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins ont été identifiés. Parmi ces espèces, seule la Linotte mélodieuse est considérée comme patrimoniale.

Composée de végétations prairiales, le site héberge de nombreux insectes, en particulier des lépidoptères et des orthoptères, dont certains remarquables. Il s'agit de la Mante religieuse (protégée au niveau régional, abondant sur le site), de l'Azuré des Cytises ou encore du Conocéphale gracieux (protégés au niveau régional) et d'espèces patrimoniales comme le Phanéroptère méridional, le Zygène de la Filipendule et l'Hespérie de l'alcée.

Par ailleurs, le Lézard des murailles a été identifié à proximité du secteur d'aménagement. Il y est donc potentiellement présent au droit des emprises travaux.



**Azuré des Cytises observé au niveau du SMR – source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier relative au SMR et à l'ouvrage annexe 0813P intègre une proportion significative des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins. Toutefois des habitats de report sont maintenus à proximité immédiate des impacts (partie du boisement du SMR de Champigny maintenue, friche arbustive située au nord et en bordure est du SMR et jardins familiaux près du parc du plateau). En particulier, le jardin familial favorable à la Linotte mélodieuse, seule espèce patrimoniale identifiée sur ce secteur, n'est que partiellement impacté et la majorité de celui-ci est maintenu dans le cadre des travaux.

La friche arbustive favorable au cortège d'oiseaux des milieux arbustifs est également favorable aux trois espèces patrimoniales d'insectes (Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des Cytises) à l'origine d'une diminution significative de leur habitat. En effet, l'emprise chantier intègre plus de la moitié des habitats favorables à ces espèces (0,65 ha). Bien que les habitats de report soient très limités dans le contexte urbain du site impacté, le Conocéphale gracieux et la Mante religieuse sont peu exigeantes et s'accommodent de terrains perturbés. En ce qui concerne l'Azurée des cytises, la perte de ces habitats est jugée préjudiciable pour cette espèce rare en Ile-de-France. Toutefois, des habitats de reports (prairies maigres fleuries, lisières, etc.) existent à proximité, notamment au niveau des jardins familiaux limitrophes du parc du Coteau.

Les habitats potentiellement favorables au Lézard des murailles sont également intégrés aux emprises chantier et donc vouées à être dégradés voire détruits. Néanmoins, le caractère ubiquiste de cette espèce lui permettra de trouver des habitats de substitution à proximité, malgré le contexte anthropisé du secteur.

La destruction de l'ensemble de ces milieux menace directement les populations d'espèces qui leur sont inféodées et notamment les insectes. Par ailleurs, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux notamment sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

Enfin, le boisement du SMR de Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe avec le boisement de Bry-Villiers-Champigny à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables et création d'habitats de refuge pour le Lézard des murailles**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction potentielle d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

Par ailleurs, dans le cadre où l'espèce serait avérée présente sur l'emprise chantier (passage d'un écologue durant la phase travaux), la mise en place de caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure. En phase exploitation, la toiture végétalisée prévue sur le SMR de Champigny intègre un muret en pierre sèche, favorable à lespèce.

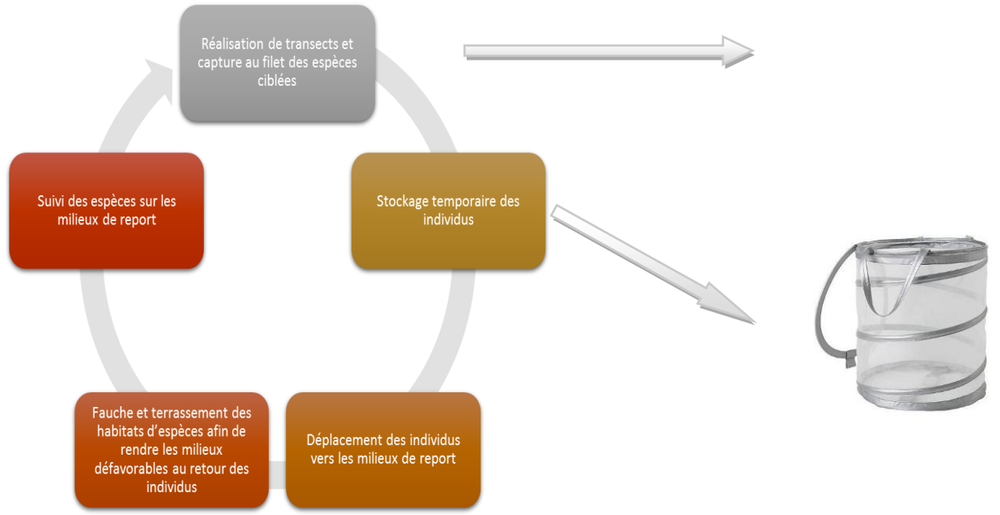
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux et Mante religieuse constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[9], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.




[9] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

**Déroulement de la mesure de déplacement des individus**

Localisation des habitats de reports

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

L'emprise projet concerne la friche du SMR de Champigny qui n'est que partiellement dégradée par le projet et sa partie nord est exclue des emprises chantier. Le déplacement des orthoptères s'effectuera donc sur ce secteur.

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

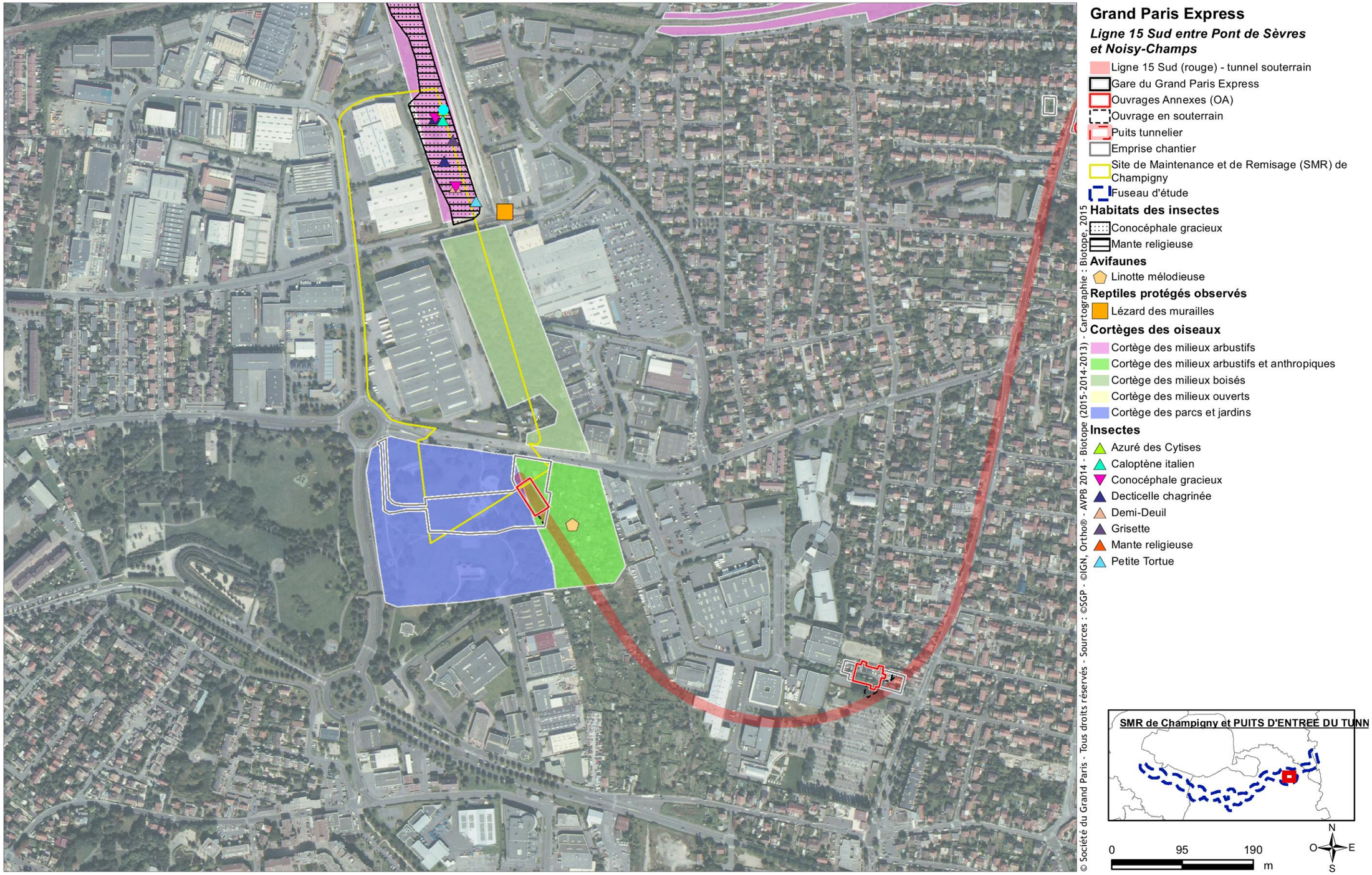
| Groupe | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|
| **Insectes** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec quelques d'habitats de report maintenus à proximité<br>Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse<br>Fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes | Faible à modéré |
| **Oiseaux** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation du calendrier travaux | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Reptiles** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Mise en place de cache de substitution en phase travaux (si présence de l'espèce avérée)<br>Muret en pierre sèche intégré à la toiture végétalisée du SMR | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Continuités écologiques** | Perte de fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE | Aucune mesure possible | Faible à modéré |
| **Espèces invasives** | Risque de propagation des invasives | Délimitation des stations | Faible à négligeable |

**À l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour les insectes (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la perte de plus de la moitié de leur habitat de manière pérenne. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.**

**La perte de fonctionnalité de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne reste limitée avec le maintien d'une partie du boisement et d'espaces ouverts de part et d'autre du SMR. Toutefois la réflexion sur la compensation de milieux ouverts et boisés intègre la dimension relative aux continuités écologiques.**

**Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles et non significatifs.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny**



### 1.10.4.4 Impacts sur la faune et la flore patrimoniales – Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny

*a. Présentation de la zone de stockage de l'entre-deux ferroviaire*

La zone de stockage de l'entre-deux ferroviaire fait partie de la ZNIEFF 1 « Friche de la bonne eau ». Ce secteur a été identifié comme une zone naturelle d'intérêt écologique floristique et faunistique en raison de ses milieux ouverts et arbustifs favorables à l'accueil d'une entomofaune diversifiée et d'oiseaux inféodés à ces milieux. En effet, le site accueillait notamment la Mante religieuse, protégée régionalement et abondante sur le site en 2005, ou encore la Zygène de la Filipendule, l'Hespérie de l'Alcée et le Phanéroptère méridional observés cette même année.

Toutefois, il est important de souligner l'évolution de cette ZNIEFF. La partie est du site est en effet aujourd'hui une zone de décharge et de dépôt tandis que la partie ouest est mitée par l'urbanisation.





**Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014**

L'est de l'entre deux ferroviaire sera investi par une base logistique ferroviaire ou Installation Terminale Embranchée (ITE) où seront stockés les déblais produits sur la zone de Bry-Villiers Champigny.

La mise en service sera effective dès mars 2017 afin d'absorber le pic de déblais prévus sur la période de mars 2017 à mai 2018.

La totalité de la surface de la friche sera utilisée dans cet objectif et selon le schéma indicatif présenté ci-contre.




**Schéma de localisation des emprises chantier au niveau de l'entre deux ferroviaire**

*b. Impacts et mesures sur la Flore*

À l'issue des prospections de terrain, seul le Lotier à feuilles étroites, espèce végétale patrimoniale, a été identifié en bordure de chemin de la friche. Cette espèce est habituellement retrouvée sur des substrats plus humides et riches en nutriments comme des prairies herbacées à engorgement hivernal.

- **Identification des impacts bruts**

Le Lotier à feuilles étroites est localisé au sein de l'emprise de stockage de l'entre-deux ferroviaire. Elle sera donc directement impactée par le chantier.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne peut être proposée.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Un déplacement de la station ou une récolte des graines de l'espèce sont préconisés. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. Ces protocoles feront faire l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou en améliorer un.

Pour le Lotier à feuille étroite, le milieu de transplantation sera riche en nutriment et régulièrement engorgée d'eau en hiver.

### c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, seuls le cortège d'oiseaux des milieux ouverts (et notamment la Linotte mélodieuse) ainsi qu'une espèce patrimoniale d'insecte (Œdipode turquoise) ont été identifiés. Les espèces ayant conduits à la désignation du site en ZNIEFF n'ont pas été identifiées sur le terrain ce qui s'explique par l'évolution de la friche qui a connu entre 2005 et aujourd'hui plusieurs pressions (zone de décharge et urbanisation). Les espèces non revues sur le terrain ne sont donc pas considérées comme présentes et ne sont pas traitées dans le paragraphe qui suit.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise de la zone de stockage intègre l'ensemble des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux ouverts (1,3 ha) et les habitats de report présents à proximité restent limités. Les habitats favorables à la Linotte mélodieuse sont donc significativement réduits, au moins lors de la phase chantier. Une partie de ces milieux (0,3 ha) est également favorable à l'Œdipode turquoise qui verra ainsi la totalité de ses habitats dégradés voire détruits en phase chantier. Bien que les habitats de reports soient limités, cette espèce est peu exigeante et s'accommode de terrains perturbés.

La dégradation de ces milieux ouverts menace directement les populations d'Œdipode turquoise et de Linotte mélodieuse qui lui sont inféodées. En particulier, La Linotte mélodieuse et d'autres espèces communes du cortège des oiseaux des milieux ouverts nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Bien que le Lézard des murailles n'ait pas été observé, des habitats intégrés aux emprises chantier lui sont favorables et sont vouées à être dégradés voire détruits. Le caractère ubiquiste de cette espèce lui permettra toutefois de trouver des habitats de substitution à proximité.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables et création d'habitats de refuge pour le Lézard des murailles**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

Par ailleurs, dans le cadre où l'espèce serait avérée présente sur l'emprise chantier (passage d'un écologue durant la phase travaux), la mise en place de caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure.

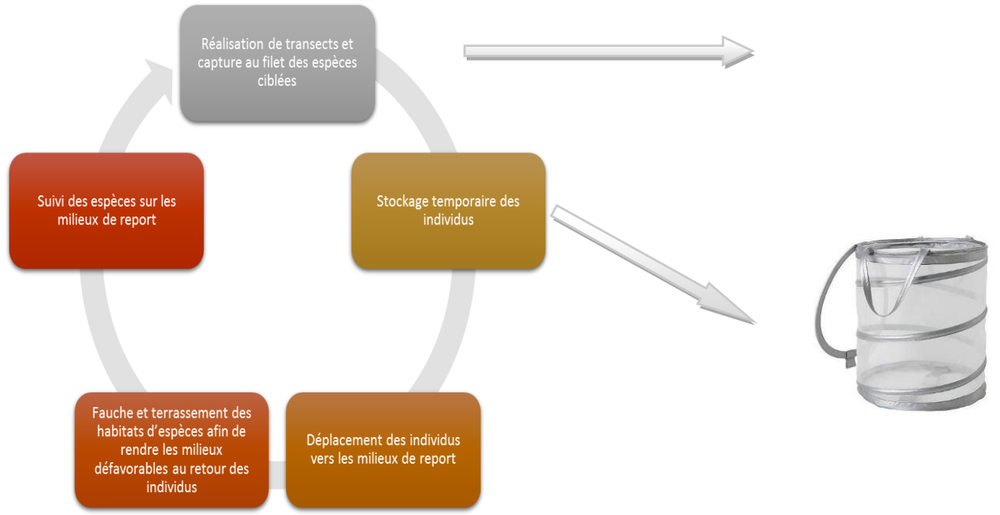
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de l'Œdipode turquoise constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[10], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

Détail de la méthode de déplacement

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.




**Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope**

Localisation des habitats de reports

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

[10] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

L'emprise projet concerne la friche de la Bonne Eau qui n'est que partiellement dégradée par le projet et dont la partie ouest est exclue des emprises chantier. Le déplacement des orthoptères s'effectuera donc sur ce secteur.

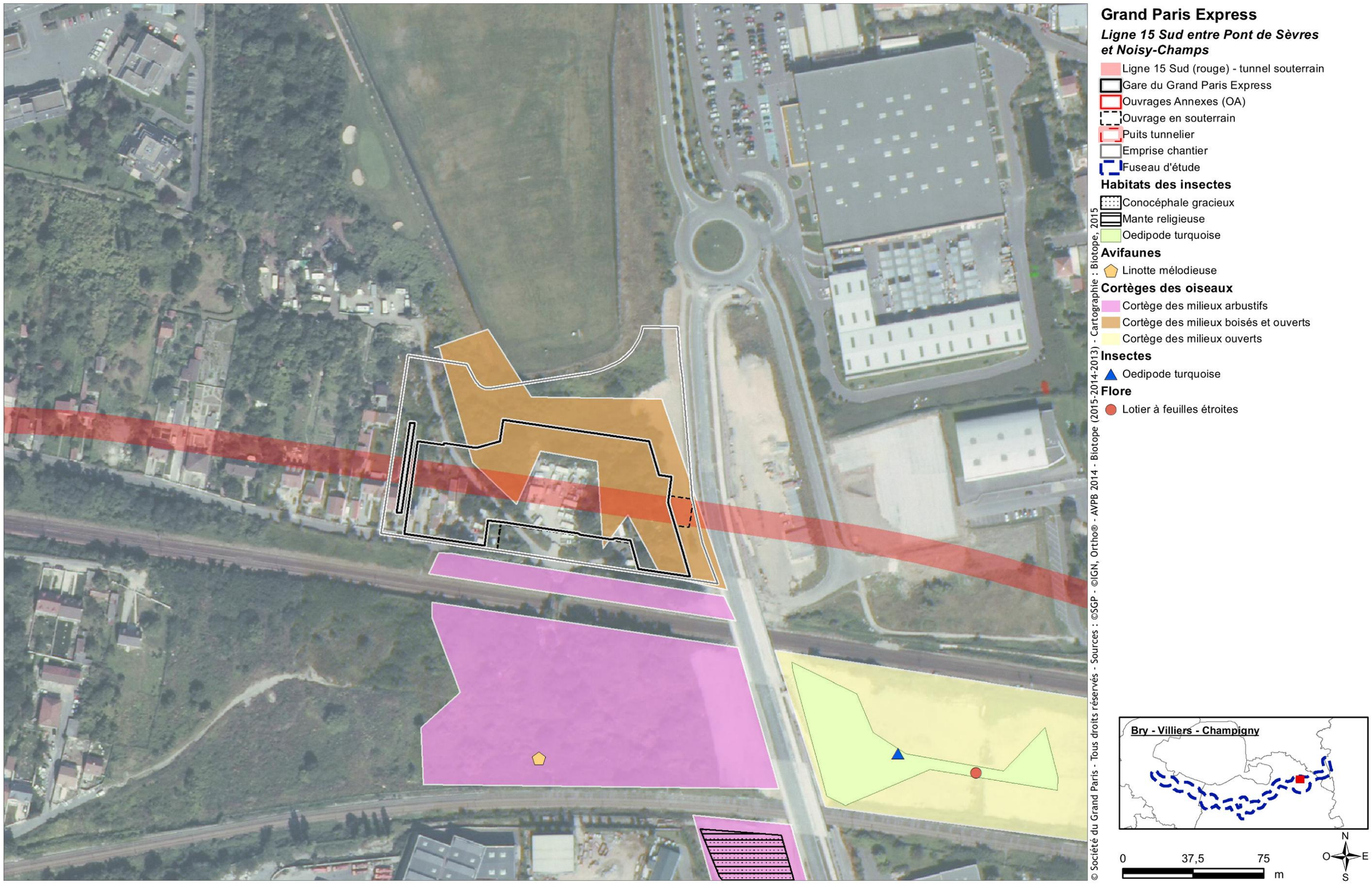
**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

| Groupe | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|
| **Flore** | Destruction de la station identifiée | Programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation | Modéré |
| **Insectes** | Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce avec peu d'habitats de report maintenus à proximité<br>Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Déplacement des populations d'Œdipode turquoise | Faible |
| **Oiseaux** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et peu d'habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction potentielle d'individus en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation du calendrier travaux | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Reptiles** | Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Mise en place de cache de substitution en phase travaux (si présence de l'espèce avérée) | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce<br>Impact direct et permanent | Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |

**À l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour la Linotte mélodieuse et l'Œdipode turquoise (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la perte de 1,3 ha de milieux ouverts parmi lesquels 0,3 ha sont favorables à l'Œdipode turquoise. Bien que les impacts soient temporaires (impacts liés à la phase chantier uniquement) des mesures de compensation seront mises en œuvre pour ces espèces.**

**Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Bry-Villiers-Champigny et de l'entre deux ferroviaire**



### 1.10.4.5 Impacts sur la faune patrimoniale – Gare de Noisy-Champs et ouvrages annexes associés

a. *Présentation de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes 0801P et 0802P*

Le site est composé du parc de la Butte Verte à l'ouest de la route nationale 370 et d'un boisement à l'est de cette même route où se localise la gare et les deux ouvrages. Aucune emprise du projet n'est localisée sur le parc de la Butte Verte.

Le parc de la Butte Verte est une ZNIEFF accueillant de nombreuses espèces protégées comme l'Utriculaire citrine (flore inféodé aux milieux aquatique), de nombreuses espèces d'amphibiens et d'oiseaux ainsi que quelques chiroptères. L'intérêt du site se concentre principalement au niveau des mares et fossés.

À l'est de la route nationale 370, le boisement est dégradée et régulièrement occupé par des gens du voyage.

b. *Impacts et mesures sur la Flore*

Deux stations de flore patrimoniales ont été identifiées à proximité du secteur d'aménagement : l'Utriculaire citrine, espèce végétale protégée régionalement et localisée dans une mare du parc de la Butte verte et le Gaillet de Paris, espèce végétale très rare en Ile-de-France, localisée sur un trottoir à l'est des boisements.

Deux espèces végétales invasives ont également été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et de la Renouée du Japon.

- **Identification des impacts bruts**

L'aménagement de la gare et des ouvrages n'impacte pas directement les deux stations de flore patrimoniale (Utriculaire citrine et Gaillet de Paris), toutes deux situées en dehors des emprises chantier.

Par ailleurs, le réseau de mares dans lequel se trouve l'Utriculaire citrine est alimenté par des eaux de ruissellement. Or, le projet n'est pas amené à modifier l'écoulement des eaux pluviales du côté du parc de la Butte verte. Aucun impact indirect n'est donc induit par le projet sur la station d'Utriculaire citrine.

De la même manière, aucune modification stationnelle n'est à prévoir de manière indirecte sur la station de Gaillet de Paris qui se localise sur un trottoir. La fréquence de passage des camions de transport des déblais et des matériaux n'impacteront pas la station de flore localisée sur une bordure de trottoir.

*A contrario*, les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation des invasives au niveau du boisement situé à l'est de la route nationale, notamment cette de la Renouée du Japon dont la dynamique de propagation est plus importante.

- **Mesures de réduction**

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum et les résidus seront traités par une filière adaptée. Les emprises chantier de Noisy-Champs ne faisant pas l'objet d'une opération de réaménagement, les surfaces mises à nu ne seront pas revégétalisées. Dans ce contexte, un suivi sera réalisé par un écologue de terrain pour contenir voire gérer au maximum les repousses.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

A l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs ont été identifiés mais aucune espèce patrimoniale n'a été recensée.

Le boisement situés à l'est de la route nationale accueillent également quatre espèces patrimoniales d'amphibiens (Triton ponctué, Triton alpestre, Triton crêté et Grenouille agile) dont la reproduction est avérée au niveau de la mare située le plus au sud de ce boisement.

En ce qui concerne les mammifères, l'Ecureuil roux, espèce protégée inféodée aux boisement a été identifié au niveau du parc de la Butte Verte. Ses habitats s'étendent sur l'ensemble des boisements aux abords de la gare de Noisy-Champs. La Pipistrelle commune a, par ailleurs, été repérée au niveau d'un boisement au nord du secteur d'aménagement. Elle est donc potentiellement présente dans le boisement impacté par le projet.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier intègre une proportion significative des habitats favorables au cortège d'oiseaux des parcs et jardins et des milieux boisés et arbustifs. Bien que communes, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau de des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement. En particulier, les boisements de Noisy-Champs sont des zones de refuges pour les espèces cavernicoles comme le Pic vert et le Pic épeiche. Les effectifs stables de ces espèces en font aujourd'hui des espèces non menacées et communes en Ile-de-France. Une partie non négligeable du boisement concerné par les emprises chantier est néanmoins conservée dans le cadre du projet et de nombreux habitats de report existent à proximité ( parc de la Butte Verte notamment).

Par ailleurs, le boisement impacté par l'emprise de la gare de Noisy-Champs accueille potentiellement la Pipistrelle commune connue dans un boisement plus au nord. Si cette espèce reste commune en Ile-de-France, la chute de ses effectifs conduisent à la considérer comme quasi-menacée en Ile-de-France. Toutefois, et de même que pour les oiseaux, de nombreux habitats de report existent à proximité.

L'emprise chantier impacte une mare au sein de laquelle la reproduction des quatre espèces d'amphibiens citées ci-dessus est avérée. La destruction de cette mare menace directement les populations d'espèces qui lui sont inféodées. À noter que cette mare est aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement. Le déboisement sera également à l'origine d'une diminution des habitats d'hivernage disponibles pour les amphibiens (à hauteur de 3,3 ha). Toutefois, une partie non négligeable du boisement concerné par les emprises chantier est conservée dans le cadre du projet. Par ailleurs, le parc de la Butte Verte ne sera pas concerné par les emprises chantier et ses boisements qui constituent également des habitats d'hivernage favorables aux amphibiens, qui seront ainsi maintenus.

La perte de milieux boisés impacte l'Ecureuil roux. Bien que cette espèce soit vulnérable à la fragmentation de son territoire, les habitats de reports présents au sein du parc de la Butte Verte permettront à la population de se maintenir.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux, de chauves-souris, de mammifères et d'amphibiens sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain et les amphibiens sauvegardés à l'issue des travaux (populations présentes au sein du parc de la Butte Verte) sont relativement éloignés de la gare.

Le boisement de Noisy-Champs participe également à un corridor arboré d'intérêt régional (SRCE Ile-de-France). Ce dernier, identifié comme à fonctionnalité réduite, relie les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) au bois de Vincennes. Le défrichement de ce boisement conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor auquel il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier des travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux et d'hibernation des chauve-souris si la présence de la Pipistrelle commune était confirmée.

**Schéma de synthèse représentant les périodes de travaux optimales en fonction des interventions prévues**

| Calendrier civil | Janv | Fév | Mars | Av | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Travaux de déboisement (pas d'arbres à cavité) | | | | | | | | | | | | |
| Abattage d'arbres à cavité (potentialités chauves-souris) | | | | | | | | | | | | |
| Démarrage des travaux à proximité d'entité naturelle | | | | | | | | | | | | |

*période favorable à la réalisation des travaux*

*Période défavorable à la réalisation des travaux*

- **Mesures de réduction concernant les espèces cavernicoles**

Le boisement est relativement ancien (80 à 100ans) et est potentiellement occupé par des espèces cavernicoles (pics et chauves-souris) qui trouvent, dans les cavités, des lieux propices pour hiverner ou nicher.

Ainsi, l'écologue en charge du chantier repérera chaque entité à cavité avant les travaux de défrichement. L'inspection consistera à rechercher toutes les cavités favorables aux chiroptères (prospection de la cavité avec un système de miroir éclairé par une lampe ou un endoscope, repérage du guano, odeur d'ammoniac…). Lors de cette inspection, il est recommandé de :

- Soulever toutes les écorces décollées quelques jours avant d'abattre l'arbre si celui-ci ne présente pas d'autres cavités arboricoles,
- Attendre l'envolée des chiroptères pour la chasse au crépuscule et colmater le gîte avec un matériau solide.



**Chiroptérologue vérifiant une cavité (© BIOTOPE)**

Pour les arbres recouverts de lierre, il est recommandé d'enlever le lierre deux mois avant l'abattage de l'arbre.

Un dernier contrôle le jour même de l'abattage sera réalisé par un chiroptérologue, équipé de matériel pour intervenir en hauteur. En cas de présence avérée de chiroptères le jour de l'abattage, des mesures spécifiques d'abattage seront prises afin d'éviter toute destruction d'individus. Il s'agira alors d'abaisser la branche ou le tronc concerné à l'aide de cordes et le laisser au sol, l'entrée face au ciel pour que les individus puissent s'échapper, pendant 48 heures pour permettre aux chauves-souris de quitter les gîtes non colmatés (renfoncement d'écorces).

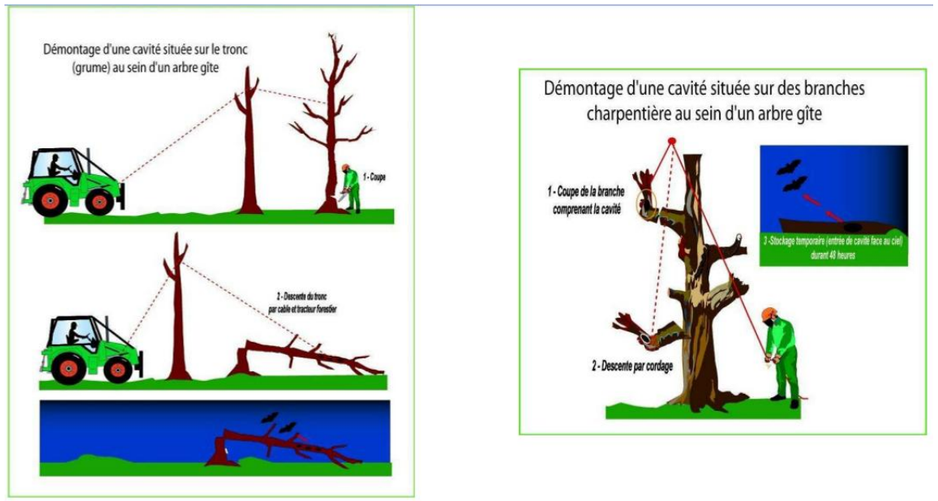



**Schéma présentant les précautions à prendre en cas d'abattage d'arbres à cavité (plaquette SFEPM)**

- **Mesures de réduction concernant les amphibiens**

Les amphibiens adoptent des comportements grégaires lors des périodes de reproduction et peuvent se déplacer massivement des lieux d'hivernage terrestre vers les sites de reproduction aquatique. De la même manière, ils effectuent des déplacements postnuptiaux vers les sites d'estivage puis d'hivernage.

Aucun axe de déplacement préférentiel des amphibiens n'a été mis en évidence sur le périmètre du projet et ses abords immédiats. Toutefois, les trois espèces connues peuvent se déplacer jusqu'à 500m voir 1km pour le Triton palmé autour de leur habitat de reproduction et notamment dans des milieux boisés pour les tritons.

Afin de ne pas créer une surmortalité des espèces lors du début des travaux, un processus de capture/déplacement sera mis en place en amont de la phase chantier et des barrières anti-retour seront installées afin de réduire au maximum le retour des espèces sur leur ancien site de reproduction.

Une clôture à mailles fines (type «treillis soudé à petite section» - maille 6,5 mm X 6,5 mm – hauteur : 50 cm avec rabat et système anti-retour) sera installée le long de l'emprise chantier. Ce dispositif permettra d'éviter les intrusions sur l'emprise chantier des amphibiens et de la petite faune par la même occasion. Le dispositif anti-retour sera disposé de telle manière à ce que les amphibiens puissent sortir du site sans pouvoir y rentrer.



**Exemple de barrières anti-retour pour les amphibiens – source : Biotope**

**Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore**

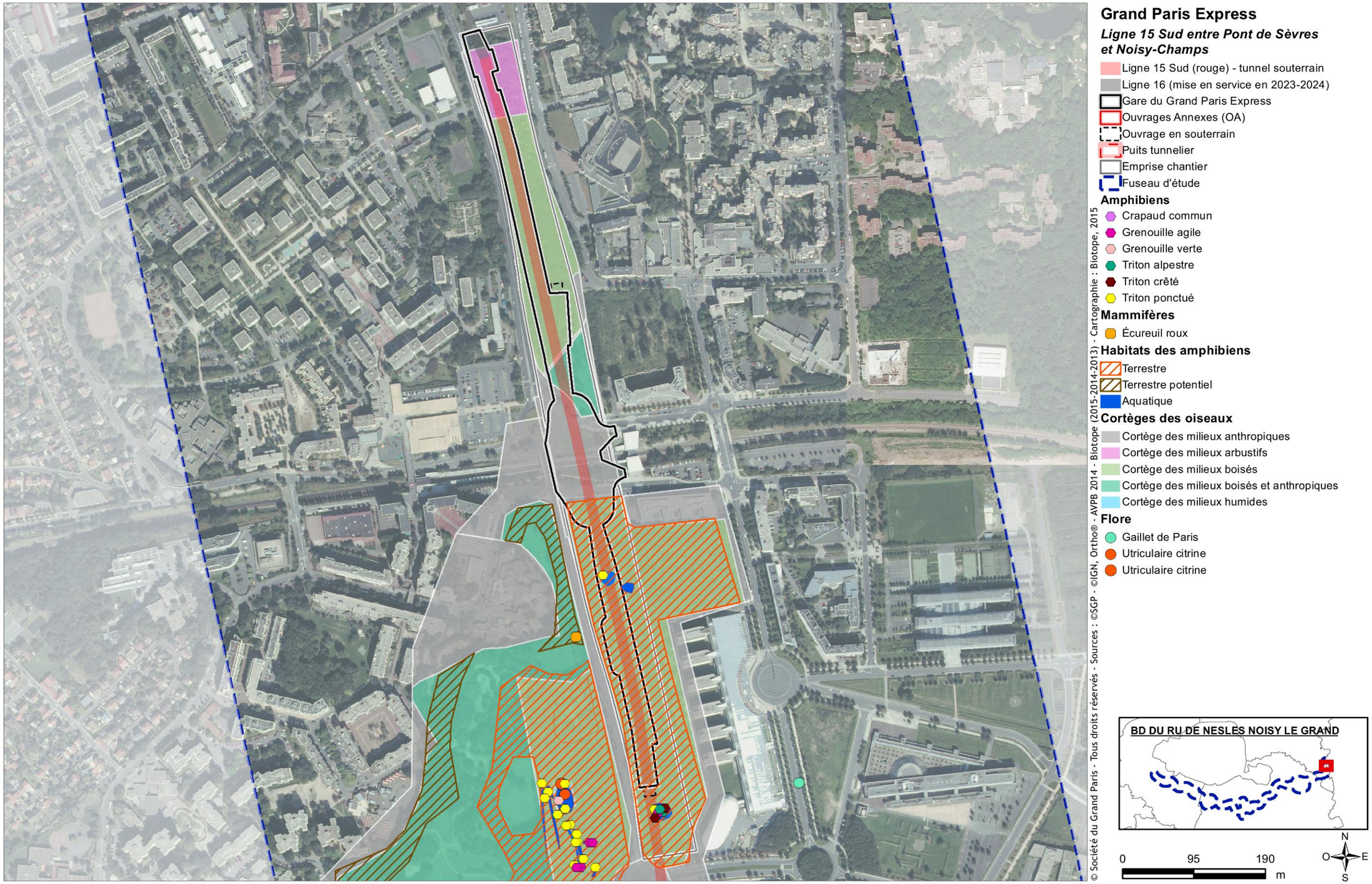
| Groupe | Impacts bruts | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel |
|---|---|---|---|
| **Oiseaux** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus en période de nidification<br>Impact direct et permanent | Adaptation du calendrier travaux | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Amphibiens** | Destruction d'une mare (naturellement en cours d'atterrissement), lieu de reproduction avérée de quatre espèces patrimoniales d'amphibiens<br>Impact direct et temporaire | Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire et ayant déjà permis de réduire l'impact lors de l'étude DUP, aucune autre mesure de réduction ne pourra être mise en œuvre | Modéré |
| | Destruction d'individus liée à la destruction de la mare<br>Impact direct et permanent | Mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces | Faible |
| | Dérangement potentiel mais contexte déjà marqué par les activités humaines<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Chiroptères** | Destruction d'arbres âgés potentiellement favorable à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos | Adaptation du calendrier de défrichement<br>Passage d'un écologue<br>Précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré | Potentiel |
| **Mammifères** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité<br>Impact direct et permanent | Aucune mesure nécessaire | Faible |
| | Destruction potentielle d'individus<br>Impact direct et permanent | Adaptation du calendrier travaux | Faible |
| | Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain<br>Impact direct et temporaire | Gestion adaptée de chantier | Faible |
| **Continuités écologiques** | Perte de fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE | Aucune mesure possible | Modéré |
| **Espèces invasives** | Risque de propagation des invasives | Export de terre limité et traitement dans une filière adaptée<br>Suivi des invasives par l'écologue de chantier | Faible à négligeable |

**A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour les amphibiens (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la destruction d'une mare (habitat avéré de reproduction) et de la perte de 3,3 ha d'habitats terrestres. Des mesures de compensation seront mises en œuvre pour ces espèces.**

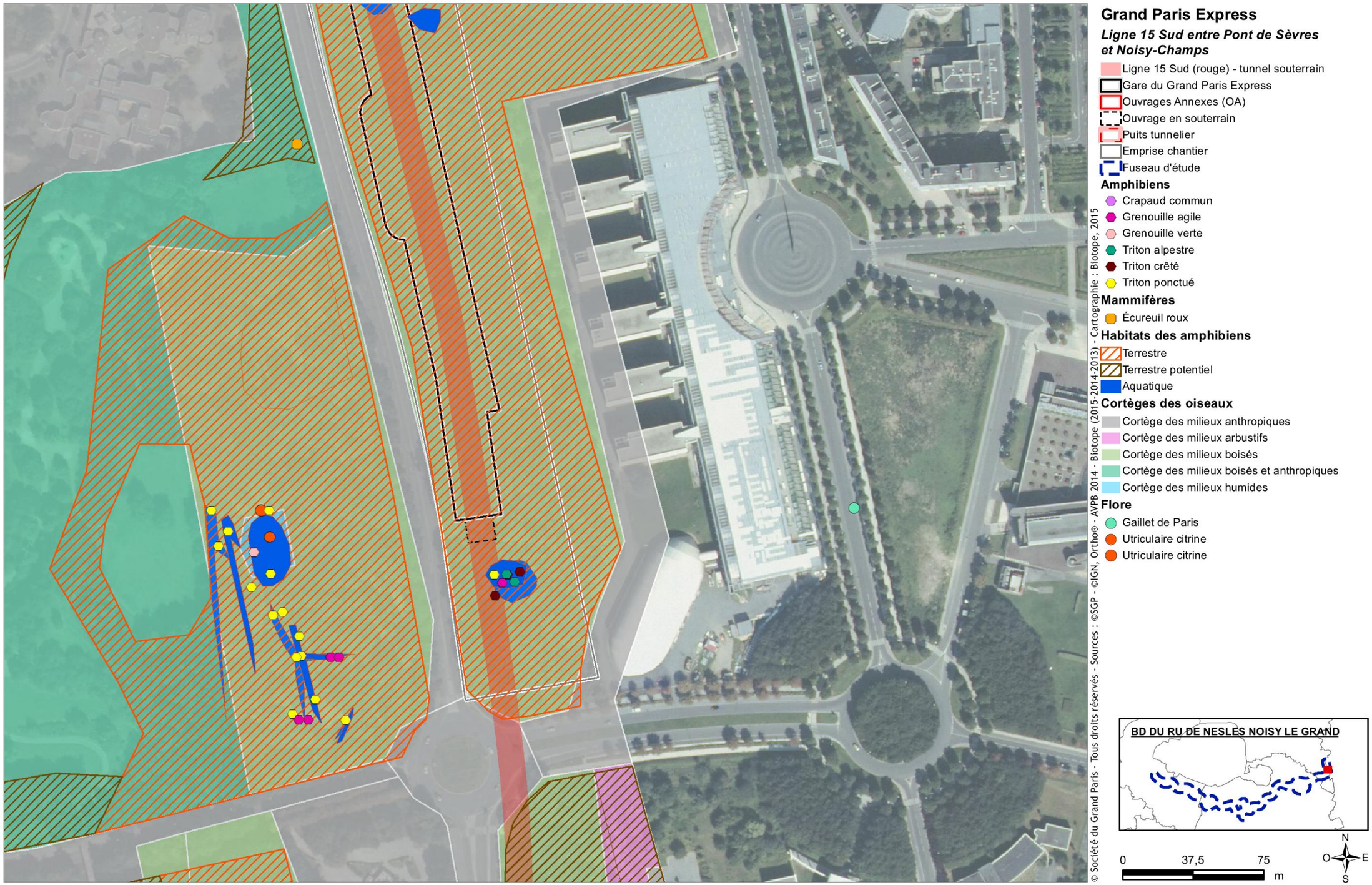
**Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.**

**La perte de fonctionnalité du corridor arboré reste limitée avec le maintien du Parc de la Butte Verte. Toutefois, une compensation de milieu boisé est prévue et intègre la dimension relative aux continuités écologiques.**

**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs**



**Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs (zoom sur les espèces d'intérêt)**



### 1.10.4.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction liés à la construction du tunnel

Comme souligné en introduction de ce chapitre, le tunnel étant entièrement construit au tunnelier, seuls les puits d'entrée des tunneliers ont une emprise au sol à l'origine d'impacts potentiels sur les habitats naturels, la flore et la faune. Ces impacts ont été traités dans les paragraphes précédents.

Toutefois, le tunnel est amené à traverser des carrières souterraines qui seront préalablement comblées. Aucune prospection n'a pu être réalisée au sein même de ces carrières pour des raisons de sécurité et la présence potentielle de chiroptères ne peut pas être écartée totalement. Cependant, les écoutes nocturnes réalisées à proximité immédiates des entrées identifiées de ces carrières n'ont pas mis en évidence d'activité. Il est donc peu probable que des individus soient présents dans les carrières.

Malgré tout, et afin d'éviter au maximum les risques d'impacts sur les chiroptères, un passage sera réalisé par un chiroptérologue pour s'assurer de l'absence de chauve-souris et de gîte potentiel au sein des carrières destinées à être comblées une fois l'autorisation administrative d'accès accordée pour des questions de sécurité. Si des individus étaient identifiés à l'issue de ce passage, les mesures adéquates seront mises en œuvre en compatibilité avec le Plan Régional d'Action en faveur des Chiroptères afin de déplacer les populations et d'éviter tous impacts par destruction d'individus.

### 1.10.4.7 Mesures de réduction applicables à l'ensemble des ouvrages

Les mesures générales liées au plan de management environnemental applicables à l'ensemble des ouvrages sont présentés ci-dessous :

- Former le personnel de chantier : l'ensemble du personnel de chantier recevra une formation complète sur l'ensemble des éléments constituant « l'environnement ». Le programme de cette formation comprendra notamment une sensibilisation à la gestion des déchets, leur stockage sur site, les méthodes de protection classique en phase de travaux (balisage des zones à enjeux…).

- Éviter la prolifération d'espèces invasives : l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

- Remettre en état le sol après travaux et favoriser les continuités écologiques de proximité: afin de retrouver des sols colonisables par la végétation après les travaux, le respect des horizons naturels du sol est indispensable. La remise en état des sols sera effectuée dans ce respect. La remise en état après travaux sera proposée par replantation d'espèces végétales sélectionnées indigènes et locales. Cette remise en état allant bien au-delà de l'existant pour beaucoup d'ouvrages va contribuer à maintenir ou restaurer les continuités écologiques recensées à l'échelle de la petite ceinture et participer au développement d'espaces répondant à la définition du processus des « pas japonais » pour les continuités écologiques de proximité et les besoins fonctionnels de la biodiversité urbaine.

- Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers : des kits anti-pollution seront à disposition rapide de tout ouvrier de chantier. Cette mesure permettra également d'endiguer rapidement une pollution accidentelle et d'éviter ainsi la contamination des milieux connexes. Cette mesure vise notamment à protéger le sol, les milieux aquatiques et les espèces les fréquentant, telles que les amphibiens et les oiseaux d'eau.

- Afin de limiter tout risque de pollution le nettoyage, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées. Le détail des mesures est proposé dans la partie 5.5.1.4.

- Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue : dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires, le coordinateur et les correspondants environnement et se rendra sur le terrain pour s'assurer du bon déroulement du chantier.

- Adapter les calendriers de début de travaux : dans la mesure du possible et pour les sites présentant des enjeux sensibles de biodiversité (reproduction d'amphibiens, reproduction d'oiseaux…), une adaptation du calendrier de début de travaux sera recherchée. Il s'agit d'éviter d'impacter pour les habitats de reproduction des espèces qui s'étalent pour la majorité des espèces de septembre à février.

- Ne pas éclairer le chantier la nuit ou choisir des luminaires adaptés.

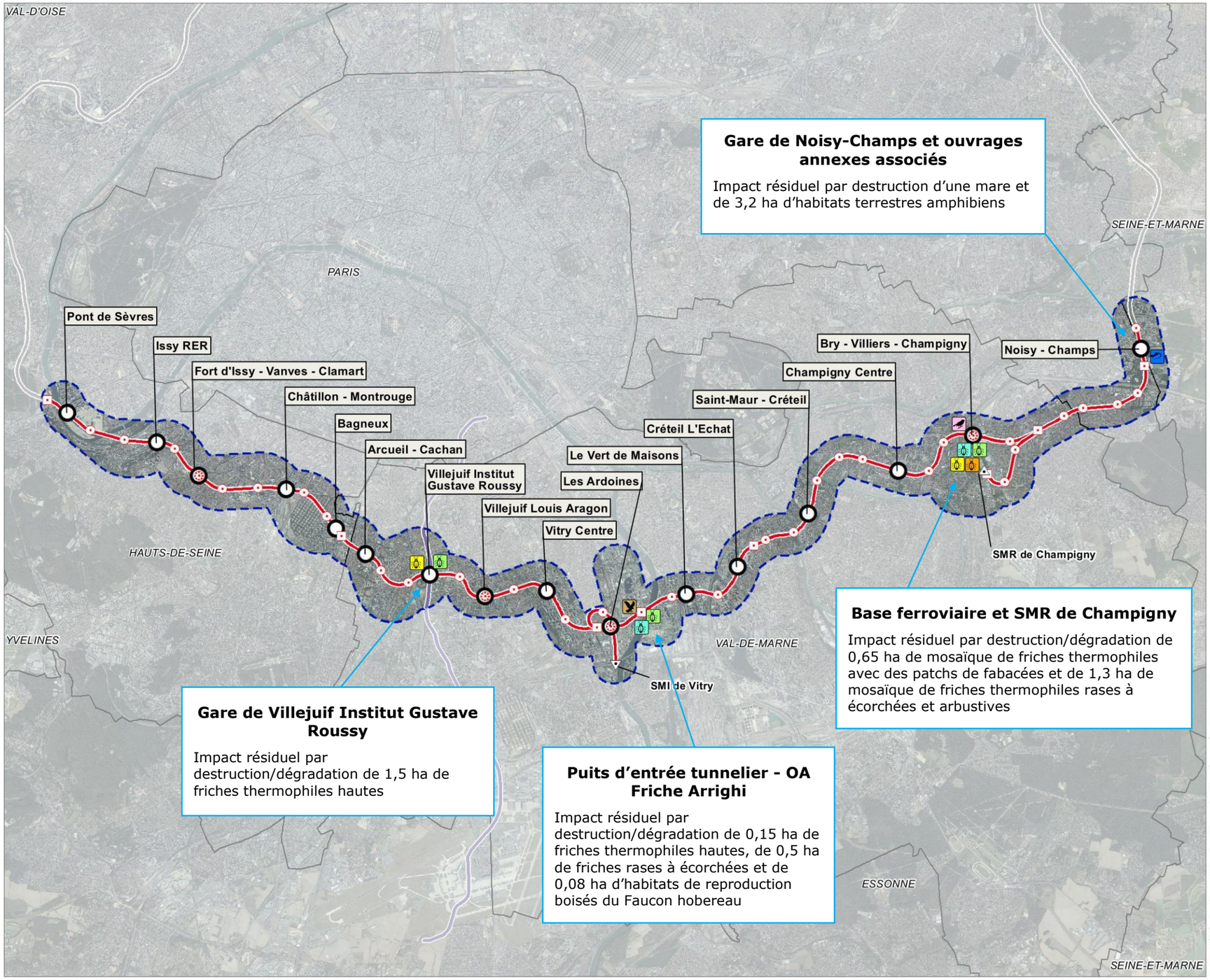
## 1.10.5 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels et mesures de compensation

### *1.10.5.1 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels*

Le tableau suivant synthétise les impacts résiduels significatifs (impacts modérés à forts) induits sur la faune et la flore par le projet après la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Les éléments projet à l'origine d'impacts résiduels non significatifs (impacts nuls à faibles) sur la faune et la flore ne sont pas précisés dans ce tableau.

| Elément projet concerné | Espèce(s) concernée(s) | Impact du projet | Type d'impact | Mesures d'évitement et de réduction | Niveau d'impact résiduel | Nécessité de compensation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi** | Insectes : Oedipode turquoise, Conocéphale gracieux | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce | Direct, permanent, à court terme | Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier | Faible à modéré | Friche thermophile haute et friche thermophile rase à écorchée |
| | Oiseaux : Faucon hobereau | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce<br>Dérangement en phases chantier et exploitation | Direct et indirect, temporaire et permanent, à court et long terme | Réalisation des travaux de défrichement/ abattage d'arbres et/ou terrassement en dehors de la période de nidification des oiseaux | Faible à modéré | Si nidification avérée sur site après mise en place d'un suivi : habitat boisé |
| **Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy** | Insectes : Conocéphale gracieux | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce | Direct, permanent, à court terme | Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier | Faible à modéré | Friche thermophile haute |
| **SMR de Champigny** | Insectes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse et Azurée des Cytises | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce | Direct, permanent, à court terme | Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier | Faible à modéré | Friche herbacée avec patchs de fabacées |
| **Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny** | Insectes : Œdipode turquoise | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce | Direct, permanent, à court terme | Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier | Faible à modéré | Friche thermophile rase à écorchée |
| | Oiseaux : Linotte mélodieuse | Destruction d'individus et d'habitats d'espèces<br>Dérangement en phase chantier | Direct, permanent, à court terme | Réalisation des travaux de défrichement/ abattage d'arbres et/ou terrassement en dehors de la période de nidification des oiseaux | Faible à modéré | Friche arbustive |
| **Gare de Noisy-Champs** | Amphibiens : Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué et Triton crêté | Destruction d'individus et d'habitats d'espèce<br>Dérangement en phases chantier et exploitation | Direct et indirect, temporaire et permanent, à court et long terme | Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'amphibiens en amont de la phase chantier<br>Mise en place de barrières anti-retour | Faible à modéré | Mare forestière (habitat de reproduction) et boisement (habitat terrestre) |

## Localisation des impacts résiduels significatifs sur les habitats d'espèces et les individus




**Gare de Noisy-Champs et ouvrages annexes associés**

Impact résiduel par destruction d'une mare et de 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens

**Base ferroviaire et SMR de Champigny**

Impact résiduel par destruction/dégradation de 0,65 ha de mosaïque de friches thermophiles avec des patchs de fabacées et de 1,3 ha de mosaïque de friches thermophiles rases à écorchées et arbustives

**Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy**

Impact résiduel par destruction/dégradation de 1,5 ha de friches thermophiles hautes

**Puits d'entrée tunnelier - OA Friche Arrighi**

Impact résiduel par destruction/dégradation de 0,15 ha de friches thermophiles hautes, de 0,5 ha de friches rases à écorchées et de 0,08 ha d'habitats de reproduction boisés du Faucon hobereau

### Grand Paris Express

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

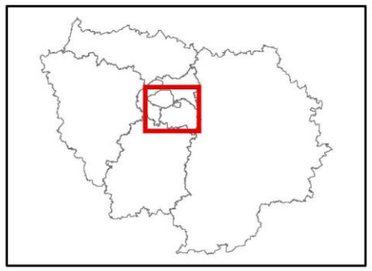
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Service de Maintenance Industrielle (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

**Espèces impactées***

- Grenouille agile, Triton ponctué, Triton alpestre et Triton crêté
- Faucon hobereau
- Linotte mélodieuse
- Conocéphale gracieux
- Azuré des cytises
- Mante religieuse
- Oedipode turquoise

** Seuls les impacts résiduels significatifs sont réprésentés sur cette carte*

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP ©IGN, Ortho® - AVPB 2014 - ©Biotope 2014 et 2013
Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 Kilomètres — N O E S

### 1.10.5.2 Mesures de compensation concernant les milieux naturels, la faune et la flore

Les mesures compensatoires se basent sur les fondements suivants :

- **Pas de perte nette de biodiversité** : les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- **Recherche de l'additionnalité** ;
- La **faisabilité et la pérennité des mesures** : toutes les mesures seront à terme toutes chiffrées, actées par la Maîtrise d'ouvrage et leur mise en place garantie. Les modalités de partenariats étant actuellement en cours de discussion, des précisions seront faites ultérieurement sur ces éléments.

Lors de la rédaction de l'étude d'impact, les mesures compensatoires sont en cours de précision avec les acteurs concernés (Agence des Espaces Verts notamment). Ces mesures seront précisées dans le cadre du dossier de demande de dérogation d'espèces protégées.

*a. Synthèse des besoins de compensation*

Le tableau suivant synthétise les besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 15 Sud.

**Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet**

| Ouvrage concerné | Espèces concernées | Surfaces impactées par le projet |
|---|---|---|
| **Besoins de compensation liés aux milieux ouverts** | | |
| Gare de Villejuif IGR | Conocéphale gracieux et Azurée des cytises | 1,5 ha de friches thermophiles hautes |
| Friche Arrighi | Conocéphale gracieux et Œdipode turquoise | Mosaïque de friches thermophiles hautes (0,15 ha) et rases à écorchées (0,5 ha) |
| SMR de Champigny | Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des cytises | 0,65 ha de mosaïque de friches thermophiles avec des patchs de fabacées |
| Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny | Œdipode turquoise | 0,3 ha de friches thermophiles rases et écorchées |
| Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny | Linotte mélodieuse | 1,3 ha de mosaïque de friches thermophiles et arbustives (dont 0,3 ha en commun avec les insectes) |
| **Total (Milieux ouverts)** | | **4,1 ha de friches thermophiles et arbustives** |
| **Besoins de compensation liés aux milieux aquatiques** | | |
| Gare de Noisy-Champs | Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile | 1 mare |
| **Total (Milieux aquatiques)** | | **1 mare** |
| **Besoins de compensation liés aux milieux boisés** | | |
| Friche Arrighi | Faucon hobereau | 0,08 ha d'habitats de reproduction boisés |
| Gare de Noisy-Champs | Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile | 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens |
| **Total (Milieux boisés)** | | **3,4 ha d'habitats boisés** |

*b. Mesures de compensation liées aux milieux ouverts*

**Espèces concernées :** Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Mante religieuse, Azurée des Cytises, Linotte mélodieuse

**Acteurs concernés (partenariats)** :

1. *In situ* : gestionnaire du site du SMR de Champigny
2. *Ex situ* : Agence des Espaces Verts

**Type d'habitats recherché** :

Les mesures de compensation viseront la restauration et/ou le recréation d'habitats favorables aux espèces visées par la compensation, à savoir :

- Oedipode turquoise : milieux ras à écorchés et xériques,
- Mante religieuse et Conocéphale gracieux : milieux herbeux graminéens thermophiles,
- Azuré des Cytises : milieux herbeux fleuris riches en fabacées avec Mélilot officinal, Astragale, Onobrychis, Dorycnium, Luzerne cultivée, etc.
- Linotte mélodieuse : friche arbustive.

**Mesures de compensation :**

Deux mesures de compensation sont en cours de définition lors de la rédaction de cette étude : (1) la création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol et (2) la création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives. Ces mesures sont présentées ci-après. Elles seront détaillées dans le cadre du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

1. **Mesure de compensation *In situ* : création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol**

La dimension écologique a été prise en compte lors des phases de conception du projet. Cela a permis de mettre en place une toiture végétalisée partant du sol pour ce site sur une superficie de 2 ha environ.

Ces habitats seront constitués de landes pionnières et pelouses hautes à fabacées.

- Oedipode turquoise : milieux ras et xériques : une toiture avec végétation type sedum à minima est appropriée,

- Mante religieuse et Conocéphale gracieux : milieux herbeux graminéens thermophiles avec à minima une strate herbacée mi-haute à haute,
- Azuré des Cytises : milieux herbeux fleuris riches en fabacées avec Mélilot officinal, Astragale, Onobrychis, Dorycnium, Luzerne cultivée, etc.
- Mosaïque de friche thermophile haute principalement constituée de graminées (Conocéphale gracieux et Mante religieuse) avec ponctuellement des patchs de fabacées (Azurée des cytises) et de des friches thermophiles rases à écorchées (Oedipode turquoise).
- Friche arbustive pour la Linotte mélodieuse.



**Représentation du toit terrasse sur le SMR de Champigny– source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014**

La gestion du toit végétalisée reste à définir avec le futur exploitant du site ou en partenariat avec une association locale. Trois périodes d'entretien sont définies par les architectes du bâtiment :

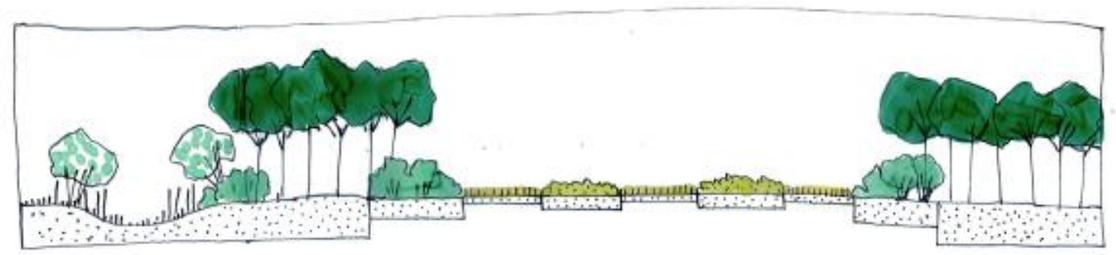
- La période de parachèvement entre l'installation et la réception de l'ouvrage,
- La période de confortement entre la réception de l'ouvrage jusqu'au démarrage de l'entretien courant,
- La période d'entretien courant qui commence après l'obtention d'un taux de couverture de plus de 80%.

Quelques préconisations peuvent être faites sur la gestion courante :

- Enlèvement des déchets apportés par le vent,
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie,
- Désherbage manuel des végétaux indésirables,
- Effectuer des opérations complémentaires de semis et plantation si besoin,
- Fertilisation d'appoint selon le diagnostic du tenat du système de végétalisation,
- Nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales,
- Arrosage si nécessaire,
- Conservation de bandes enherbées mi-hautes (jaune) par un fauchage tardif et des bandes rases (vert) selon le schéma présenté ci-contre.

Les plans proposés pour ce bâtiment permettent l'implantation d'arbustes et de landes en lisières du boisements conservés. Ces plantations permettent de compenser sur site, en partie, la perte d'habitat pour la Linotte mélodieuse.



**Alternance entre landes, pelouses rases à mi-hautes et zones boisées et lisières – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014**



Sedum ochroleucum



Aster linosyris



Avoine des prés, Avenula pratensis



Cardoncelle sans épines, Carduncellus mitissimus



Euphorbe faux cyprès, Euphorbia cyparissias



Potentille printannière, Potentilla neumanniana

> pelouses sèches sur dalles calcaires



Coryméphore blanchâtre, Canche des sables
fleurit de juin à juillet.



petite oseille, Rumex acetosella
fleurit de juin à Août.



Lupin réticulé, Lupinus angustifolius
fleurit d' avril à juillet.



Une pelouse à coryméphore blanchâtre



Armoise champêtre, Artemisia campestris
fleurit de juillet à octobre.



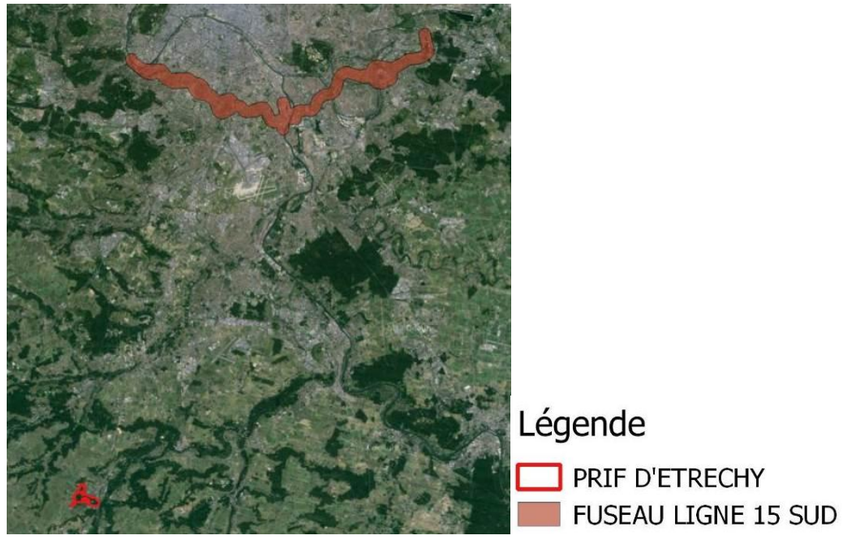
Porcelle à feuilles tachées, Hypochaeris maculata

> pelouses sèches sablo-calcaire

**Palette végétale utilisée pour le toit terrasse du SMR de Champigny – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014**

## 2. Mesure de compensation *Ex situ* : création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives

Un partenariat entre la SGP et l'Agence des Espaces Verts est actuellement en cours d'échange afin d'inclure ce partenaire régional à la compensation ex-situ sur la forêt d'Etrechy. Située à environ 40 km au sud de Paris, la Forêt d'Étréchy, d'une superficie de 110 ha, est la propriété du Conseil Régional d'Ile-de-France.




La compensation prévoit la restauration de 8,67 ha avec des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques (3,85ha) et des dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis (4,82ha).




**Mesures de restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques, dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis et pelouses sur rochers**

Cette action vise à améliorer l'état de conservation des habitats favorables à l'Azurée des cytises, le Conocéphale gracieux, l'Oedipode turquoise, et la Linotte mélodieuse.

Les mesures proposées visent à apporter une plus-value écologique au niveau du PRIF d'Etréchy dans une logique d'additionnalité (plus-value écologique) sans se substituer à des engagements publics ou privés. Il s'agit notamment de :

- Renforcer les dispositions recommandées sur ces habitats naturels ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestion ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Péreniser la conservation des habitats pendant 30 ans, leur laissant ainsi la possibilité d'atteindre leur optimum écologique ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

Les actions à mener seront donc les suivantes :

- Coupes des arbres et arbustes responsables de la fermeture des milieux avec exportation des rémanents pour broyage ou brûlage, dessouchage ;
- Gyrobroyage des arbustres et des rémanents ;
- Coupe d'arbres, abattage de végétaux ligneux en conservant l'identité paysagère liée au Pin sylvestre pour l'habitat de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis. Il ne s'agit pas d'éradiquer systématiquement toute la végétation ligneuse mais au contraire de conserver une diversité de structures. Des buissons et arbustes devront donc être conservés au sein des zones débroussaillées. On conservera également les arbres morts ou creux ;
- Ne pas empêcher l'installation du Lapin sur l'habitat de *dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis* car il permet le maintien de la dynamique de ces milieux ;
- Fauche en différé et frationnée (dans le temps et l'espace) afin de conserver des zones refuges pour les insectes en dehors des périodes de nidification de la Linotte mélodieuse et de reproduction des insectes. Certaines plantes sont très sensibles à la période de fauche. La meilleure solution consiste donc à faucher en rotation sur plusieurs années, à dates variables ;
- Avant l'exportation des produits de fauche, il est préférable de le laisser deux semaines en bord de parcelle pour permettre aux chrysalides d'atteindre leur maturité au insectes de migrer vers les zones refuges ;
- Elimination de la végétation exotique envahissante si présence avérée.

La mesure de compensation sera associée à :

- La mise en place d'une gestion à long terme (30 ans) des milieux restaurés ou créés ;
- La mise en place d'un suivi à long terme.

*c. <u>Compensation d'habitats aquatiques de reproduction de type mare et habitat terrestre d'hivernage de type milieux boisés en faveur des amphibiens</u>*

**<u>Espèces concernées</u> :** Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté

**<u>Acteurs concernés (partenariat)</u>** :

1. *In situ* : gestionnaire du site du SMR de Champigny après travaux
2. *Ex-situ* : Agence des Espaces Verts sur la forêt de Célie (à moins de 2km du fuseau d'étude et à 2,5km de l'impact)

**<u>Type d'habitat à restaurer et à préserver</u>** :

- Mares forestières à fonctionnalité équivalente ou supérieure
- Milieux boisés de caractéristiques écologiques similaires de type chênaie ou supérieures

**<u>Précisions sur les mesures d'accompagnement et de compensation :</u>**

Deux mesures de compensation sont en cours de définition lors de la rédaction de cette étude : (1) la création de mares dans le secteur d'aménagement du SMR de Champigny après travaux et (2) la restauration de mares et d'habitats terrestres boisés au sein d'un PRIF. Ces mesures sont présentées ci-après. Elles seront plus finement détaillées dans le cadre du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

1. **<u>Mesure d'accompagnement *In situ* : création et amélioration de zones humides terrestres (prairie humide, mares et milieux annexes)</u>**

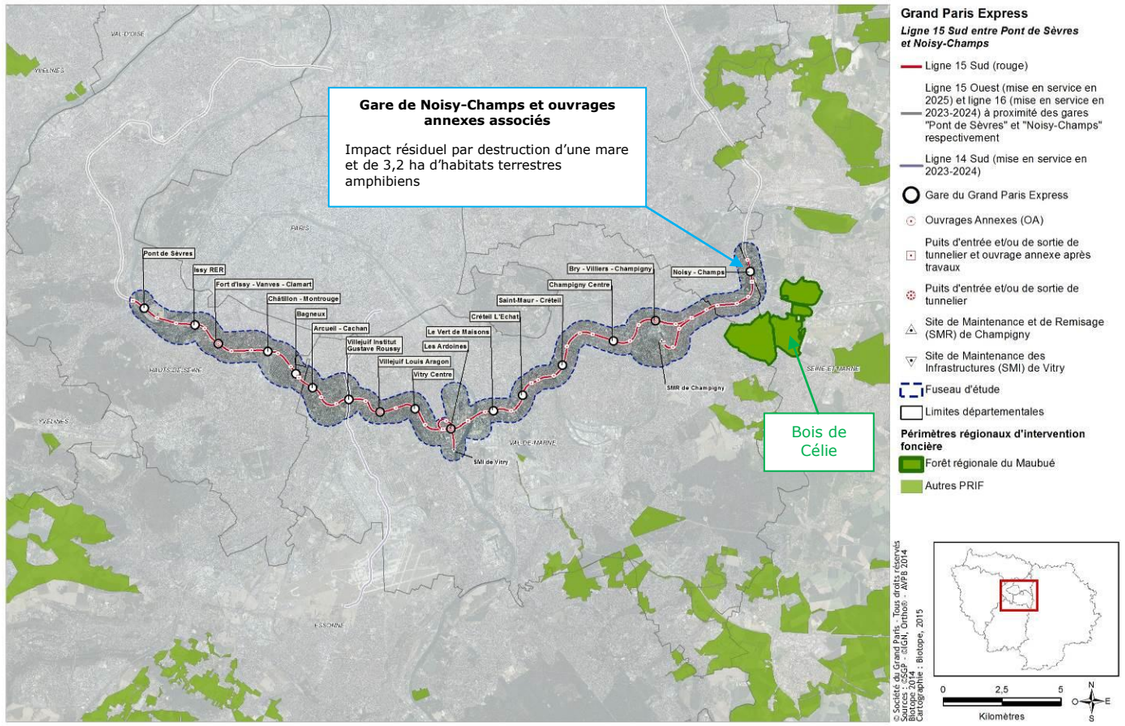
Sur le secteur sud-ouest du SMR de Champigny, il est envisagé de recréer des milieux herbacés humides. Sur cet emplacement, des prairies d'infiltrations en relation avec des mares permettront une gestion des eaux de pluies à la parcelle. Il est en effet proposé de recréer un réseau de mares sur le foncier disponible et non impacté par l'emprise projet à l'issue du chantier ou par les projets connexes. Ce réseau de mares interagira avec les milieux herbacés hygrophile à mésohygrophile. Cette mesure d'accompagnement est précisée dans le chapitre relatif aux zones humides.

2. **<u>Mesure de compensation *Ex-situ* : création/restauration d'habitat aquatique et terrestre sur le bois de Célie avec l'Agence des Espaces Verts</u>**

Un partenariat entre la SGP et l'Agence des Espaces Verts est actuellement en cours de négociation afin d'inclure ce partenaire régional privilégié à la compensation ex-situ.

Le site de compensation visé est localisé au sein du périmètre régional d'intervention foncière de la **Forêt régional de Maubué et plus particulièrement au sein du Bois de Célie inclus dans ce PRIF**. Ce bois, d'une superficie totale de 175 ha se situe sur le territoire des communes d'Emerainville et de Pontault-Combault en Seine-et-Marne.

Le bois de Célie se localise à environ 1,5 km du fuseau d'étude et à environ 2,5 km des impacts résiduels induits par le projet.




La compensation prévoit la création/restauration d'habitats aquatiques de reproduction et terrestres favorables aux amphibiens au niveau du bois de Célie qui est inclus dans le PRIF de la forêt régional de Maubué.

La conservation passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction (optimum : 4 à 10 mares au km² distantes de 500 mètres au maximum) interconnectées par des formations boisées proches des mares (Lescure et al 2010). En outre l'enjeu de la préservation des espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction (habitat aquatique) en bon état de conservation. La compensation se fait par création d'une mare prairiale et recréation d'un réseau fonctionnel de mares et de plus de 3 ha d'habitats terrestre. Les actions à mener seront donc les suivantes :

- **Mare 1 :** restauration par une remise en lumière et re profilage de berge en pente douce
- **Mares 2 & 3 :** restauration par une remise ne lumière et re profilage de berge en pente douce
- **Mare 4 :** restauration par recreusement, il y a présence de 3 petites mares en profil de petits trous d'obus en cours d'atterrisement le but est de les fusionner avec une mise en lumière et profilage de berge en pente douce.
- **Mare 5 :** désembroussaillement des berges pour une mise en lumière et permettre le développement des herbiers aquatiques
- **Mare 6 :** création d'une mare prairiale pédagogique avec installation d'un panneau à l'attention du publique expliquant l'action et l'écosystème présent.

La mesure de compensation sera associée à :

- La mise en place d'une gestion à long terme (30 ans) des milieux restaurés ou créés ;
- La mise en place d'un suivi à long terme.

**Localisation des mesures sur le bois de Célie avec l'AEV**




Mare à créer

**5 mares restaurées**

→Renforcement d'un réseau fonctionnel entre la mare prairiale créée et les mares existantes

*d. Compensation d'habitats en faveur du faucon hobereau*

**Espèces concernées :** Faucon hobereau

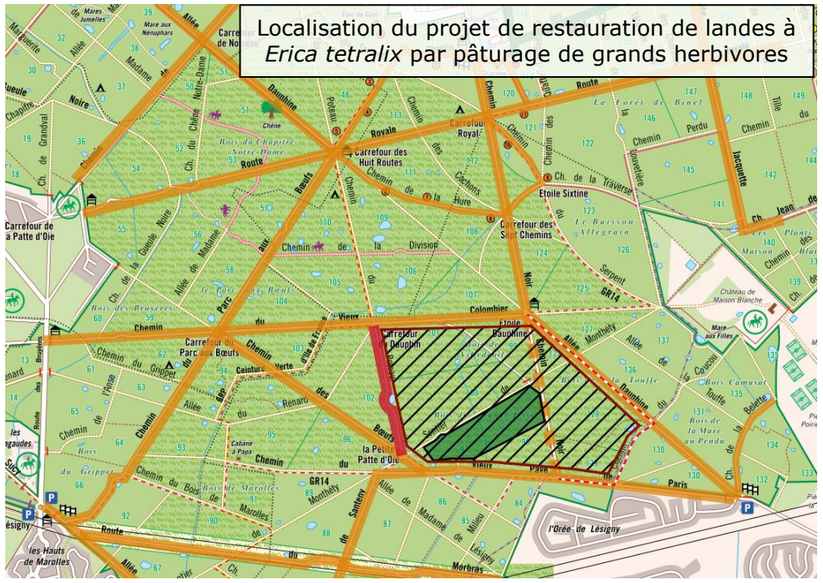
**Acteurs concernés (partenariat)** :

1. *Ex- situ : ONF Forêt de Notre- Dame*

Le Faucon hobereau est considéré comme nicheur possible au niveau de la friche Arrighi en raison de l'observation d'un adulte criant à de nombreuses reprises et poursuivant un Epervier d'Europe début juillet. Toutefois, au regard de la patrimonialité de l'espèce et de son comportement son caractère nicheur sera vérifié. Il est, en effet, reconnu que le Faucon hobereau est très peu fidèle à son nid. Cette espèce utilise des nids abandonnés par d'autres espèces. La présence de l'espèce sera donc vérifiée en période de nidification l'année précédant le démarrage des travaux. Si la nidification de l'espèce est avérée lors de ces passages, son site de nid sera localisé et celui-ci sera maintenu lors de la phase chantier dans la mesure du possible. Si le nid ne peut être maintenu lors de la phase chantier, les opérations de défrichement seront réalisées à l'automne-hiver 2016-2017 (en dehors de la période de reproduction de l'espèce) afin d'éviter tous risques de destruction de nichée.

Au regard des impacts induits par le projet sur le Faucon hobereau, la présente mesure de compensation vise à développer des habitats d'alimentation pour le Faucon hobereau afin de favoriser la nidification de l'espèce. En effet, le Faucon hobereau à tendance à nicher à proximité de milieux aquatiques favorables à son alimentation.

## 1. Mesure de compensation : création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame




Cette mesure s'intègre dans un projet plus vaste porté par l'ONF qui ambitionne de restaurer une lande à Erica tetralix par pâturage par de grands herbivores en forêt de Notre Dame. Dans le cadre de ce projet, l'ONF prévoit la création de mares dans un objectif d'alimentation en eau des espèces. La mesure de compensation vise donc à apporter une plus-value écologique au projet au travers des actions suivantes :

- Identification par un écologue de terrain des arbres favorables à la nidification du Faucon hobereau à maintenir dans le cadre du projet porté par l'ONF ;
- Appui technique à l'ONF pour la réalisation de berges en pentes douces favorables au développement d'une végétation aquatique et de la faune associée, source d'alimentation pour le Faucon hobereau ;
- Financement de la création des berges en pentes douces ;
- Mise en place d'un suivi de l'espèce à long terme.

### Identification des arbres à maintenir dans le cadre du projet de l'ONF

Le projet porté par l'ONF intègre des opérations ciblées d'abattage d'arbres. En amont de ces opérations, un écologue expertisera le terrain afin d'identifier des résineux porteur de nids de corneilles noires favorables à la nidification de l'espèce (87 % des nids occupés par le faucon hobereau sont des nids de Corneilles noires H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001), en particulier les Epicéas en lisière. Cette action permettra de localiser précisément ces éléments qui seront maintenus dans le cadre de la mise en œuvre du projet de l'ONF.

### Profilage de la mare en pente douce

Le Faucon hobereau apprécie les zones humides et les territoires ouverts. Il n'est pas rare qu'il s'éloigne de son site de nidification pour chasser, mais il chassera volontiers à proximité du nid si la disponibilité en nourriture y est adéquate. Il chasse en vol de gros insectes ou des passereaux. La présence de la lande à *Erica tetralix* intraforestière et l'aménagement de mares favorables aux libellules constitueront un territoire de chasse idéal pour l'espèce.

Pour que la ou les mares soient effectivement favorables au Faucon hobereau, elles devront présenter un profil en coupe asymétrique possédant une pente douce à l'origine de l'installation d'une végétation aquatique et hélophytique favorable à la nidification de petits passereaux et la reproduction des odonates. La surface de ou des mares doit être relativement importante, c'est-à-dire au minimum de 1 are. Une fosse centrale permettra de maintenir un niveau d'eau même pendant la période sèche (voir schéma ci-dessous).

Une mise en défend d'une mare d'au moins 1 are sera réalisée par la pose de barrière imperméable aux grands mammifères afin d'éviter son piétinement.

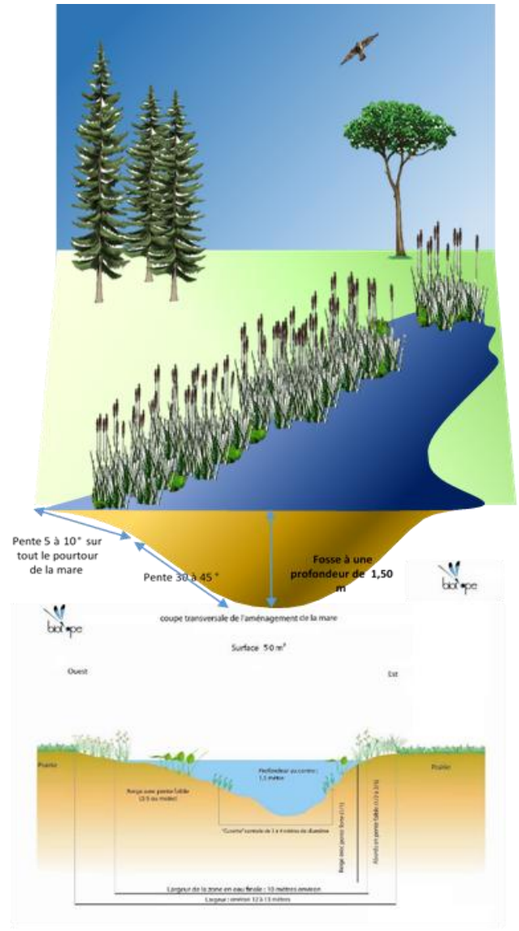



**Schéma du profilage de berges en pentes douces – © Biotope**

**Mise en place d'un suivi à long terme**

Un suivi annuel au cours des 3 premières années suivants la création de la mare sera réalisé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces inféodées à ce type de milieux.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats restaurés et de suivre spécifiquement le Faucon hobereau.

*e. Conclusion sur les mesures de compensation*

Les mesures de compensation en cours de définition avec l'AEV et l'ONF permettront d'aboutir à une équivalence écologique par rapport aux impacts résiduels induits par le projet.

En particulier, les mesures de compensation mises en œuvre respecteront une compensation surfacique selon un ratio égal ou supérieur à 1. Par ailleurs, les mesures seront mises en œuvre sur du foncier public et pérenne de manière à assurer la pérennité des mesures et le maintien des populations d'espèces. Enfin, il est important de souligner que l'état de conservation des milieux impactés est dégradé sur certains secteurs (friche de la base ferroviaire en cours de fermeture, mare de Noisy-Champs en cours d'atterrissement notamment). Les mesures de compensation mises en œuvre auront pour ambition d'apporter une plus-value écologique par rapport aux milieux impactés par la création / restauration de milieux dans un meilleur état de conservation.

Compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, il s'avère que le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.

## 1.10.6 Mesures de suivi concernant le milieu naturel

### *1.10.6.1 Le plan de management environnemental et démarche d'Eco-conception*

Les outils de la démarche générale présentés dans le chapitre « Démarche environnementale pour le projet » de la pièce B2 (démarche d'écoconception, charte environnement des chantiers, registre des nuisances et plan de management environnemental) s'appliquent aux mesures relatives à la biodiversité et permettent à la fois de respecter la méthode « Evitemment-Réduction-Compensation » et d'assurer la traçabilité des opérations.

### *1.10.6.2 Mise en place d'un suivi environnemental de chantier par un écologue*

Dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires, le coordinateur et les correspondants environnement et se rendra sur le terrain, à une fréquence à déterminer avec la Société du Grand Paris, pour s'assurer du bon déroulement du chantier.

L'ingénieur-écologue en charge du suivi écologique de chantier interviendra en appui :

- du référent environnement au sein de la maîtrise d'œuvre,
- des ingénieurs environnement des entreprises.

Cette mesure consiste en la participation d'un ingénieur écologue à la phase de préparation des travaux ainsi qu'à la phase chantier et post-chantier afin de s'assurer que les aspects environnementaux soient bien considérés.
Plus précisément, il interviendra :

**1/ Phase préliminaire**

- Suivi des espèces sur le terrain (mise à jour de l'état de référence et notamment de la localisation des éléments à enjeux : au cours de l'année précédant le démarrage des travaux) ;
- Rédaction d'un cahier des prescriptions écologiques à respecter par les entreprises (« doctrine de chantier »). Ce cahier est le plus souvent intégré directement dans les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).

**2/ Phase préparatoire du chantier**

- Appui à l'ingénieur environnement chantier pour la sensibilisation des entreprises aux enjeux écologiques. Cette sensibilisation se fera dans le cadre de la formation / accueil général des entreprises et sera faite par l'ingénieur environnement ;
- Localisation des éléments à enjeux écologiques (espèces protégées, habitats d'espèces protégées, etc.) et éventuellement leur présentation aux entrepreneurs, à travers notamment de la cartographie précise (1/1000 à 1/5000) des groupements végétaux et des habitats d'espèces animales ou végétales identifiés comme patrimoniaux ;
- Balisage des zones sensibles du point de vue écologique, situées à proximité de la zone de chantier ;
- Appui de l'ingénieur environnement chantier pour l'élaboration d'un programme d'exécution sur le volet biodiversité (document rédigé par les entreprises précisant les modalités et moyens mis en œuvre pour respecter les prescriptions écologiques de chantier définies dans la phase préliminaire ;
- Analyse des plans fournis par les entreprises (zones de stockage, voies d'accès) en fonction des contraintes écologiques et appui de l'ingénieur environnement pour la validation des plans.

**3/ Phase chantier**

- Appui à l'ingénieur environnement chantier pour la sensibilisation continue des entreprises au respect des milieux naturels ;
- Suivi sur le terrain du respect des prescriptions écologiques par les entreprises, via des visites régulières de chantier ;
- Suivi des espèces sur le terrain. Ce suivi concernera les zones sensibles identifiées à proximité du chantier mais aussi directement au sein de l'emprise des travaux ;
- Appui à l'ingénieur environnement pour la coordination, tout au long du chantier, avec le référent environnement des entreprises en charge des travaux ;
- Assistance dans le cadre des éventuelles opérations de déplacement des espèces (reptile notamment) ;
- Assistance pour l'éradication des espèces végétales invasives ;

- En fonction des difficultés rencontrées sur le terrain, proposition de nouvelles prescriptions ou révision de certaines prescriptions ;
- Vérification régulière sur le terrain du bon état des installations mises en place pour la protection des milieux naturels (balisage notamment).

**4/ Phase post-chantier**

- Assistance à l'ingénieur environnement du chantier pour définir les mesures de remise en état du site et suivi de la procédure de remise en état.

#### *1.10.6.3 Suivi de la nidification du Faucon hobereau*

Dans le cadre des expertises de terrain réalisées en 2014, le Faucon hobereau est considéré comme nicheur possible au niveau du secteur d'aménagement de la friche Arrighi en raison de l'observation d'un adulte criant à de nombreuses reprises et poursuivant un Epervier d'Europe début juillet 2014. Toutefois, au regard de la patrimonialité de l'espèce et de son comportement, son caractère nicheur sera vérifié.

Il est, en effet, reconnu que le Faucon hobereau est très peu fidèle à son nid. Cette espèce utilise des nids abandonnés par d'autres espèces (et principalement des nids de Corneille noire[11]).

Le suivi de l'espèce consistera à réaliser des expertises complémentaires en amont au démarrage des travaux. Trois passages de terrain seront réalisés aux mois de mai, juin et juillet 2016, les travaux débutant en mai 2017.

Si la nidification de l'espèce est avérée lors de ces passages, son site de nid sera localisé et celui-ci sera maintenu lors de la phase chantier dans la mesure du possible. Si le nid ne peut être maintenu lors de la phase chantier, les opérations de défrichement seront réalisées à l'automne-hiver 2016-2017 (en dehors de la période de reproduction de l'espèce) afin d'éviter tous risques de destruction de nichée.

#### *1.10.6.4 Suivi de l'ensemble des espèces protégées et patrimoniales*

Un suivi des populations des espèces protégées et patrimoniales sera mené pour évaluer leur évolution depuis l'état initial réalisé jusqu'en 2014. Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations.

Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude pendant et après chantier ;
- des populations déplacées sur des milieux de report pendant et après travaux ;
- des populations sur les milieux restaurés *via* les mesures compensatoires.

La mesure consiste à réaliser un bilan des populations d'espèces protégées sur site, tous les 4 ans pendant 30 ans, à partir du démarrage des travaux.

Ces suivis visent à établir un suivi des espèces protégées et patrimoniales sur site en gardant le même effort de prospection que lors de la réalisation de l'état initial de l'étude d'impact. Cette étude d'impact avait nécessité la réalisation de plus de 20 journées de terrain sur l'ensemble de l'année pour couvrir la phénologie des différentes espèces. Le même effort de prospection de 20 journées de terrain sera maintenu pour chacune des occurrences.

Les travaux débutant fin 2015, le suivi débutera en 2016 et sera ensuite réalisé en 2020, 2024, 2028, 2032, 2036, 2040 et 2044.

A noter que des suivis complémentaires seront réalisés à intervalles de temps plus courts pour le groupe des insectes sur les milieux de report où les populations auront été déplacées. Ainsi, un suivi annuel sera réalisé les trois années qui suivront l'opération de déplacement réalisées sur les sites de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, de la friche Arrighi et du SMR de Champigny.

### 1.10.1 Synthèse des impacts et mesures associées relative au milieu naturel

A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent sur les espèces suivantes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse, Œdipode turquoise, Azurée des cytises, Grenouille agile, Triton alpestre, Triton ponctué, Triton palmé, Linotte mélodieuse et Faucon hobereau. Ces impacts concernent la destruction d'habitats des espèces précitées, à hauteur de 4,1 ha de friches herbacées et arbustives (dont 2,3 ha de friche thermophile haute, 0,8 ha de friche rase à écorchée et 1 ha de friche herbacée et arbustive), d'une mare et de 3,3 ha d'habitats boisés (dont 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens et 0,08 d'habitat de nidification du Faucon hobereau).

Des mesures de compensation in-situ et ex-situ sont mises en œuvre et font l'objet de partenariat avec l'Agence des Espaces Verts dans le cadre de la compensation « faune, flore » et avec l'Office National des Forêts. Par ailleurs la compensation « boisement » détaillée dans le chapitre suivant a été travaillée avec l'ONF afin d'apporter une plus-value forestière répondant aux attentes du code forestier mais aussi écologique afin de renforcer la cohérence des mesures de compensation écologiques proposées.

**Pour conclure, il résulte que, compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.**

[11] *H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001*

**Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – milieu naturel, faune, flore et continuités écologiques**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mesures d'évitement et de réduction spécifiques | Mesures générales | Mesures de compensation |
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | **Ile de Monsieur** | Insectes patrimoniaux : destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Rendre la zone défavorable pour le groupe afin de favoriser le report des espèces sur les habitats alentours favorables<br>Adaptation de la période de travaux | Formation du personnel de chantier<br>Évitement de la prolifération d'espèces invasives<br>Remise en état du sol après travaux<br>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers<br>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures<br>Adaptation du calendriers de début de travaux<br>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Gare Pont de Sèvres** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | |
| | **Place de la Résistance** | Milieux aquatiques **:** déchets flottants dans la Seine**,** chute de matériaux et sédiments**,** pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées | Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier<br>Mise en place de barrière anti-MES<br>Mesures simples de prévention | | |
| | **Gare Issy RER** | Continuités écologiques : diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (définit par le SRCE) | Remise en état des abords de la gare par traitement paysager et plantation d'arbres sans imperméabilisation du sol | | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | **Fort d'Issy-Vanves-Clamart** | Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de la station<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles<br>Oiseaux : Adaptation de la période de travaux | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Parc Henri Barbusse<br>Square Malleret Joinville<br>Fort de Vanves<br>Cimetière Parisien<br>Pierre Plate** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | |
| | **Gare de Bagneux** | Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | |
| | **Parc Robespierre<br>Gare d'Arcueil Cachan** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mesures d'évitement et de réduction spécifiques | Mesures générales | Mesures de compensation |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | **Square du Général de Gaulle** | Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Flore patrimoniale : mise en défense ou déplacement de l'espèce sur le parc Raspail<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux | Formation du personnel de chantier<br>Évitement de la prolifération d'espèces invasives<br>Remise en état du sol après travaux<br>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers<br>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures<br>Adaptation du calendriers de début de travaux<br>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Jardin panoramique** | Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Flore patrimoniale : mise en place d'un balisage des stations<br>Oiseaux : Adaptation de la période de travaux | | |
| | **Villejuif Institut Gustave Roussy** | Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations<br>Insectes : dégradation, destruction d'habitat et d'individus<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Amphibiens : dégradation d'habitat terrestre, dérangement | Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées<br>Insectes : déplacement des populations des orthoptères, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Amphibiens : mise en place de barrières anti-retour, gestion adaptée du chantier | | **<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny<br>**<u>Compensation insectes ex-situ :</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis |
| | **Rue du Génie Vitry Centre** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| **Vitry centre à Champigny Centre** | **Rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **SMI de Vitry** | Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement<br>Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | |
| | **Gare Le Vert de Maisons** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement<br>Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | |
| | **Impasse de l'Abbaye** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mesures d'évitement et de réduction spécifiques | Mesures générales | Mesures de compensation |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | **Friche Arrighi** | Flore patrimoniale : destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales<br>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées<br>Insectes : déplacement des populations des orthoptères (Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée)<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux et suivi avant travaux pour vérifier la nidification du Faucon Hobereau<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement | Formation du personnel de chantier<br>Évitement de la prolifération d'espèces invasives<br>Remise en état du sol après travaux<br>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers<br>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures<br>Adaptation du calendriers de début de travaux<br>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés | **Compensation insectes dans le fuseau d'étude :** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny<br>**Compensation insectes ex-situ:** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis<br>**Compensation Faucon hobereau :** création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame |
| | **Avenue Charles Floquet** | Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement<br>Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | **Gare de Champigny Centre Clos du pré de l'étang** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Bry-Villiers-Champigny Ave Henri Dunant Villiers** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Espèces invasives : Risque de propagation des invasives | Adaptation de la période de travaux<br>Espèces invasives : délimitation des stations | | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mesures d'évitement et de réduction spécifiques | Mesures générales | Mesures de compensation |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | **SMR de Champigny et OA 0813P** | Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité<br>Espèces invasives : risque de propagation des invasives | Insectes : déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles<br>Continuités écologiques : réaménagement du site prenant en compte cette dimension<br>Espèces invasives : délimitation des stations | Formation du personnel de chantier<br>Évitement de la prolifération d'espèces invasives<br>Remise en état du sol après travaux<br>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers<br>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures<br>Adaptation du calendriers de début de travaux<br>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés | **<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny<br>**<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis |
| | **Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny** | Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier<br>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Flore patrimoniale : programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation<br>Insectes : déplacement des populations d'Œdipode turquoise<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence de l'espèce avérée | | **<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny<br>**<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis |
| | **Sentier des marins** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Reptiles : retraites refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Place des Yvris** | Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées<br>Oiseaux : adaptation de la période de travaux | | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mesures d'évitement et de réduction spécifiques | Mesures générales | Mesures de compensation |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | **Rue du Ballon** | Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats | Adaptation de la période de travaux | Formation du personnel de chantier<br>Évitement de la prolifération d'espèces invasives<br>Remise en état du sol après travaux<br>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers<br>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures<br>Adaptation du calendriers de début de travaux<br>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés | Aucune mesure de compensation n'est nécessaire |
| | **Gare de Noisy-Champs**<br>**OA Bd du Ru de Nesles**<br>**OA Bd de Champs Nesles** | Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Amphibiens : dérangement, destruction d'individus et d'habitats<br>Chiroptères : destruction d'arbres âgés potentiellement favorables à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos<br>Mammifères : dérangement, dégradation et destruction d'individus et d'habitats<br>Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE<br>Espèces invasives | Oiseaux : adaptation de la période de travaux<br>Amphibiens : mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces<br>Chiroptères : adaptation du calendrier de défrichement, passage d'un écologue, précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré<br>Mammifères : adaptation du calendrier travaux<br>Continuités écologiques : compensation boisée prenant en compte cette dimension de fonctionnalité et de continuité écologique<br>Espèces invasives : export de terre limité et traitement dans une filière adaptée, suivi des espèces invasives par un écologue de chantier | | **<u>Compensation amphibiens :</u>**<br>Création d'une mare prairiale et participation à la restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (AEV) |

### 1.10.2 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

**Coûts des mesures concernant la Faune, la flore et les habitats naturels**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | **Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires** | **Estimation chiffrée des coûts** |
| **Mesures générales** | | |
| Formation obligatoire du personnel de chantier | À intégrer à la mission du Coordinateur environnemental | - |
| Éviter la prolifération d'espèces invasives | Décapage et mise en dépôt, ou évacuation de la terre végétale (sans traitement) : 3 à 4 euros le m3<br>Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m² | Pas de données relatives aux volumes des déblais |
| Remise en état du sol après travaux | Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m3<br>Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m3<br>Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3<br>Plantations : dépendant des essences sélectionnées | La plupart des infrastructures sont situées en contexte urbain<br>Dépend du volume exporté |
| Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles | - Bassin de décantation provisoire : 20 à 35 € par m²<br>- Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 € par ml<br>- Imperméabilisation par géomembrane : 8 à 10 € par m² | S'agissant du plan de lutte contre les pollutions accidentelles, il convient de se référer à la partie milieu physique superficiel. |
| Balisage de l'emprise du chantier | <u>Coût du balisage :</u><br>- Rubalise entre 15€ le rouleau de 500 m (rubalise simple) et 32€ le rouleau de 250 m (rubalise biodégradable et personnalisable)<br>- Grillage plastique : de 48 à 58 € les 50 m en fonction de l'épaisseur<br>- Cordage<br>- Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ)<br><u>Coût des clôtures</u> :<br>- clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire | Intégré dans le programme de conception |
| Adapter le calendrier des travaux | Pas de coût associé. Il convient de l'intégrer au plus tôt au programme de travaux et à la mission du maître d'œuvre lors de la planification du chantier. | À intégrer dans le programme de conception |
| Ne pas éclairer le chantier la nuit | Le coût de cette mesure est difficilement estimable. Il apparait vraisemblablement comme négatif, puisqu'il permet une économie d'énergie. | - |
| **Mesures spécifiques** | | |
| Déplacement d'individus en amont de la phase chantier et comblement des milieux de reproduction | Intervention de l'écologue à intégrer à la mission du coordinateur environnemental<br>Barrières anti-retour : 20 € / ml environ (variable selon matériel choisi)<br>Prestation de déplacement des individus d'amphibiens : coût variable selon le prestataire choisi<br>- | Coût variable selon le prestataire choisi pour le déplacement |
| Mise en place de barrières anti-retour pour les amphibiens | Barrières anti-retour : 20 € / ml environ (variable selon matériel choisi) | **50 000 €**<br>(pour 2,5 km de barrière) |

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | **Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires** | **Estimation chiffrée des coûts** |
| Rendre la zone de travaux peu attractive | A intégrer dans le programme de travaux | Pas de surcoût |
| Précaution à prendre pour de l'abattage d'arbre | A réaliser dans le cadre du suivi de chantier par un écologue | Pas de surcoût estimé si intégré suffisamment en amont des travaux |
| Réaliser des caches de substitution pour la petite faune | Intervention de l'écologue à intégrer à la mission du coordinateur environnemental<br>Plaque à reptiles : 5€ / m²<br>Caches de substitution de type tas de pierres, de branchage, etc. : pas de surcoût | Variable selon le choix des caches de substitution |
| Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier puis fauche et terrassement des habitats d'espèces | Passage d'écologue pour la capture et le déplacement : environ 500 € | **4 500 €**<br>pour 9 passages (3 passages par site) |
| Mise en place de murets en pierres sèches | Muret en pierres sèches : 100 € / ml environ | Variable suivant la longueur réalisée |
| **Mesures de compensation** | | |
| Création d'une toiture végétalisée constituée de friches herbacées et arbustives (1,3 ha) en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny | Création d'habitats favorables aux insectes. Coût intégré dans le programme de travaux | A intégrer au programme de travaux |
| Mesure de compensation sur la forêt de Célie<br>(Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres)) | Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières : 36 000 €<br>Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 €<br>Entretien sur 30 ans : 7 000 € | **49 000 €** |
| Mesure de compensation sur la forêt d'Etrechy (AEV)<br>(restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques, dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis et pelouses sur rocheur calcaréo-siliceux) | Restauration d'habitats favorables aux insectes et à la Linotte mélodieuse : 15 000 €<br>Entretien sur 30 ans : 25 000 € | **40 000 €** |
| Assistance pour la définition des conditions nécessaires à la mise en œuvre de berges en pentes douces favorables à l'alimentation du Faucon hobereau et création de ces berges | Non évalué à ce stade | Non évalué à ce stade |
| **Mesure de suivi** | | |
| Suivi de la nidification du Faucon hobereau | Trois expertises de terrain par un écologue : 1 800 €<br>Rapport de synthèse : 500 € | **2 300 €** |
| Suivi de l'ensemble des populations d'espèces protégées et patrimoniales | 20 journées de terrain par un écologue : 12 000 €<br>Rapport de synthèse : 2 000 € | 14 000 € par année de suivi, soit un total de **98 000 €** |

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | **Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires** | **Estimation chiffrée des coûts** |
| Suivi complémentaires des populations d'insectes déplacées | 3 journées de terrain par an par un écologue sur les 3 sites concernés par des opérations de déplacement : 1 800 €<br>Rapport de synthèse : 500 € | **4 600 €** |
| Suivi sur 30 ans de la mesure de restauration d'habitats de friche favorables aux insectes et à la Linotte mélodieuse sur la forêt d'Etrechy | Suivi à long terme de la mesure : 10 000 € | **10 000 €** |
| Suivi sur 30 ans de la mesure de création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres) | Suivi à long terme de la mesure : 10 000 € | **10 000 €** |
| Suivi écologique du chantier | Mise en place d'un PRE (plan de Respect de l'Environnement) et SOPRE (Schéma Organisationnel du PRE), suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au Document de Consultation des Entreprises de travaux<br>Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité<br>Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j<br><u>Coût du suivi de chantier :</u><br>- Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT / an en sus des autres prestations de suivis<br>- Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener | Suivi écologue = 25 000 € |

# 1.11 Boisements au sens du Code forestier

## 1.11.1 Méthodologie d'évaluation des niveaux d'impact

Chaque impact est caractérisé selon son type (direct, indirect) et sa durée (temporaire, permanent).

Un projet peut présenter deux types d'impacts :

- **des impacts directs** : ils se définissent par une interaction directe avec l'élément considéré (espèce, habitat naturel, topographie, etc.).
- **des impacts indirects** : ils se définissent comme les conséquences secondaires liées aux impacts directs du projet et peuvent également se révéler négatifs ou positifs.

A cela s'ajoute le fait qu'un impact peut se révéler temporaire ou permanent :

- l'**impact** est **temporaire** lorsque ses effets ne se font ressentir que durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- l'**impact** est **permanent** dès lors qu'il persiste dans le temps et peut demeurer immuable.

La quantification de l'impact potentiel du projet (et plus spécifiquement des opérations de défrichement induites par le projet) est basée sur le croisement de plusieurs critères fonction des thématiques considérées. Ces critères sont présentés dans chacune des thématiques correspondantes.

## 1.11.2 Synthèse des surfaces de boisements défrichées

**Tableau de synthèse des surfaces de boisements soumis au Code forestier défrichées**

| Boisement | Commune | Superficie totale du boisement | Ouvrage concerné | Superficie impactée par l'emprise chantier |
|---|---|---|---|---|
| Boisement du Fort de Vanves | Malakoff | 0,95 ha | Ouvrage annexe 2001P | 959 m² |
| Boisement de Bry-Villiers-Champigny | Villiers-sur-Marne | 0,57 ha | Gare de Bry-Villiers-Champigny | 5 691 m² |
| Boisement du SMR de Champigny | Champigny-sur-Marne | 1,04 ha | SMR de Champigny | 4 942 m² |
| Boisements de Noisy-Champs | Noisy-le-Grand /Champs-sur-Marne | 8,12 ha | Gare, avant-gare et arrière-gare de Noisy-Champs | 57 725 m² |
| **TOTAL** | | **10,68 ha** | **-** | **69 317 m² (6,9 ha)** |

## 1.11.3 Impacts et mesures d'évitement et de réduction à l'échelle du fuseau d'étude

### *1.11.3.1 Impacts sur le climat*

A l'échelle du projet, les travaux de défrichement portent sur moins de 7 ha. A l'échelle de chacune des opérations de défrichement (opérations de défrichement inférieures à 1 ha à l'exception de Noisy-Champs), le taux d'humidité dans l'air ne sera pas sensiblement modifié suite à une diminution du phénomène d'évapotranspiration du boisement.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

**L'impact résiduel du projet sur le climat (impact indirect, permanent et à court terme) est donc considéré comme négligeable à l'échelle régionale et locale et nul à l'échelle macrosystémique**.

### *1.11.3.2 Impacts sur la topographie*

Les opérations de défrichement sur l'ensemble des boisements considérés ne sont pas de nature à modifier la topographie du terrain naturel.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

**L'impact résiduel du défrichement sur la topographie (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme négligeable**.

### *1.11.3.3 Impacts sur les sols*

Les opérations de défrichement nécessiteront l'utilisation d'engins sylvicoles de fort tonnage qui pourraient être à l'origine d'une perturbation de la structure des sols notamment par tassement. Toutefois, le défrichement porte sur des bois qui ne font l'objet d'aucune exploitation forestière. En conséquence, le défrichement et la réutilisation des sols par les emprises du projet ne génèreront pas de perte de sols à valeur forestière.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

**L'impact résiduel du défrichement par dégradation de la structure des sols (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme nul**.

### *1.11.3.4 Impacts sur les eaux superficielles et souterraines*

En ce qui concerne les eaux superficielles, la mise à nu des sols liée aux travaux de défrichement augmentera la vitesse et le volume des eaux de ruissellement. En ce qui concerne la concentration en matières en suspension (M.E.S), celle-ci est liée à la pente d'un terrain. En raison de la topographie des terrains concernés, la concentration en M.E.S sera négligeable.

Ce n'est pas tant l'opération de défrichement que les moyens utilisés (circulation des engins notamment) pour réaliser ce défrichement qui sont susceptibles de générer un risque de pollution accidentelle (fuites d'hydrocarbures ou d'huiles, rejet de matières en suspension, etc.). Cette

pollution accidentelle provenant du matériel utilisé peut également être à l'origine d'un impact sur les eaux souterraines.

Afin de réduire au maximum les risques de pollutions accidentelles, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées.

En cas de pollution accidentelle au moment des travaux sur le chantier lui-même, les mesures seront immédiatement prises pour confiner cette pollution : (1) prélèvement et isolement des terres souillées et (2) récupération des eaux de ruissellement dirigées vers des bacs de rétention spécifiques, ou dans l'ouvrage de traitement de la pollution chronique si celui-ci est atteint.

Compte tenu des faibles superficies à défricher, du nombre réduit d'engins sylvicoles nécessaires, des courtes périodes d'intervention et des mesures mises en œuvre, **l'impact résiduel du défrichement sur les eaux superficielles et souterraines (impact direct, temporaire et à court terme) est considéré comme faible à modéré.**

### *1.11.3.5 Impacts sur les risques majeurs naturels (mouvement de terrain, incendies, état phytosanitaire des végétaux)*

*a. Impact sur le risque d'érosion (mouvement de terrain)*

Le système racinaire des arbres maintient le sol en place. La mise à nu du sol sera à l'origine d'une augmentation de la vitesse des eaux de ruissellement. Les risques d'érosion du sol seront donc accrus par les travaux de défrichement. Toutefois, les superficies concernées et la morphologie des terrains relativement plane au droit des boisements les rendent naturellement peu sensibles à ce phénomène d'érosion. Seul le boisement du SMR de Champigny est localisé sur un terrain présentant une déclivité depuis la rue de Bernaü vers la rue Benoît Frachon. Toutefois, cette déclivité est plus importante sur les terrain localisés au nord du boisement et décroit en direction du boisement concerné par les travaux.

Ces risques d'érosion restent par ailleurs temporaires au niveau des futures emprises des ouvrages du projet (ouvrages annexes, gares et sites de maintenance) puisque les opérations de terrassement succèderont à celles du défrichement et participeront à compacter le substrat.

Afin de réduire au maximum les impacts liés à la mise à nu des sols, les secteurs non concernés par de futures emprises projet seront pour la plupart vouées à être paysagées et donc végétalisées ce qui annihilera les risques d'érosion.

**L'impact résiduel du défrichement sur l'érosion des sols (impact direct, temporaire et à court terme) est donc considéré comme négligeable sur les boisements du Fort de Vanves, de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny. A Noisy-Champs, l'impact du défrichement sur l'érosion des sols (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible en raison du maintien à nu des sols à l'issue des travaux.**

*b. Impact sur le risque d'incendie*

Les travaux de défrichement, en tant qu'intervention humaine et mécanisée, sont susceptibles d'augmenter le risque d'incendie. Toutefois, les opérations de défrichement seront réalisées sur de courtes périodes en raison des faibles surfaces concernées par ces travaux. Par ailleurs, les données météorologiques, issues de la station Météo-France de Paris-Montsouris montrent que, sur cette station, les vents sont relativement faibles puisque les vents de sud-ouest et les vents de nord-est dont la vitesse est inférieure à 4,5m/s sont dominants. Les vents dont la vitesse est supérieure à 8m/s sont quasiment absents.

Par ailleurs, et afin de réduire au maximum les risques d'incendie, les travaux de défrichement seront réalisés à l'automne ou en hiver.

**L'impact résiduel du défrichement sur les risques incendie (impact direct, temporaire et à court terme) est considéré comme négligeable.**

*c. Impact sur l'état phytosanitaire des végétaux*

Les poussières émises seront limitées aux périodes de défrichement. Les particules émises sont susceptibles d'obstruer les stomates des végétaux alentours. Toutefois, en raison des faibles superficies à défricher, la quantité de particules émise devrait être limitée et éliminée lors des premières pluies importantes consécutives aux travaux de défrichement.

Dans la mesure du possible, le bois ne sera pas broyé sur place de manière à limiter au maximum les émissions de poussières.

**L'impact résiduel du défrichement sur l'état phytosanitaire des végétaux, lié à l'émission de poussières (impact indirect, temporaire et à court terme), est donc considéré comme faible.**

Par ailleurs, les précautions seront prises afin que le passage des véhicules écrase le moins possible les racines et évite de donner des chocs aux arbres appelés à être conservés en limite des zones de défrichement. Le boisement de Bry-Villiers-Champigny, intégralement voué à être défriché, n'est pas concerné par cet impact.

Afin de réduire au maximum cet impact, un balisage des arbres voués à être défrichés sera réalisé en amont du démarrage des travaux de défrichement.

**L'impact résiduel du défrichement sur l'état phytosanitaire des végétaux (impact indirect, temporaire et à court terme) est considéré comme faible.**

### *1.11.3.6 Impacts sur les milieux naturels*

Les travaux de défrichement seront à l'origine de la destruction de boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie et de boisements nitrophiles pionniers. Le tableau ci-dessous synthétise les superficies défrichées par type de peuplement forestier.

**Tableau de synthèse des surfaces de boisements défrichées en fonction du type de peuplement forestier**

| Type de peuplement forestier | Boisements | Essence(s) forestière(s) majoritaire(s) | Superficie totale par type de peuplement forestier | Surface du défrichement et pourcentage par rapport à la superficie totale |
|---|---|---|---|---|
| **Boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie** | Noisy-Champs (partie sud) | Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Frêne, Charme, Tilleul, Noisetier, Erable champêtre | 6,6 ha | 4,2 ha (soit 65% des boisements de type chênaie-charmaie présents à l'échelle du projet) |
| **Boisements nitrophiles pionniers** | Boisement du Fort de Vanves | Tilleul, Frêne | 2,6 ha | 2,7 ha (soit 65 % des boisements de type boisements nitrophiles pionniers présents à l'échelle du projet) |
| | Boisement de Bry-Villiers-Champigny | Frêne | | |
| | Boisement du SMR de Champigny | Frêne, Merisier, Orme | | |
| | Boisement de Noisy-Champs (partie nord) | Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Charme, Tilleul, Noisetier, Erable champêtre, Chêne pédonculé, Merisier | 1,5 ha | |
| **TOTAL** | | | **10,7 ha** | **6,9 ha** |

Les superficies vouées à être défrichées sont significatives à l'échelle des boisements soumis au Code forestier (environ 65 % des boisements neutrophiles de type chênaie-charmaie et 65 % des boisements nitrophiles pionniers). Toutefois, les boisements nitrophiles pionniers sont une forme rudérale de boisements anthropisés par les activités humaines qui ne présentent pas d'enjeux de conservation. Les boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie présentent, eux, une valeur patrimoniale plus importante.

Aucune espèce végétale inféodée aux boisements voués à être défrichés n'est patrimoniale ou protégée.

La zone de chantier ayant été définies au strict nécessaire, les emprises de défrichement ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

**L'impact résiduel du défrichement sur les habitats et sur la flore (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme modéré pour le boisement de Noisy-Champs et faible pour l'ensemble des autres boisements.**

### *1.11.3.7 Impacts sur les milieux naturels, la faune et la flore liés aux zonages du patrimoine naturel*

Les boisements identifiés au sein du fuseau d'étude et voués à être défrichés dans le cadre du projet ne sont concernés par aucun zonage lié au patrimoine naturel.

**L'impact résiduel du défrichement sur les zonages du patrimoine naturel (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.**

### *1.11.3.8 Impacts sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles*

Les boisements voués à être défrichés dans le cadre du projet ne font l'objet d'aucune exploitation forestière.

**L'impact résiduel du défrichement sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.**

### *1.11.3.9 Impacts sur les risques majeurs industriels et technologiques*

Les boisements identifiés au sens du Code forestier ne sont pas localisés à proximité d'installations industrielles dites « à risques » (ICPE hors Seveso et ICPE SEVESO).

**L'impact résiduel du défrichement sur les risques majeurs industriels et technologiques (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.**

### *1.11.3.10 Impacts sur le tourisme et les loisirs*

Aucun des boisements voués à être défrichés n'est à l'origine d'activités touristiques ou de loisirs. Ils sont pour la plupart inaccessibles (boisements clôturés ou occupés par des gens du voyage).

Par ailleurs, aucune activité cynégétique n'est associée aux boisements voués à être défrichés.

**L'impact résiduel du défrichement sur le tourisme et les loisirs (impact indirect, permanent et à court terme) est donc faible à négligeable.**

## 1.11.4 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du Fort de Vanves

### *1.11.4.1 Impacts sur la faune*

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des parcs et jardins est présent au niveau du boisement du Fort de Vanves. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,1 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement du fort de Vanves. La période de nidification est une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

**L'impact résiduel du défrichement sur la faune (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.**

### *1.11.4.2 Impacts sur les continuités écologiques*

Le boisement du Fort de Vanves ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional.

**L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.**

### *1.11.4.3 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel*

Dans le secteur du boisement du Fort de Vanves, les pentes sont douces et les anciennes terrasses alluviales accueillent un tissu résidentiel et collectif dense pourvu de rares espaces verts dont fait partie le boisement considéré. L'emprise chantier liée à l'ouvrage annexe du Fort de Vanves est limitée à l'extrémité nord du boisement. Par ailleurs, des opérations de réaménagement permettront d'intégrer cet ouvrage réduit en surface dans le contexte urbain dans lequel il se situe.

**L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible.**

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

## 1.11.5 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Bry-Villiers-Champigny

### *1.11.5.1 Impacts sur la faune*

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés et ouverts est présent au niveau du boisement de Bry-Villiers-Champigny. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,6 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement de Bry-Villiers-Champigny. La période de nidification est une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

**L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.**

### *1.11.5.2 Impacts sur les continuités écologiques*

Le boisement de Bry-Villiers-Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe, avec le boisement du SMR de Champigny, à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

**L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.**

### *1.11.5.3 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives*

Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de cette espèce.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de cette espèce, la station considérée fera l'objet d'une délimitation en amont des travaux de défrichement. Cette action se fera en présence d'un expert écologue.

**L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.**

### *1.11.5.4 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel*

Le boisement de Bry-Villiers-Champigny est aujourd'hui occupé par des gens du voyage et ne présente pas d'intérêt paysager. Par ailleurs, la gare de Bry-Villiers-Champigny prend place dans un contexte urbain qui favorise son insertion paysagère. Des opérations de réaménagement permettront d'intégrer cette gare dans le contexte urbain dans lequel il se situe.

**L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme négligeable.**

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme nul.**

## 1.11.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du SMR de Champigny

### *1.11.6.1 Impacts sur la faune*

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés est présent au niveau du boisement du SMR de Champigny. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,5 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement du SMR de Champigny. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières étant protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

**L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est donc considéré comme faible.**

### *1.11.6.2 Impacts sur les continuités écologiques*

Le boisement du SMR de Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe, avec le boisement de Bry-Villiers-Champigny, à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définies au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

**L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.**

### *1.11.6.3 Impacts sur les zones humides*

Le boisement du SMR de Champigny a partiellement été identifié comme zone humide à faible enjeu en raison de sa fonctionnalité réduite. Les travaux de défrichement conduiront donc à une destruction partielle de la zone humide considérée.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact. Dans ce contexte et malgré le faible enjeu porté par cette zone humide, elle fera l'objet d'une mesure compensatoire détaillée dans le chapitre relatif aux zones humides.

**L'impact résiduel par destruction partielle de la zone humide du boisement du SMR de Champigny (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.**

### *1.11.6.4 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives*

Deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et du Buddléia de David. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

**L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible.**

### 1.11.6.5 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel

Le projet du SMR de Champigny prend place au sein d'une zone d'activité occupée par des locaux commerciaux. Il est bordé au Sud par le parc Départemental du Plateau et ses jardins familiaux et à l'Est par un second espace boisé public.

Malgré le contexte urbain dans lequel se situe le SMR, une attention particulière a été portée vis-à-vis de l'insertion du bâtiment dans le site. En effet, les dimensions du site (plus de 80 hectares) engagent des enjeux de nivellement et de traitement fin des espaces extérieurs.

Dans ce contexte, l'emprise du chantier sera occultée dans la mesure du possible avec des palissades. En phase exploitation, un traitement paysager des abords du SMR sera mis en place en cohérence avec le contexte paysager. La figure ci-dessous présente une vue 3D de l'intégration paysagère étudiée.




**Vue 3D du SMR de Champigny en phase exploitation**

**L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.**

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

## 1.11.7 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Noisy-Champs

### 1.11.7.1 Impacts sur la faune

A l'issue des expertises de terrain, le cortège d'oiseaux des milieux boisés ainsi que plusieurs espèces d'amphibiens ont été identifiées au niveau du boisement de Noisy-Champs.

*a. Avifaune*

En ce qui concerne les oiseaux, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés est présent au niveau du boisement de Noisy-Champs. Toutefois, l'ensemble des espèces présentes sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement de Noisy-Champs. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

**L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.**

*b. Amphibiens*

Concernant les amphibiens, les travaux de défrichement liés à la construction de la gare de Noisy-Champs seront à l'origine d'une diminution des habitats d'hivernage disponibles pour les espèces identifiées lors des expertises de terrain (Triton alpestre, Triton crêté, Triton ponctué et Grenouille agile). Toutefois, une partie non négligeable du boisement est conservée dans le cadre du projet.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

**L'impact résiduel par destruction/dégradation des habitats d'hivernage en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme modéré.**

Par ailleurs, les mares forestières présentes dans le boisement voué à être défriché seront également détruites lors de la phase chantier. Parmi ces mares, la première, située le plus au nord, est un lieu de reproduction pour le Triton ponctué. Cette mare est toutefois dégradée en raison de la présence récente de gens du voyage à proximité immédiate. La deuxième mare, située au sud du boisement, accueille quatre espèces d'amphibiens (Grenouille agile, Triton alpestre, Triton crêté et Triton ponctué). Cette mare est toutefois aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement.

La zone chantier a été définie au strict nécessaire et un travail de réduction de cette emprise a été mené afin d'éviter la mare concernée par la présence d'amphibiens. Toutefois, les modalités techniques de construction n'ont pas permis de réduite davantage l'emprise chantier.

**L'impact résiduel par destruction des habitats de reproduction en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme modéré pour la Grenouille agile, le Triton alpestre, le Triton crêté et le Triton ponctué.**

Enfin, les emprises chantier étant situées au sein des habitats d'hivernage et de reproduction, un impact par destruction d'individus d'amphibiens existe.

Dans ce contexte, un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier sera mis en place. Cette mesure permettra de limiter la mortalité des populations présentes.
Par ailleurs, des barrières anti-retour seront mise en place autour des emprises chantier et en amont du démarrage des travaux.

**L'impact résiduel par destruction d'individus en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible pour le Triton crêté, le Triton alpestre, le Triton ponctué et la Grenouille agile. Il est considéré comme négligeable pour le Crapaud commun et la Grenouille verte, espèces non présentes au sein du boisement de Noisy-Champs (mais à proximité, dans le parc de la Butte Verte).**

#### *1.11.7.2 Impacts sur les continuités écologiques*

Le boisement de Noisy-Champs participe à un corridor arboré d'intérêt régional (SRCE Ile-de-France). Ce dernier, identifié comme à fonctionnalité réduite, relie les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) au bois de Vincennes. Les autres boisements ne sont pas considérés comme des entités participant aux continuités écologiques d'intérêt régional. Le défrichement de ce boisement conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor auquel il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

**L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme modéré.**

#### *1.11.7.3 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives*

Deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et de la Renouée du Japon. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces, notamment celle de la Renouée du Japon dont la dynamique de propagation est plus importante.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum et les résidus seront traités par une filière adaptée. Les emprises chantier de Noisy-Champs ne faisant pas l'objet d'une opération de réaménagement, les surfaces mises à nu ne seront pas revégétalisées. Dans ce contexte, un suivi sera réalisé par un écologue de terrain pour contenir voire gérer au maximum les repousses.

**L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible à modéré.**

#### *1.11.7.4 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel*

Le boisement de Noisy-Champs est en partie occupé par des gens du voyage et se situe dans un contexte urbain. Par ailleurs, la gare de Noisy-Champs prend place dans un contexte urbain qui favorise son insertion paysagère. Toutefois, les emprises chantier liées à la construction de la gare ne seront pas réaménagées après travaux en raison de l'existence d'un programme d'aménagement plus vaste et piloté par un autre opérateur.

**L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible à modéré.**

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

### 1.11.8 Mesures de compensation concernant les boisements

6,9 ha de boisements vont être défrichés pour débuter les travaux de la Ligne 15 Sud.

Dans ce contexte, des mesures de compensation seront mises en œuvre. Le détail de ces mesures de compensation est en cours de concertation entre les différents organismes concernés. La compensation s'oriente notamment sur la mise en œuvre d'opérations d'enrichissement par plantation en ligne ou en nid à proximité du fuseau de la Ligne 15 Sud, pour un montant équivalent calculé sur la base d'une superficie d'hectare "objectif".

L'Office national des forêts (ONF) est identifié pour porter la réalisation de ces opérations, dans l'objectif de permettre l'identification des actions conduites et de les rendre accessibles aux usagers du Grand Paris Express et habitants concernés par le défrichement.

L'identification de deux secteurs pertinents pour ces opérations de reboisement est en cours de finalisation avec l'ONF. Les secteurs cohérents avec des enjeux pour les continuités écologiques et les milieux humides forestiers sont favorisés.

### 1.11.9 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement précisées dans ce chapitre sont communes à d'autres thématiques. Les coûts liés à ces mesures y sont détaillés dans chacun des paragraphes correspondants. A noter que les principaux coûts seront liés au réaménagement des emprises après travaux.

## 1.11.10 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux boisements

**Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – Boisements au sens du Code forestier**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet | - | - |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Présence du boisement du **Fort de Vanves** | Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration | - |
| | | Impact négligeable sur la topographie | - |
| | | Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement | - |
| | | Impact faible à modéré par pollutions accidentelles | Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet.<br>Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle. |
| | | Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie | - |
| | | Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux | Limitation du broyage du bois sur place.<br>Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux. |
| | | Impact faible sur les habitas, la flore et la faune | - |
| | | Impact négligeable sur les continuités écologiques | - |
| | | Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles | - |
| | | Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques | - |
| | | Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs | - |
| | | Impact faible sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel | Réaménagement après travaux. |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet | - | - |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Vitry centre à Champigny Centre** | Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet | - | - |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet :<br>- boisement de **Bry Villiers Champigny**<br>- boisement du **SMR de Champigny**<br>- boisement de **Noisy-Champs** | Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration | - |
| | | Impact négligeable sur la topographie | - |
| | | Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement | - |
| | | Impact faible à modéré par pollutions accidentelles | Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet.<br>Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle. |
| | | Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie | - |
| | | Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux | Limitation du broyage du bois sur place.<br>Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux. |
| | | Impact faible sur les habitas et la flore pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs | - |
| | | Impact faible sur la faune pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny et modéré à Noisy-Champs | Adaptation de la période de défrichement aux sensibilités de l'avifaune.<br>Mise en œuvre d'un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier (Noisy-Champs).<br>Mise en place de barrières anti-retour (Noisy-Champs). |
| | | Impact faible à modéré sur les continuités écologiques | - |
| | | Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles | - |
| | | Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques | - |
| | | Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs | - |
| | | Impact faible à modéré sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel | Réaménagement après travaux au niveau des boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny. |

## 1.12 Natura 2000

L'objectif de cette partie est de caractériser les interactions possibles du projet sur les sites Natura 2000 à proximité du fuseau d'étude. **Le projet, prévu en souterrain en totalité, ne prévoit pas d'implantation d'ouvrage, de gare ou de base de chantier en site Natura 2000**. Il est localisé dans un contexte urbain et péri-urbain et le site Natura 2000 le plus proche est la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis », dont l'entité la plus proche est le parc de la Haute-Ile (moins de 1 km de la zone d'étude).

Rappel : l'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 s'intéresse uniquement à l'incidence d'un projet sur les espèces ayant permis la désignation du site. Les impacts du projet sur les autres espèces sont traités dans le volet faune-flore-milieux naturels de l'étude d'impact.

### 1.12.1 Présentation du site Natura 2000 le plus proche

Le Réseau Natura 2000 comprend des sites naturels contenant des habitats et des espèces d'importance européenne en application des directives européennes 79/409/CEE dite Directive « Oiseaux » et 92/43/CEE modifiée dite Directive « Habitats ».

Il s'agit des propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (pSIC), des Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) et des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) de la Directive 92/43/CEE modifiée, dite Directive « Habitats », et des Zones de Protection Spéciales (ZPS) de la Directive 79/409/CEE, dite Directive « Oiseaux ».

Les projets, dans ou hors site Natura 2000, doivent faire l'objet d'une évaluation de leurs incidences dès lors qu'ils sont susceptibles d'avoir un impact notable sur les habitats ou les espèces d'intérêt communautaire d'un site Natura 2000. Ces zones Natura 2000 font l'objet d'une réglementation particulière au titre du Code de l'environnement, art. R414-19 : « *Sauf mention contraire, les documents de planification, programmes, projets, manifestations ou interventions listés au I sont soumis à l'obligation d'évaluation des incidences Natura 2000, que le territoire qu'ils couvrent ou que leur localisation géographique soient situés ou non dans le périmètre d'un site Natura 2000.* »

Ainsi, une analyse des sites Natura 2000 5km autour du fuseau d'étude permet d'apprécier la situation du projet vis-à-vis de ces espaces remarquables pour les milieux naturels.

**Le site Natura 2000 le plus proche se situe à moins de 1km du fuseau d'étude sur l'extrémité est. Il s'agit du Parc Départemental de la Haute Ile. Les autres sites les plus proches se situent à environ 5km avec le parc intercommunal du Plateau d'Avron et la Promenade de la Dhuis.**

Ces sites sont intégrés à la ZPS « FR1112013 - Sites de Seine-Saint-Denis », de la directive « Oiseaux ».

La Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR 1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis » est constituée de 15 entités, réparties sur le territoire du département de Seine-Saint-Denis (93), et une petite partie sur le département du Val d'Oise (95). Cette ZPS s'étend sur 20 communes, soit la moitié des villes du département de Seine-Saint-Denis et couvre une superficie de 1 152 hectares.

**Entités de la Zone de Protection Spéciale FR 1112013 « Sites de la Seine-Saint-Denis »**

| Entités | Superficie intégrée à la ZPS (ha) |
|---|---|
| Parc départemental du Sausset | 187 |
| Parc départemental Georges Valbon (anciennement Parc de la Courneuve) | 312 |
| Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis | 33 |
| Bois de la Tussion | 19 |
| Parc forestier de la Poudrerie | 123 |
| Bois de Bernouille | 39 |
| Parc départemental de la Fosse Maussoin | 27 |
| Parc départemental Jean Moulin – Les Guilands | 26 |
| Parc communal des Beaumonts | 25 |
| Parc départemental de la Haute-Ile | 73 |
| Coteaux et plateau d'Avron | 66 |
| Coteaux de Coubron | 82 |
| Forêt régionale de Bondy | 166 |
| Bois de Chelles | 22 |
| Promenade la Dhuis | 11 |

*Source : DocOb « Sites de Seine-Saint-Denis »*

### 1.12.2 Les entités de la ZPS à proximité du fuseau d'étude

**Liste des entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis »**

| Entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis » | Situation par rapport au fuseau d'étude |
|---|---|
| Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis | A plus de 20km |
| Parc départemental Georges Valbon | Plus de 15km |
| Parc départemental Jean-Moulin – Les Guilands | Plus de 5km |
| Parc départemental des Beaumonts | Plus de 4km |
| Parc départemental du Sausset | Plus de 10km |
| Futur parc intercommunal du Plateau d'Avron | Plus de 4km |
| Parc départemental de la Fosse Maussoin | Plus de 5km |
| Parc Forestier de la Poudrerie | A 10km |
| Bois de la Tussion | A 10km |
| **Parc départemental de la Haute-Ile** | **Moins de 1km** |
| Forêt régionale de Bondy | Plus de 5km |
| Promenade de la Dhuis – b-c | Plus de 5km |
| Coteaux de l'Aulnoye (comprenant Coteau de Coubron, Bois de Bernouille, Bois de Chelles, Promenade de la Dhuis – a) | Plus de 5km |

Aucune entité de la ZPS n'est en interaction avec le projet. Toutefois, un focus particulier est fait sur le Parc départemental de la Haute Ile du fait sa présence aux abords du fuseau d'étude (à moins de 1km).

### 1.12.3 Incidences du projet en phase chantier

Le parc de la Haute Ile, situé à environ 1 km au nord-ouest du fuseau d'étude, fait l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000 en raison de sa proximité avec la gare de Noisy-Champs et de ses ouvrages annexes attenant.

**Le projet ne prévoit pas d'implantation d'ouvrage, de gare ou de base de chantier sur le parc de la Haute Ile. Il n'y a donc pas d'incidence directe, temporaire ou permanente, par effet d'emprise.**

Compte tenu de la proximité de ce parc et du fait que le projet sera réalisé entièrement en souterrain, les interactions hydrauliques potentielles entre les plans d'eau du parc et le projet ont été étudiées dans le détail. Il s'avère que les plans d'eau sont alimentés par les eaux souterraines provenant du piémont de la butte de l'Aulnoye, en amont du Canal de Chelles. La Marne constitue une barrière hydraulique, qui ne permet aucune alimentation en eau de la rive gauche de la Marne.

Le projet étant situé en rive gauche et n'étant pas concerné par une nappe d'eau au niveau des gares de Bry/Villiers/Champigny et de Noisy-Champs, il n'y a donc pas d'interaction et d'impact sur les milieux humides du parc de la Haute-Ile, et plus largement du site ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ».

Par ailleurs, les habitats présents à l'échelle du fuseau d'étude ne constituent pas le support de vie ou de refuge des espèces ayant permis la désignation du site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ». Le contexte urbain du fuseau d'étude limite sa capacité d'accueil des espèces et habitats communautaires.

**La phase chantier n'aura pas d'incidence sur le réseau hydrologique du parc de la Haute-Ile.**

### 1.12.4 Incidences du projet en phase exploitation

Le projet n'augmentera pas l'accessibilité actuelle du parc, puisque ce dernier est en correspondance avec une gare existante, celle de Noisy-Champs.

Par ailleurs, compte tenu de la distance de ce site par rapport au projet, la phase exploitation du projet n'aura pas d'incidence sur le réseau hydrologiquede la Haute Ile.

### 1.12.5 Mesure de suivi

Aucune mesure de suivi n'est nécessaire pour ce site.

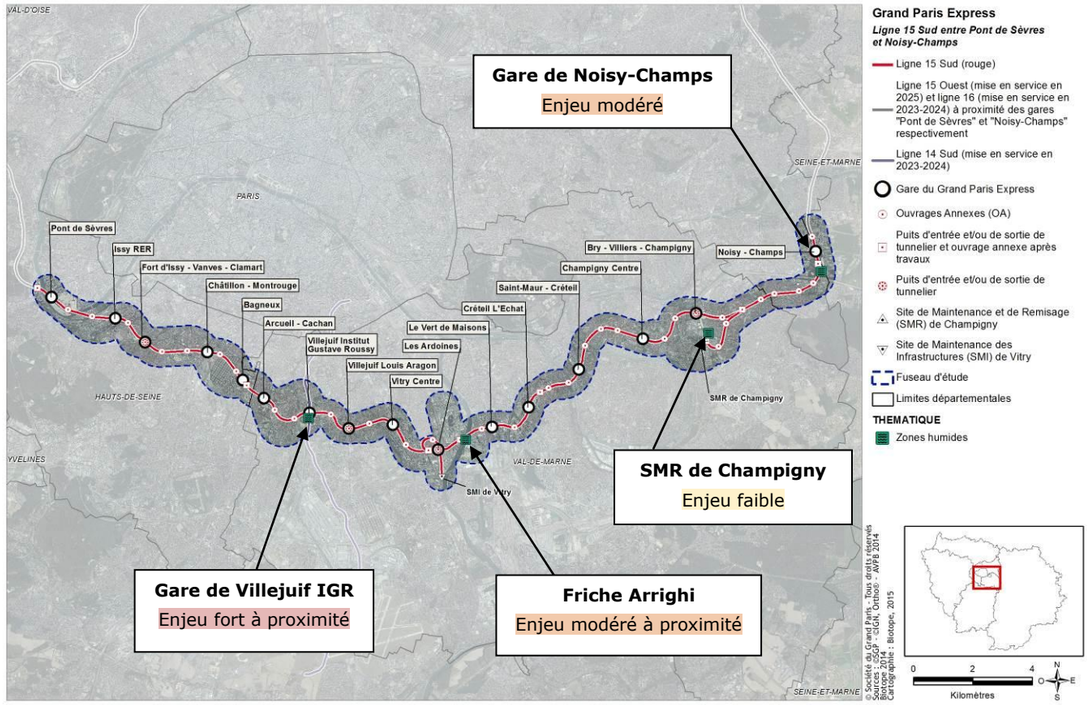
### 1.12.6 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux sites Natura 2000

Compte tenu de la distance par rapport au projet, du fait qu'aucun ouvrage ne soit prévu sur le site ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et de l'absence d'interaction hydraulique , le projet ne porte pas atteinte de façon notable aux objectifs de conservation du site Natura 2000.

# 1.13 Zones humides

## 1.13.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de zones humides

A l'issue de l'état initial fait sur les zones humides, seuls quatre secteurs présentent des zones humides. Il s'agit des secteurs d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, de la Friche Arrighi Vitry, du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs.




## 1.13.2 Impacts et mesures sur les zones humides en phase chantier

Aucune zone humide n'est identifiée en dehors des secteurs d'aménagement présentés ci-avant. Ainsi, les impacts sur les zones humides sont nuls sur l'ensemble des secteurs d'aménagement autres que ceux précités.

Pour les secteurs d'aménagement concernés par la présence de zones humides, des impacts directs et indirects ont été identifiés sur la base des informations issues du chapitre précédent (localisation des ouvrages émergents, des emprises chantiers, des interventions sur site et de la temporalité).

### *1.13.2.1 Impacts et mesures générales*

*a. Identification des impacts généraux*

L'installation de bases chantiers à proximité ou directement sur des zones humides peut avoir diverses conséquences directes sur leur fonctionnement :

- Le risque de pollution lié à la présence d'engins de chantier est aléatoire et difficilement quantifiable,
- Le risque de mortalité de la faune inféodée aux zones humides,
- Le risque de dérangement de la faune terrestre durant le chantier,
- Le risque de destruction de zones humides et de faune associée à proximité.

*b. Mesures générales d'évitement et de réduction*

**Précautions et limitation des pollutions**

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum des zones humides afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargée en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement dans le milieu naturel. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés des zones humides,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité des zones humides,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des zones humides en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement sur les zones humides à proximité,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées.
- Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, devront être conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics.

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier devra respecter les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et le gestionnaire de réseau.

**Suite à la mise en place de dispositifs de précautions et de limitation des pollutions, l'impact sur la faune et les zones humides est jugé comme faible.**

**Gestion des déchets**

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversés au niveau de zones humides.

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Les déchets seront récupérés, collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

**L'impact par les déchets est considéré comme négligeable.**

**Adapter le calendrier des travaux**

L'impact sur les zones humides est différents entre les différents ouvrages. Toutefois, afin de limiter la mortalité de la faune inféodée aux zones humides, les périodes les plus favorables à la reproduction des espèces seront écartées. **Le calendrier des travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de **nidification des oiseaux (mars-juin)** notamment **et respecteront les mesures prises dans le cadre du volet faune/flore .**

**Limiter le dérangement de la faune (bruit, poussières)**

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les travaux accentueront la fréquentation au niveau des emprises chantier (utilisation et circulation d'engins de chantier sur l'aire d'étude) et par conséquent le dérangement de l'avifaune en période de reproduction. Toutefois les espèces concernées sont communes et adaptées à un contexte urbain.

Concernant l'émission de poussière, en cas de temps sec susceptibles d'entraîner une augmentation de l'émission de poussière sur les pistes et aux abords, les véhicules du chantier adopteront une vitesse réduite afin de limiter les impacts. L'humidification des dessertes sera également envisagée.

Enfin, pour la faune aquatique, les travaux étant ponctuels et d'une durée limitée, l'impact sera très limité. L'adaptation des périodes d'intervention permettra également de réduite le dérangement.

**L'impact par dérangement en phase chantier est considéré comme faible pour la faune de zones humides.**

**Balisage des habitats humides et la faune associée présents à proximité**

La destruction d'habitats humides présents à proximité des ouvrages représente un impact potentiellement important. Dans l'objectif de limiter l'impact indirect sur les habitats de vie de la faune présents à proximité des emprises chantier et de l'ouvrage, les interventions seront limitées à l'emprise stricte du chantier. Un balisage des zones favorables à proximité et non impactées sera effectué. La mise en défens consistera à baliser le chantier et exclure toute nouvelle emprise à proximité. La mise en défens de ces secteurs s'accompagnera de la mise en place de panneaux de signalisation et d'une information de l'ensemble des personnels de chantier par un écologue en charge de l'accompagnement des travaux. La mise en défens des secteurs terrestres et le balisage avec des bouées visibles des ouvriers (pour les milieux aquatiques) seront réalisés durant la phase préparatoire de chantier, avant le passage des engins et les travaux.

**L'impact indirect de l'installation des bases chantiers et des travaux, par destruction ou dégradation d'habitats humides sera faible.**

**Limiter la dissémination d'espèces de flore et de faune envahissantes**

Des espèces végétales ont été identifiées au droit des emprises chantiers et des ouvrages. Un repérage au sein des emprises chantier sera réalisé en amont du démarrage des travaux par un écologue. Celui-ci donnera suite à une éradication des stations les plus localisées ou un isolement des stations susceptibles d'être favorisées par le chantier et dont la destruction ne pourrait être conduite en intégralité (méthode d'éradication étudiée en fonction de l'espèce observée avant le démarrage des travaux). Par ailleurs, toute dispersion des espèces végétales invasives en phase chantier sera évitée (notamment lors de l'exportation des déblais). L'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Si cet export doit être réalisé, la terre sera contenue dans des systèmes clos (camions bâchés) et subira un traitement permettant la destruction de l'ensemble des propagules (compostage en site contrôlé).

Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement à l'aide de semences d'espèces herbacées locales pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

Des mesures spécifiques (nettoyage du matériel et des engins, en particulier les godets, roues, chenilles, etc.) seront mises en œuvre afin d'éviter la propagation d'espèces invasives avant que les engins de terrassement ne quittent le chantier.

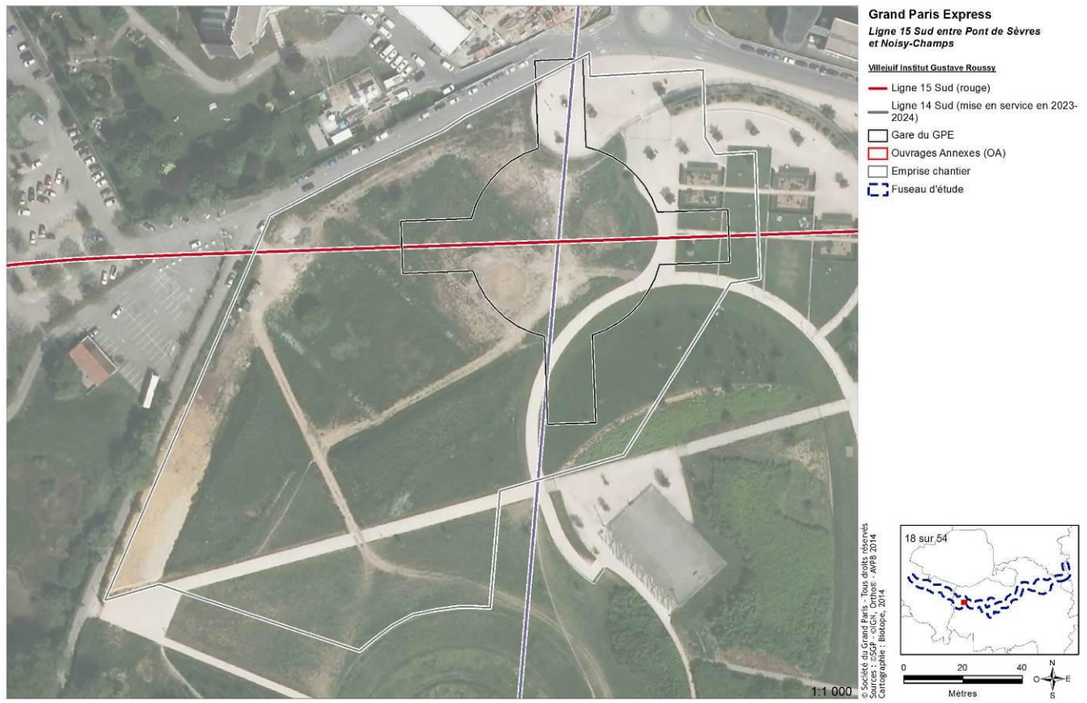
La présence d'espèces de poissons envahissants au droit du secteur d'aménagement de l'Ile-de-Monsieur ne présente pas une contrainte forte. Toutefois, en cas d'observation d'individus d'Ecrevisse ou de Poisson chat, une destruction des individus est obligatoire. Les spécimens ne devront pas être réintroduits dans la Seine.

**L'impact sur la dissémination d'espèces envahissantes est faible à négligeable.**

### 1.13.2.2 Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

a. *Présentation de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy*

Concernant le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, la mise en place de l'emprise chantier sera l'impact majeur à considérer. Elle représente 6 hectares.




**Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages**

b. *Identifiaction des impacts*

Aucune zone humide n'a été identifiée sur les emprises chantier de Villejuif Institut Gustave Roussy, cependant des zones humides sont présentes à proximité. L'analyse du projet et la connaissance de terrain des zones humides permet de conclure qu'il n'y aura aucune interaction entre le chantier, l'infrastructure et les zones humides à proximité.

**L'impact direct et indirect par destruction de zones humides est nul.**

Toutefois, l'habitat d'espèce que sont ces zones humides pour les amphibiens sont identifiés à proximité et pourraient être déranger ou impactés indirectement.

c. *Mesures d'évitement*

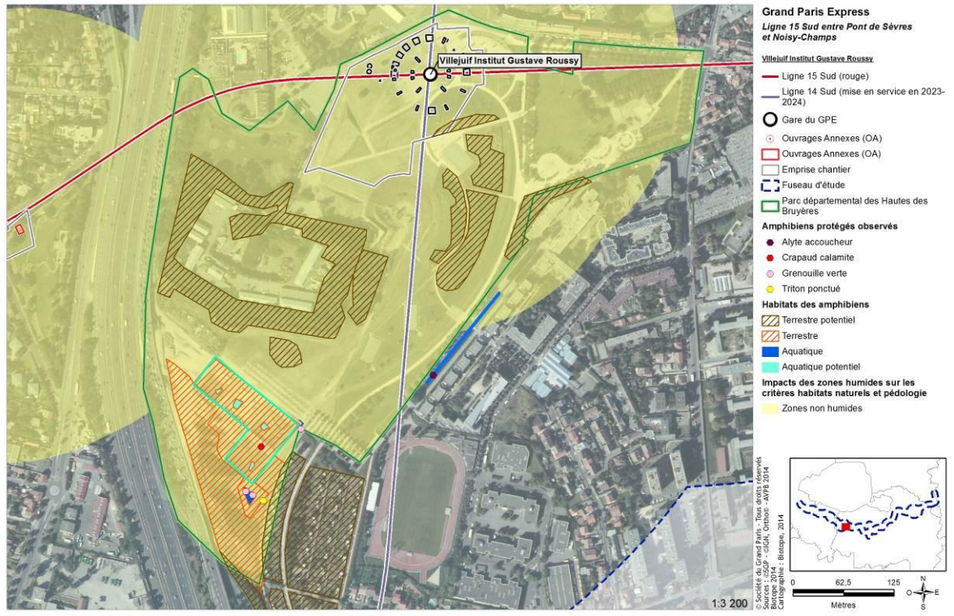
**Mise en place de barrières anti-retour pour éviter la destruction d'individus situés à proximité**

Les amphibiens adoptent des comportements grégaires lors des périodes de reproduction et peuvent se déplacer massivement des lieux d'hivernage (habitats terrestres) vers les sites de reproduction (habitats aquatiques). De la même manière, ils effectuent des déplacements postnuptiaux vers les sites d'estivage puis d'hivernage. Les emprises chantier de la gare de Villejuif IGR sont localisées au nord du parc des Hautes Bruyères et en marge de l'ensemble des habitats favorables aux amphibiens. Il est donc très peu probable que les emprises chantier du projet soient concernées par un axe de migration.

Deux espèces pionnières ont été identifiées au niveau du parc des Hautes Bruyères et à proximité de la future gare de Villejuif IGR : l'Alyte accoucheur et le Crapaud calamite. Ces espèces ont tendance à coloniser les milieux pionniers, tels que peuvent l'être des ornières ou des mares temporaires créées lors de la phase de chantier. Toutefois, ces deux espèces restent relativement éloignées par rapport à l'emprise chantier (respectivement 250 m et 350 m) et des habitats peu favorables seraient à franchir pour accéder aux emprises chantier depuis les habitats d'espèces. Par ailleurs, les habitats et les populations identifiées ne semblent pas à saturation.

Ces espèces, et en particulier le Crapaud calamite, ont tendance à coloniser les milieux pionniers tels que peuvent l'être des ornières ou des mares temporaires créées lors de la phase de chantier. Pour cela, des barrières anti-retour, ou barrières-piège, seront disposées tout autour de la zone de chantier de telle manière à ce que les individus puissent sortir de la zone de chantier, mais ne pas y entrer. Ces barrières sont particulièrement efficaces pour les espèces ciblées dont les capacités de saut sont très limitées. Ces barrières seront disposées avec l'appui d'un écologue.

**L'impact par destruction d'individu est négligeable à faible.**




**Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy**

### 1.13.2.3 OA 1302P - Friche Arrighi

a. *Présentation de l'ouvrage annexe Friche Arrighi*

Concernant la friche Arrighi Vitry, plusieurs aménagements sont nécessaires :

- La création de l'emprise chantier de 10 hectares à l'écart des berges de Seine,
- la réfection des 5 pontons d'accostages présents à 5 m des berges,
- la réfection de 2 quais de respectivement 34 ml et 43 ml,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 ans,
- La présence de 2 à 4 barges en stationnement et chargement et un trafic de l'ordre de 2 barges/ jours sur 7 à 8 ans.




**Représentation des quais et barge pour l'évacuation des déblais**

b. *Identification des impacts*

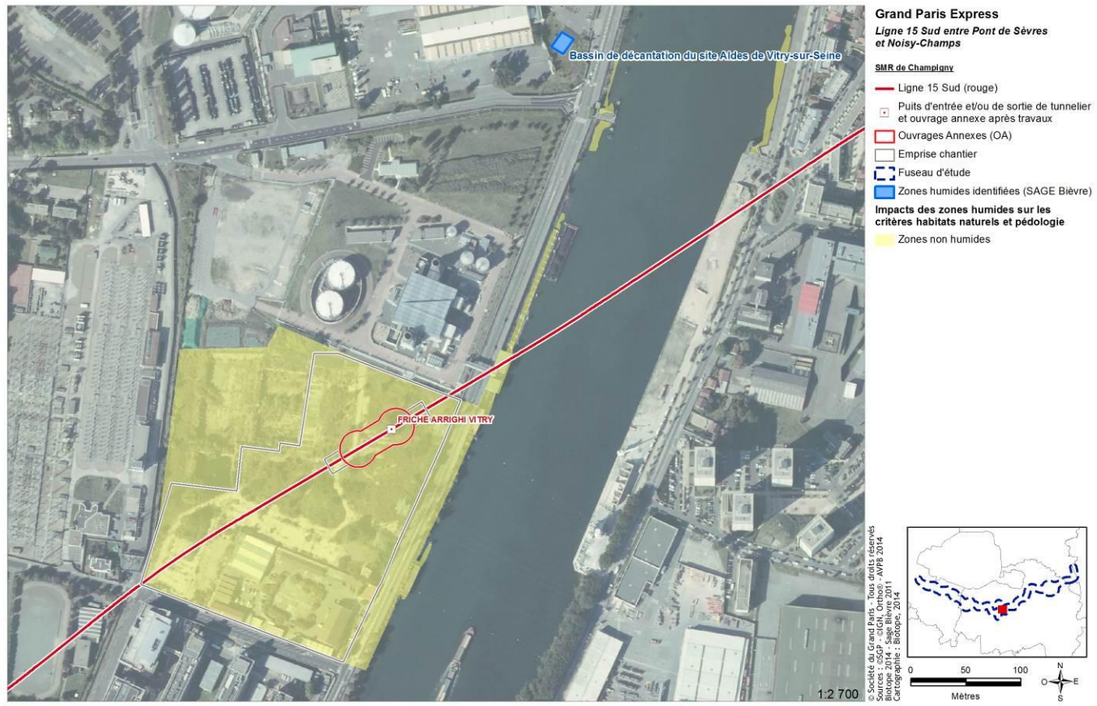
Aucune zone humide n'a été identifiée sur les emprises de la Friche Arrighi Vitry, cependant des zones humides sont présentes à proximité. L'analyse du projet et la connaissance de terrain de ces zones humides permet de conclure qu'il n'y aura aucune interaction entre le chantier, l'infrastructure et les zones humides à proximité.

**L'impact direct et indirect par destruction de zones humides est nul.**

Les travaux s'effectuant en bord de berge de Seine, une analyse fine des impacts sur les zones de frayères est effectuée dans la partie « frayère s» de ce document.

c. *Mesures d'évitement*

**Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.**

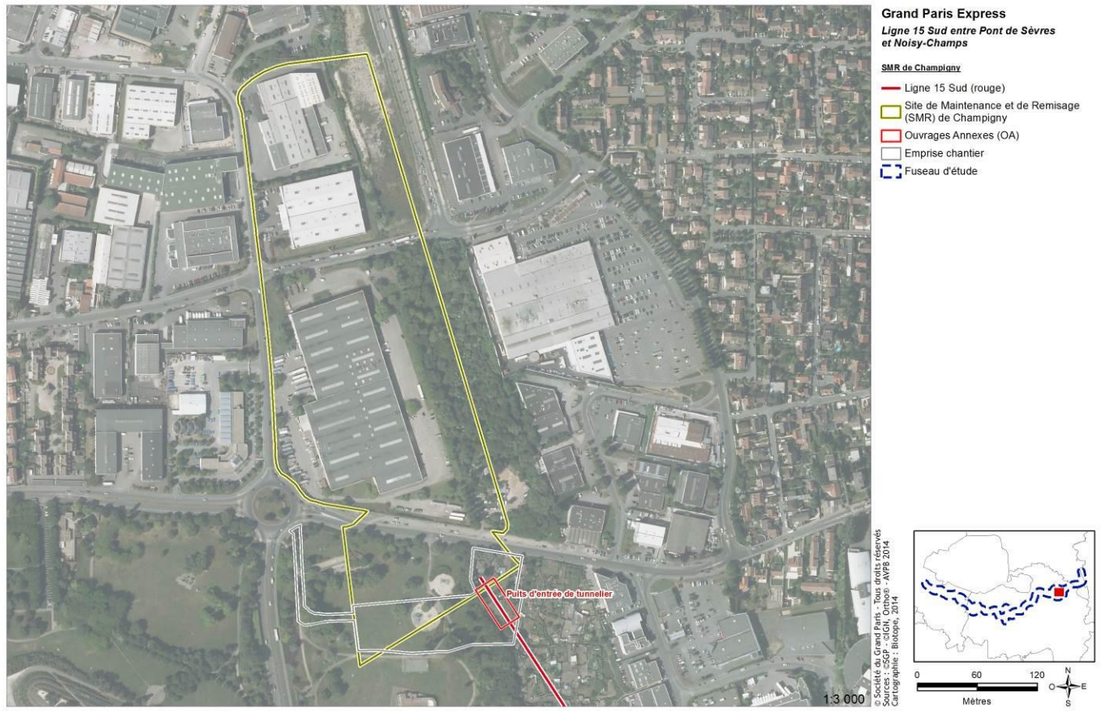



**Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi**

### 1.13.2.4 SMR de Champigny

#### a. Présentation du SMR de Champigny

Concernant le secteur d'aménagement du SMR de Champigny, la mise en place de l'emprise chantier est l'impact majeur à considérer. L'emprise chantier représente 10 hectares.




**Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages**

#### b. Identification des impacts

Une zone humide à fonctionnalité réduite présentant un enjeu faible a été identifiée sur le secteur d'aménagement. Après optimisation et précision des plans du Site de Maintenance et de Remisage (SMR) 0,57 ha de zones humides sont impactés par son emprise sur les 1,83 de zones humides au total. Toutefois, au vu du contexte et de la qualité de la zone humide, les impacts sont limités.

Aucune espèce de faune inféodée aux milieux humides n'a été identifiée sur le SMR de Champigny. Par conséquent, aucun impact sur la faune inféodée aux milieux humides n'est identifié.

Par ailleurs, des projets tiers sont connus sur les extrémités sud-est et sud-ouest au sein de l'emprise du SMR de Champigny.

Les projets tiers affectant l'opération du SMR sont les suivants:

- La réalisation du prolongement de la voie Frachon (opération nommée "Frachon prolongée"), par le Conseil départemental du Val-de-Marne;
- La réalisation du bassin de la bonne eau par le Conseil départemental du Val-de-Marne, permettant le raccordement des eaux pluviales de l'opération au réseau;
- La réalisation de l'opération Altival, sur l'emprise de la RD10, par le Conseil départemental du Val-de-Marne;
- La reconstruction du parc départemental du plateau par le Conseil départemental du Val-de-Marne.

Les mesures proposées prennent donc en considération les contraintes liées à ces futurs projets.

#### c. Mesure de réduction

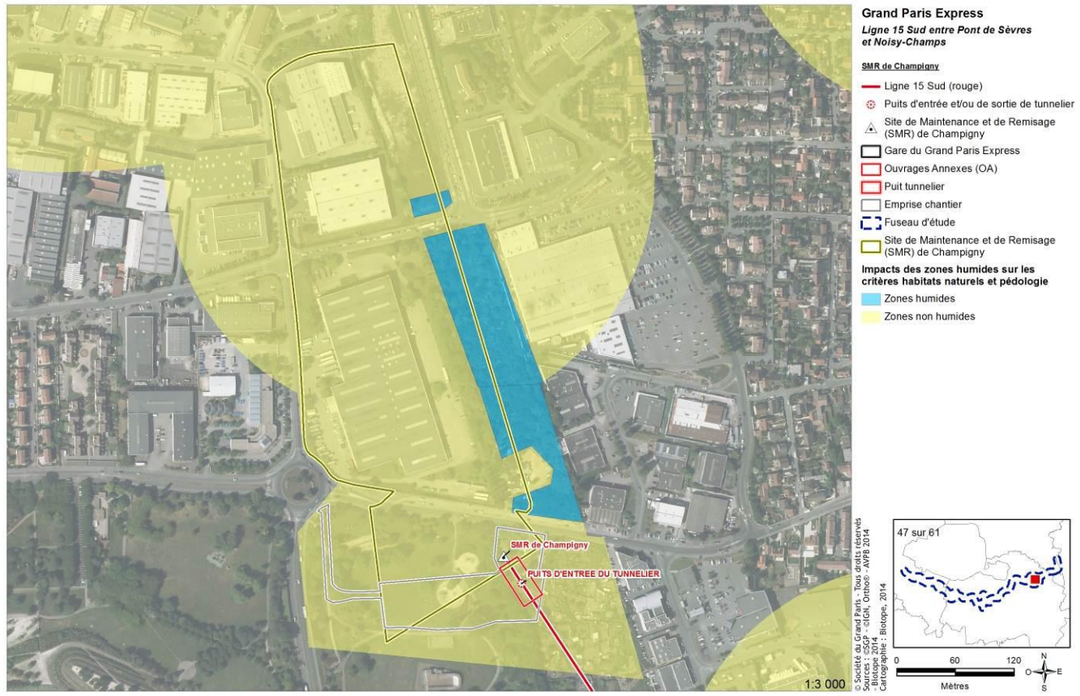
**Optimisation de l'emprise chantier**

L'emprise du SMR a été réduite au maximum afin de conserver la zone humide présente sur le site.

1,26 ha de boisement sur sol humide sont ainsi préservés.

**L'impact par destruction de zones humides est faible à modéré au vu de la surface concernée et de l'absence de fonctionnalités avérées de cette zone humide autre que l'infiltration.**

**0,57 ha de zones humides seront directement impactés par le SMR de Champigny.**




**Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny**

*d. Mesure d'accompagnement*

**Création et amélioration de zones humides terrestres (prairie humide, mares et milieux annexes)**

La mise en place de la toiture végétalisée inclue l'insertion d'une zone humide entre le terrain naturel et la toiture végétalisée. Ainsi, 685m² de zones humides artificelles sont prévues dans la conception du toit végétalisé.

Dans la continuité de cette zone humide alimentée par les eaux de pluies, sur le secteur sud-ouest et sud-est du SMR de Champigny, il est envisagé de recréer des milieux herbacés humides. Sur cet emplacement, des prairies d'infiltrations en relation avec des mares permettront une gestion des eaux de pluies à la parcelle. Il est en effet proposé de recréer un réseau de mares sur le foncier disponible et non impacté par l'emprise projet à l'issue du chantier ou par les projets connexes. Ce réseau de mares interagira avec les milieux herbacés hygrophile à mésohygrophile.

Cet aménagement s'intégrera dans les 8 245 m² environ de terrain à valoriser au Sud-Est du SMR et dans ceux de 7000 m² localisés au Sud-Ouest du SMR. Ce réseau de mares et milieux herbacés hygrophiles seront couplés avec des îlots de reboisement qui viendront ponctuer une lisière forestière à reconstruire.

L'objectif de l'aménagement écologique est de valoriser le ruissellement et de contrôler l'infiltration de l'eau de pluie. La pente en direction des mares sera d'environ 3 à 10 %, et les fonds de talweg intégrant les mares seront terrassés avec des matériaux argileux étanches, permettant ainsi un écoulement optimum des eaux vers la périphérie du site et vers les mares qui ont une vocation d'écrêtement et de zones humides.

Cet aménagement nécessitera la couverture et le nivellement du terrain avec l'apport et le terrassement de terre. Ensuite, il faudra apporter, ou réutiliser des marnes existantes, et terrasser plusieurs m3 d'argile pour étancher la future zone humide.

Le calage altimétrique des remblais permettra dans la mesure du possible aux venues d'eau gravitaires et aux apports de toitures d'alimenter la zone humide créée. Les venues d'eau existantes qui ne pourront pas gravitairement alimenter la zone humide seront guidées soit à l'ouest par la création de prairies végétalisées d'infiltration le long des voies de communication, soit à l'est par écoulement naturel en pied des remblais créés pour la voie de communication.

L'ensemble des zones terrassées seront revêtues de terre végétale puis engazonnées pour garantir une stabilisation des talus et limiter les érosions de sols. Ces engazonnements permettront également la mise en place de milieux herbacés diversifiés allant de la prairie hygrophile jusqu'à la pelouse rustique ou fleurie. Des saules et aulnes glutineux seront plantés sur certains espaces.

Les mares en lien avec les espaces végétalisées d'infiltrations en périphérie seront créées lors de la conception en phase chantier sur le secteur sud-Ouest. A proximité de ces mares et sur le secteur sud -Est, une fois le gros des travaux finalisés le sol sera nettoyé en enlevant un maximum de végétation et autres organes souterrains (rhizomes...), notamment pour éliminer les repousses d'espèces invasives. Ensuite, la zone sera exposée à l'air libre pendant 3 à 4 semaines. La mise en lumière brutale va stimuler la germination des graines enfouies dans le sol. C'est ce qu'on appelle la pratique du faux-semis. Le but de cette opération est de forcer un maximum de graines du sol à germer.

La zone sera ensuite binée afin de détruire les jeunes plantules fraîchement germées et d'extraire du même coup les rhizomes et racines des d'espèces envahissantes ou trop concurrentes restantes. Le but de cette opération est d'éliminer les plantes concurrentes qui viennent de germer.

Le sol sera ameubli et finement préparé par labourage, fraisage ou bêchage. Le hersage permettra d'ameublir les sols après le labour. Les mottes, seront cassées. Le but de cette opération est de préparer le sol afin d'assurer une germination optimale des graines semées.

Le semis des prairies herbacées respectera quelques règles générales :

- ne jamais enfouir profondément les graines dans le sol mais se limiter à quelques millimètres de terre seulement pour les recouvrir,
- pour les surfaces de taille réduite, le semis s'effectuera à la volée, les graines étant préalablement mélangées avec du sable afin d'augmenter l'homogénéité du semis. (semis fin d'été, début d'automne et hors gel),
- pour les grandes surfaces, la projection de graines en suspension dans de la boue (technique du gunitage) est possible,
- le mélange de graines comprend 70 à 80 % en poids de semences de graminées et au maximum 5 % de légumineuses pour un total de 30 kg/ha (3 g/m²),
- Si des plantes indésirables envahissent la surface semée avant que ces graminées ne couvrent la surface, il suffit d'effectuer une tonte/ fauche suffisamment haute pour ne pas détruire les espèces semées.

Afin de retrouver un couvert végétal de type prairie, des graminées (Dactyle agglomérée, Fétuque des prés, Pâturins, Agrostis commun …) des légumineuses (lotier corniculé, Minette, etc.) sur la base d'un mélange rustique devra être privilégié.

Sur les secteurs plus humides des espèces avec un caractère plus hygrophile (Joncs, Reine des Prés, Pulicaire dysentrique, etc.) seront semés sur des surfaces plus réduites (5 à 10 m² et 0,10 plants/ m²) afin de permettre la colonisation de ces espaces par des espèces adaptées aux conditions stationnelles.

Le réseau de mares recréé comportera trois et quatre mares, soit une distance de liaison entre les mares de 20 et 50 m. Elles feront entre 20 à 100 m². La mare sera alimentée uniquement par le ruissellement et la récupération d'eau, une profondeur de 80 cm est un minimum pour qu'elle soit en eau toute l'année et qu'elle ne souffre pas trop des variations de température. Une profondeur d'1,20 m, plus satisfaisante sera proposée pour 2 d'entre elles.

Les mares créées auront des ceintures amphibies et des herbiers aquatiques qui se développent sur des pentes douces orientées au sud (maximum 10 à 20°). Des pentes moyennes (20 à 30 %) pourront également être créées de manière plus sommaire (sans végétation) afin de favoriser des habitats pionniers. Elles permettent l'installation d'une ceinture végétale diversifiée étagée en fonction de son exigence écologique et de sa tolérance de survie (profondeur et variation du niveau d'eau, nature du sol entre autres). Toutefois, les parties les plus hautes des banquettes doivent être inondées au moins temporairement lors des hautes eaux.

Dans le cas de mare temporaire, il peut être envisagé de créer une mare de plus faible profondeur. L'idéal est de recréer des mares différentes et permettant d'attirer diverses espèces en fonction de la disponibilité en eau et de la végétation.

Elle se localisera sur un sol meuble et sans cailloux ou sans racines qui aura été travaillé au préalable. Les berges seront en pente douce avec des contours sinueux (forme en 8 par exemple).

A terme, le site réhabilité offrira une diversité de milieux naturels :

- 2500 m² de prairie humide, au sens large (sous l'influence des ruissellements de surfaces de l'eau) avec des herbacées adaptées à cette humidité variable,
- 2500 m² de zones humides submergés partiellement et de mares d'eaux stagnantes. La végétation sera dominée par les hélophytes issus de l'engazonnement ou de plantations spécifiques. Les écoulements seront faibles, stagnants voire absents à certaines périodes sur certains secteurs.. Les mares seront permanentes avec une profondeur minimale de 80 à 120 cm,
- 3000 m² de prairies fleuries sur les secteurs en lisières de boisements secs et sur les surfaces engazonnées plus sèches,

**Une pré-étude déterminant précisément la localisation, le périmètre, la profondeur et les pentes des mares, ainsi que le choix des matériaux est en cours de réalisation et fera l'objet d'un DCE spécifique pour les entreprises de travaux. (Ces éléments seront**

**également intégrés aux fiches de lots espaces publics ou privés lors de la réalisation de la ZAC).**




*Exemple de modelé de terrain argileux, avec différentes profondeurs de terrassement, permettant d'avoir des zones en eau temporaire et/ou permanente, qui se végétaliseront plus ou moins rapidement en fonction de la profondeur. Les différentes noues et mares ne sont pas toutes connectées hydrauliquement entre elles.*

En termes de gestion :

- la partie privative sera gérée par la co-propriété,
- Au niveau du lien entre le parc public et le SMR, les différentes parties prenantes décideront de l'usage futur de ce site et de sa gestion qui, compte tenu de son emplacement particulier, pourrait avoir une vocation ludique, récréative et sportive

**<u>Restauration d'îlots boisés (secteur sud-Est)</u>**

Le boisement actuel présente des essences intéressantes (Merisier, Fresnes, Ormes). Le projet de restauration après chantier intègrera la replantation de ces espèces et organisera leur implantation sous forme d'îlots boisés.

**<u>Conclusion</u>**

**L'impact sur la zone humide relictuel est significatif et la surface de zone humide impactée (0,57 ha) doit être compensée (Cf. mesures compensatoires).**

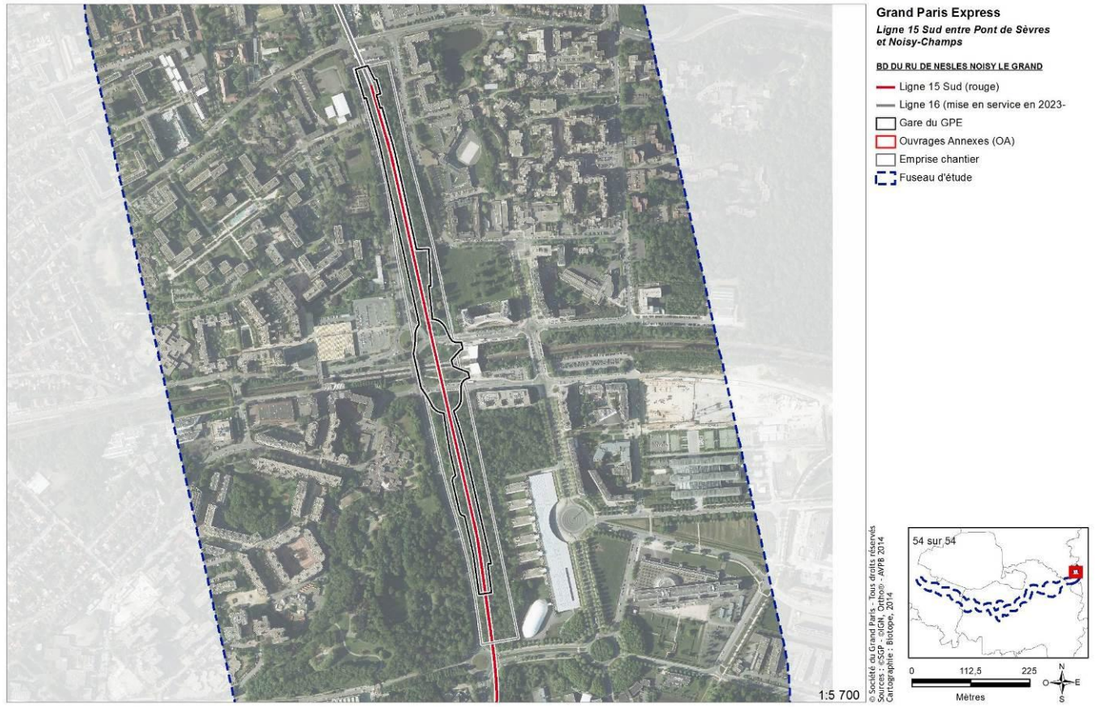
**Proposition de mesures d'accompagnement au niveau du SMR de Champigny**




### *1.13.2.5 Gare Noisy-Champs et ouvrages annexes*

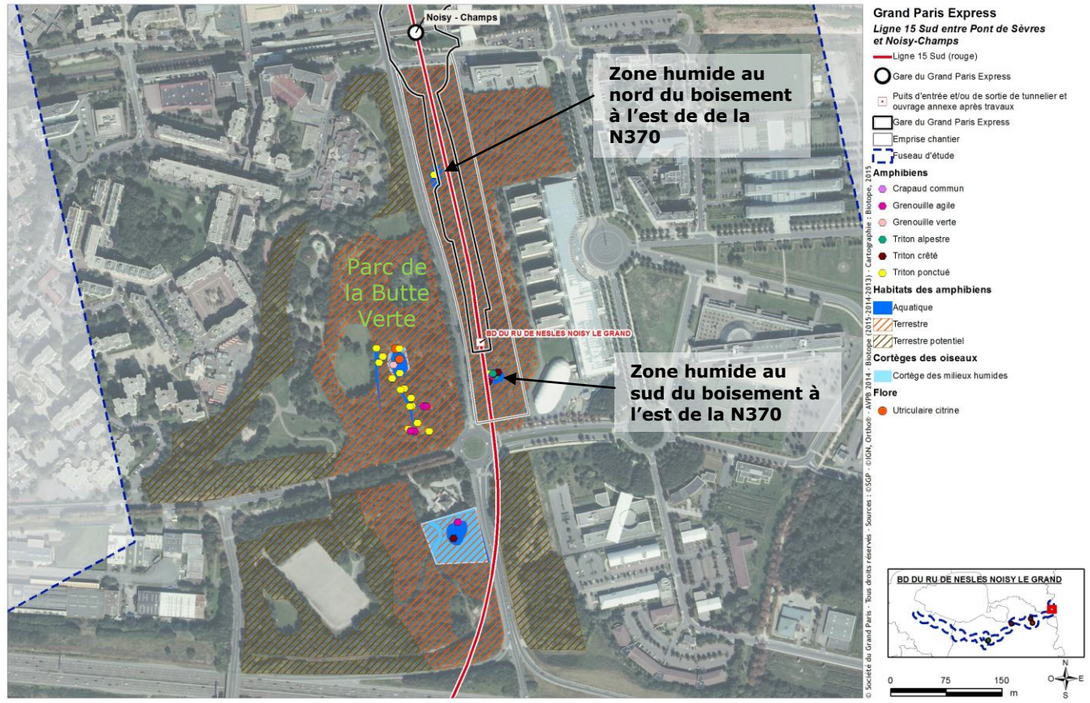
*a. <u>Présentation de la gare de Noisy-Champs</u>*

Concernant le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-champs et ses annexes, la mise en place de l'emprise chantier et des ouvrages permanents est l'impact majeur à considérer. L'emprise temporaire de la phase travaux représente 18 hectares.




**Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages**

**Mares, respectivement au nord et au sud, du boisement à l'est de la N370 dans l'emprise chantier de la Gare de Noisy-Champs– source : BIOTOPE-SGP 2015**




*b. Identification des impacts*

L'emprise chantier concerne directement deux zones humides. Une zone humide sert d'habitat de reproduction à quatre espèces d'amphibiens. La destruction de cette mare menace donc les populations d'espèces qui lui sont inféodées. A noter que cette mare est aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement. Par ailleurs, le parc de la Butte Verte (ouest) ne sera pas concerné par les emprises chantier et ses boisements qui constituent également des habitats d'hivernage favorables aux amphibiens seront maintenus.





*c. Mesures d'évitement*

**Protection de la flore associée aux zones humides présente à proximité**

L'Utriculaire citrine est la seule espèce de flore recensée au droit du secteur d'aménagement de Noisy-Champs. Cependant, cette espèce est localisée au sein des mares de la Butte verte à l'ouest de la N370. Ce secteur est totalement exclu des emprises chantiers, et son alimentation ne sera aucunement modifiée, l'espèce ne sera donc pas impactée.

**L'impact par destruction d'individus de flore associés aux zones humides est nul.**

**L'impact par modification du réseau hydrographique est également nul.**

*d. Mesures de réduction*

**Optimisation de l'emprise chantier**

Deux mares, situées dans le boisement est de l'emprise de Noisy-Champs ont été identifiées comme zones humides mais ont toutes deux subi des dégradations plus ou moins important résultat de l'occupation de leurs abords par des campements (notamment pour la mare située au nord). La mare au nord est comblée par des détritus divers et ne présente un enjeu écologique que faible (observation de Triton ponctué en 2015). La mare au sud, colonisée par des lentilles d'eau et en cours d'atterrissement, représente un enjeu écologique fort en étant le support de reproduction de trois espèces de tritons et une espèce de grenouille (Grenouille agile, Triton alpestre, Triton crêté et Triton ponctué).

Ces deux zones humides d'une surface de 599 m² seront détruites lors de la phase travaux. La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en œuvre pour éviter les mares.

**L'impact par destruction de zones humides, au vu de l'état de conservation dégradé des habitats, est faible sur la mare au nord et modéré sur la mare au sud.**

**L'impact par destruction des habitats de reproduction est considéré comme modéré pour les espèces directement impactées : la Grenouille agile, le Triton alpestre, le Triton crêté et le Triton ponctué. L'impact est considéré comme négligeable pour les espèces situées à proximité (à l'ouest de la N370 au niveau du parc de la Butte verte) : le Crapaud commun et la Grenouille verte.**

**L'impact sur les zones humides est significatif et les surfaces de zones humides impactées (599 m²) seront compensées (Cf. mesures compensatoires).**

**<u>Mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces</u>**

Les emprises chantier sont situées au sein des habitats d'hivernage et de reproduction de la Grenouille agile, du Triton crêté, du Triton alpestre et du Triton ponctué. Elles intersectent donc nécessairement des axes de migrations à l'origine d'une destruction d'individus de ces quatre espèces.

En ce qui concerne le Triton ponctué, espèce peu commune à l'échelle régionale, seuls quelques individus ont été identifiés au sein du boisement à l'est de la route nationale. La majeure partie de la population de cette espèce est localisée au sein du parc de la Butte Verte (à l'ouest de l'emprise chantier). Il s'agit vraisemblablement d'une petite population.

La Grenouille agile est quant à elle assez commune en Ile-de-France.

Le Triton crêté n'a été identifié qu'au niveau du boisement à l'est de la route nationale. L'intégralité de sa population est donc concernée par les travaux de la gare de Noisy Champs. Cette espèce est par ailleurs peu commune en Ile-de-France.

En ce qui concerne le Triton alpestre, quelques individus ont été observés en 2014 dans la mare la plus au sud au niveau de l'emprise chantier. En 2015, une vingtaine d'individus a aussi été observée. Il s'agit vraisemblablement d'une petite population. Cette espèce est par ailleurs assez rare en Ile-de-France.

Enfin, et bien qu'aucun axe de déplacement préférentiel des amphibiens n'ait été mis en évidence lors des prospections de terrain, il est toutefois probable que des individus traversent la route nationale pour rallier les points d'eau du parc de la Butte verte et les mares du boisement à l'est de la voirie.

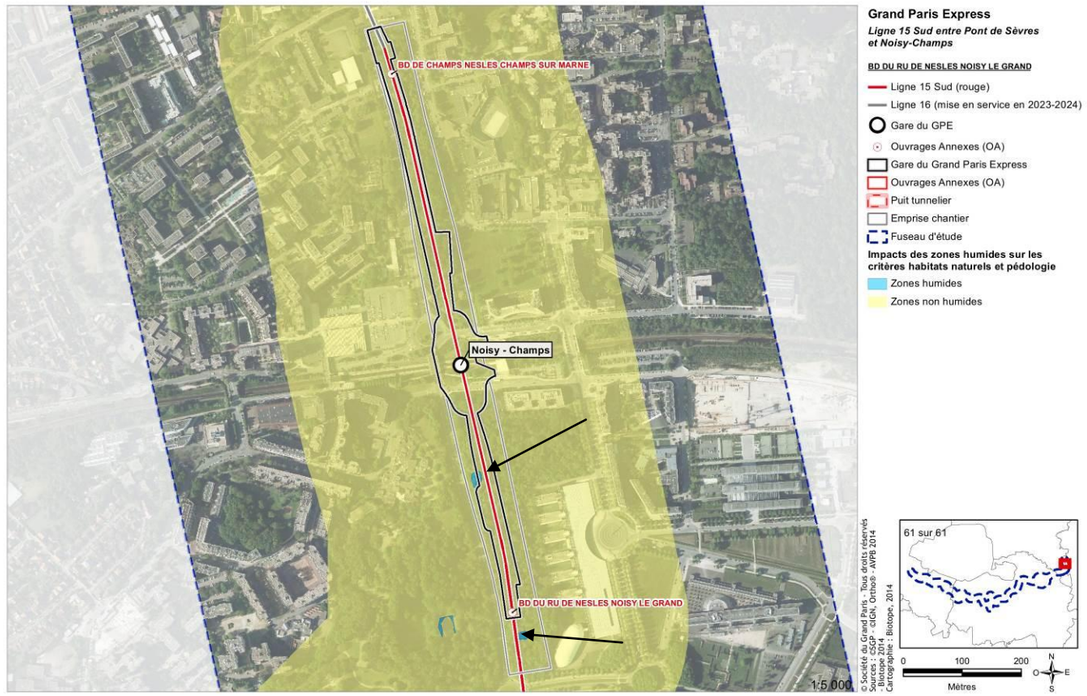
Le Crapaud commun et la Grenouille verte sont donc également concernés par une destruction potentielle d'individus. Ces espèces restent toutefois communes à assez communes à l'échelle régionale.

Pour éviter la mortalité des espèces, des barrières anti-retour, ou barrières-piège, seront disposées tout autour de la zone de chantier de telle manière à ce que les individus puissent sortir de la zone de chantier, mais ne pas y entrer. Ces barrières sont particulièrement efficaces pour les espèces ciblées dont les capacités de saut sont très limitées. Ces barrières seront disposées avec l'appui d'un écologue.

Pour les espèces présentent au sein du boisement à l'est, impacté par le projet, un processus de capture/déplacement des individus d'amphibiens sera réalisé avant le démarrage des travaux. Cette opération de transfert de populations consistera à déplacer des individus présents dans la mare détruite pour les placer dans une autre à proximité.

Les amphibiens seront capturés lors de leur période de reproduction. Les habitats aquatiques seront ensuite comblés ou isolés par la mise en place d'une clôture imperméable aux amphibiens afin d'éviter leur recolonisation.

**L'impact par destruction d'individus est considéré comme faible.**




**Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs**

## 1.13.3 Mesures d'accompagnement sur les zones humides

### *1.13.3.1 Dispositif de veille écologique*

Au regard des objectifs écologiques des aménagements et de leur pérennité, la mise en place d'un dispositif de suivi et de veille écologique est nécessaire. Le financement d'un tel dispositif est identifié comme une mesure d'accompagnement.

Cette mesure consiste à accompagner et contrôler la réhabilitation des milieux dans le temps. L'évolution est mesurée par rapport à un état initial (avant travaux), après travaux, puis à des pas de temps à définir en fonction des dynamiques naturelles des différents milieux.

Ce dispositif sera établi sous la forme d'un protocole de suivi détaillant les indicateurs biologiques choisis et les modalités d'analyse qui permettront d'attester de l'évolution du site.

La mise en œuvre d'un tel suivi nécessite de faire appel à des personnes compétentes (fédération de pêche, associations naturalistes, bureaux d'études spécialisés). Ce suivi s'inscrit dans une démarche longue (25 à 30 ans), d'acquisition d'information et de retour d'expérience.

### *1.13.3.2 Faciliter la reconquête des milieux*

Afin de faciliter la reconquête des milieux restaurés ou créés, des protections amovibles permettant de limiter temporairement les agressions extérieures (piétinements, arrachages, destruction, etc.) seront mises en place.

### *1.13.3.3 Sensibilisation et communication*

Une des solutions privilégiées pour permettre une bonne reconquête des milieux reconstitués consiste à informer et sensibiliser efficacement les promeneurs et habitants sur les enjeux d'un tel projet. L'information sur la nécessité de respecter les aménagements qui ont été mis en œuvre sur le site est primordiale. La pose de panneaux explicatifs est la solution proposée.

### *1.13.3.4 Choix de la palette végétale*

Les plantations de végétaux indigènes, adaptées au milieu et l'emploi de supports pré-végétalisés permettront de restaurer ou de créer des habitats fonctionnels et susceptibles de s'enrichir rapidement.

## 1.13.4 Impacts et mesures sur les zones humides en phase exploitation

Les impacts sont nuls sur l'ensemble des secteurs d'aménagement, autres que les secteurs d'aménagement concernés et décrits ci-après.

### *1.13.4.1 Gare Villejuif Institut Gustave Roussy*

*a. Impacts directs et mesures*

Aucune zone humide n'est présente sur le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy. En phase exploitation, le projet ne sera donc pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

*b. Impacts indirects et mesures*

**Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée à proximité**

Aucune zone humide n'était présente directement sur le secteur d'aménagement, mais plusieurs sont présentent à proximité. Les habitats des amphibiens sont relativement éloignés de la future gare de Villejuif Institut Gustave Roussy et de ses aménagements paysagers. La gestion de ces derniers n'aura donc aucune incidence sur les habitats et les amphibiens.

**L'impact sera nul.**

**Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine) sur les amphibiens présents à proximité**

Bien que les gares soient à l'origine d'une augmentation de la fréquentation humaine, ces dernières seront localisées dans un contexte local fortement marqué par les activités humaines. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations.

**L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.**

### *1.13.4.2 OA 1302P - Friche Arrighi*

*a. Impacts directs et mesures*

L'entrée du puits du tunnelier sera exploitée uniquement en phase chantier lors de la création du tunnel. En phase exploitation, un ouvrage annexe sera présent sur le site. Toutefois, cet ouvrage, dont l'emprise sera limitée, ne sera à l'origine d'aucun impact sur les zones humides et la faune associée.

**L'impact direct est donc nul.**

*b. Impacts indirects et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

#### 1.13.4.3 SMR de Champigny

c. *Impacts directs et mesures*

**Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée**

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides.

**L'impact sera nul.**

**Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)**

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, aucune espèce ne sera dérangée.

**L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme négligeable.**

d. *Impacts indirects et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

#### 1.13.4.4 Gare Noisy-Champs et ouvrages annexes

a. *Impacts directs et mesures*

**Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée**

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides. Les habitats des amphibiens non détruits au sein de la Butte Verte sont relativement éloignés par rapport à la future gare de Noisy-Champs et à ses aménagements paysagers. La gestion de ces derniers n'aura donc aucune incidence sur les habitats humides et les amphibiens.

**L'impact sera nul.**

**Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)**

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines et de la localisation des habitats d'espèce au sein d'un parc urbain, les dérangements pour les amphibiens sont déjà existants. Par ailleurs, si la gare engendre une augmentation de la fréquentation humaine, celle-ci sera davantage concentrée au nord du parc.

**L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.**

b. *Impacts indirects et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

### 1.13.5 Conclusion relative aux impacts sur les zones humides

En phase chantier, les emprises du projet impactent directement des zones humides sur les secteurs du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs par effet d'emprise. De manière indirecte, des impacts restent potentiels au niveau de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy sur la faune inféodée aux milieux humides (amphibiens). Des mesures simples permettent de limiter les impacts sur ces espèces.

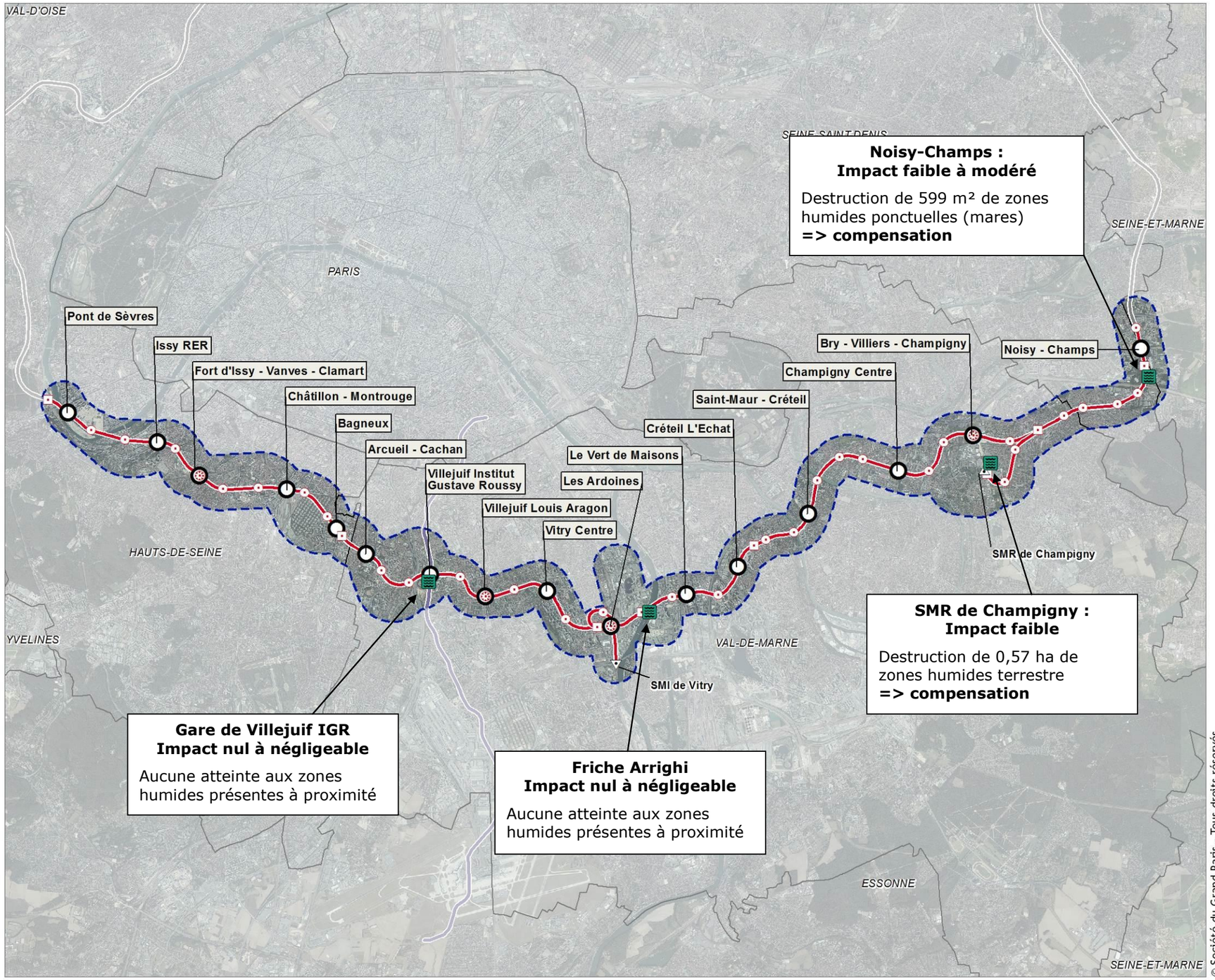
En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises chantiers seront retirées suite aux travaux et les milieux à proximité seront remis en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

**A l'issue de la séquence Éviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,63 ha de zones humides sont impactées par le projet :**

- **599 m² de mares sont détruits sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs,**
- **5737 m² de zones humides dégradées sont détruites sur le secteur d'aménagement SMR de Champigny.**

**Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.**

## Synthèse des impacts résiduels relatifs aux zones humides



## 1.13.6 Mesures de compensation « Zones Humides »

### *1.13.6.1 Principes employés pour la compensation*

Les mesures de compensation proposées ont été définies sur la base de plusieurs critères, en lien avec les objectifs du SDAGE Seine-Normandie, dont :

- La distinction sur la localisation : mesures in-situ, mesures ex-situ mais au sein du fuseau, mesures ex-situ,
- la temporalité : durant les travaux, suite à la phase chantier,
- le maître d'ouvrage : mise en place de mesures de compensations avec un partenaire identifié,
- le type de compensation : gain de fonctionnalité sur un habitat existant, recréation de milieu,
- Les surfaces : identiques à minima aux surfaces impactées.

### *1.13.6.2 Synthèse des besoins de compensation*

Dans le respect du SDAGE, sur la base des impacts résiduels et des objectifs de préservation des zones humides et de la faune associée sur le projet de la Ligne 15 Sud, les surfaces de compensation seront comprises entre :

- **0,63 ha (compensation surfacique et fonctionnelle de 100% au sein de la masse d'eau concernée),**
- **0,95 ha (compensation surfacique et fonctionnelle de 150% en dehors de la masse d'eau concernée).**

**Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet**

| Ouvrages concernés | Surface impactée | Surface compensée à 100% | Surface compensée à 150% (objectif maximal) |
|---|---|---|---|
| Gare de Noisy-Champs | 599 m² | 599 m² | 898,5 m² |
| SMR de Champigny | 5 737 m² | 5 737 m² | 8 607 m² |
| **Total** | **6 336 m²** | **6 336 m²** | **9 505,5 m²** |

### *1.13.6.3 Création de mares (liées à l'impact de la Gare de Noisy-Champs- AEV)*

Cette problématique zone humide recoupe celle sur les amphibiens et leurs habitats. Le descriptif de la mesure est présenté de manière détaillée dans le dossier CNPN. Cette mesure de compensation consiste en la création d'une mare prairiale et la restauration de cinq mares fonctionnelles sur un site de l'AEV.

*a. <u>Rappel des besoins de compensation</u>*

Dans le cadre des travaux liés au projet de la Ligne 15 Sud du Grand Paris, des impacts résiduels persistent pour les zones humides et le groupe des amphibiens, malgré les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre.

En effet, le déplacement des populations d'amphibiens permettra d'éviter les risques de destruction d'individus. Toutefois, les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, l'impact sur les zones humides (habitats de reproduction) reste significatif. L'emprise chantier relative à la construction de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes BD du Ru de Nesles à Noisy-le-Grand et BD de Champs Nesles à Champs-sur-Marne conduit, en effet, à la destruction de deux mares (habitats de reproduction avérée pour plusieurs espèces d'amphibiens).

Quatre espèces d'amphibiens sont concernées par les impacts résiduels : le Triton crêté, la Grenouille agile, le Triton alpestre et le Triton ponctué. Parmi ces espèces, le Triton crêté et la Grenouille agile sont protégées au titre de leurs individus et de leurs habitats (espèces inscrites à l'article 2 de l'arrêté du 19 novembre 2007). Le Triton alpestre et le Triton ponctué sont protégés uniquement au titre de leurs individus (espèces inscrites à l'article 3 de l'arrêté du 19 novembre 2007).

**Les mesures de compensation mises en œuvre visent donc à compenser les impacts spécifiquement induits sur les zones humides**. Elles seront toutefois également favorables au Triton crêté, à la Grenouille agile, au Triton alpestre et au Triton ponctué. A ce titre, les mares impactées présentes des fonctionnalités limitées avec des fonctions qui se cantonnent essentiellement à un habitat d'espèce.

*b. <u>Principe de la mesure</u>*

Au regard des impacts induits par le projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les amphibiens et les zones humides de Noisy-Champs (habitats de reproduction), la présente mesure de compensation vise à créer une mare prairiale en connexion avec le bois de Célie et à participer à restaurer 5 autres mares forestières de ce boisement dans l'objectif de restaurer un réseau de mares fonctionnelles pour les espèces visées. La restauration d'habitats de reproduction augmentera indirectement l'offre en habitats d'hivernage pour les amphibiens. En effet, les espèces ciblées utilisent leurs habitats terrestres sans grandes discriminations de leurs états de conservation. Le maintien des populations passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction interconnectés par des formations boisées proches des mares. En outre l'enjeu de la préservation de ces espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction en bon état de conservation.

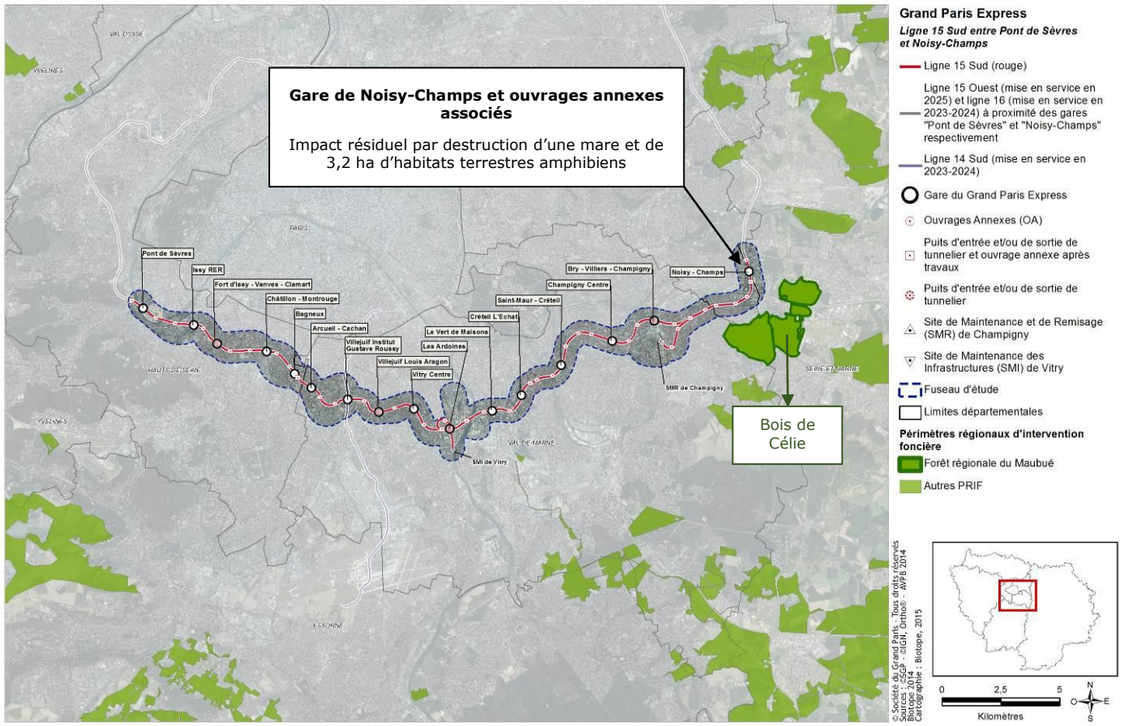
**<u>Espèces ciblées par la mesure de compensation</u> : Triton crêté, Grenouille agile**

**<u>Autres espèces concernées par la mesure de compensation</u> : Triton alpestre, Triton ponctué.**

### c. *Localisation de la mesure de compensation*

Le site de compensation visé est localisé au sein du périmètre régional d'intervention foncière de la Forêt régional de Maubué et plus particulièrement au sein du Bois de Célie inclus dans ce PRIF. Ce bois, d'une superficie totale de 175 ha se situe sur le territoire des communes d'Emerainville et de Pontault-Combault en Seine-et-Marne.

Il se localise à environ 1,5 km du fuseau d'étude et à environ 2,5 km des impacts résiduels induits par le projet.




### d. *Présentation de la mesure de compensation*

La présente mesure de compensation prévoit la création/restauration de zones humides favorables aux amphibiens et notamment aux espèces précitées. Il est important de souligner que ces espèces utilisent leurs habitats terrestres sans grandes discriminations de leurs états de conservation. La conservation passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction (optimum : 4 à 10 mares au km² distantes de 500 mètres au maximum) interconnectées par des formations boisées proches des mares (Lescure et al 2010). En outre l'enjeu de la préservation de ces espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction (habitat aquatique) en bon état de conservation.

La mesure consiste en la création d'une mare prairiale et la restauration de 5 autres mares présentes dans le bois de Célie. L'identification et la caractérisation de ces mares fait suite à deux visites sur le terrain :

- Une première visite diurne afin de localiser et de caractériser les mares présentes au sein du boisement et d'identifier l'emplacement optimale de la mare prairiale à créer ;
- Une deuxième visite nocturne visant à caractériser l'état des populations présentes.

Le résultat de ces diagnostics est présenté dans le tableau ci-dessous qui identifie également les mesures à mener pour restaurer les mares identifiées.

| Mare | Diagnostic | Mesure |
|---|---|---|
| Mare 1 | Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique et présence d'un chêne abattu sur la mare.<br>Présence de Tritons alpestres et de Tritons ponctués. | Restauration par une remise en lumière et reprofilage de berge en pente douce. |
| Mares 2 et 3 | Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique.<br>Aucune espèce d'amphibien identifié lors de l'expertise de terrain (biotope, 2015) | Restauration par une remise en lumière et reprofilage de berge en pente douce. |
| Mare 4 | Réseau de 3 petites mares en profil trou d'obus espacées de 10 à 15 m les unes des autres. Mares en cours d'atterrissement sans végétation aquatique.<br>Présence de larves d'anoures. | Restauration par recreusement de 3 petites mares en profil de petits trous d'obus en cours d'atterrissement : le but est de les fusionner avec une mise en lumière et profilage de berge en pente douce. |
| Mare 5 | Mare ombragée avec présence de végétation aquatique.<br>Présence d'une population importante de Triton alpestre et présence de Triton ponctués. | Désembroussaillement des berges pour une mise en lumière et permettre le développement des herbiers aquatiques. |
| Mare 6 | Mare non existante | Création d'une mare prairiale pédagogique avec installation d'un panneau à l'attention du public expliquant l'action et l'écosystème présent. |

**Localisation des mesures**

**5 mares restaurées**

→Renforcement d'un réseau fonctionnel entre la mare prairiale créée et les mares existantes




Mares à créer

**Création d'une mare prairiale pédagogique**

La mesure consiste en la création d'une mare prairiale près de la lisière forestière en recherchant un profil adapté et un positionnement optimal pour l'ensoleillement à proximité d'habitats terrestres.

Un panneau explicatif sera élaboré afin d'associer cette mesure de restauration écologique à un objectif pédagogique.



**Exemple de modalité de creusement d'une mare prairiale**

**Mise en place d'une gestion à long terme des milieux restaurés ou créés**

Les mesures de gestion seront définies en fonction de la gestion actuellement conduite, à la fois sur le bois de Célie et sur la prairie.

*e. Mise en place d'un suivi à long terme*

Un suivi annuel au cours des 3 premières années sera réalisé sur les mares restaurées/créées ainsi que sur la mare prairiale créé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces ciblées par la compensation.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des populations d'amphibiens et des habitats terrestres et aquatiques.

Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations et des habitats naturels.

Plusieurs rapports de suivi seront produits dont un suivi aux années 1,2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 25 et 30 ans sera réalisé.
Ce rapport sera adressé à la DRIEE Île-de-France, à l'ONEMA et au CNPN.
Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude avant et après mise en œuvre des mesures préconisées,
- des populations sur les milieux recréés via mesures compensatoires,
- la bonne réalisation et la validité de la gestion.

Suite à ces suivis, des mesures de corrections pourront être apportées aux aménagements en concertation avec les services de l'ONEMA et de la DRIEE.

*f. Plus-value écologique*

Cette mesure compensatoire apporte une plus-value écologique au niveau d'un des PRIF de L'Agence des Espaces Verts (AEV) d'Ile-de-France. Actuellement l'AEV projette d'intervenir sur quelques mares de ce PRIF à moyen terme. La mesure de compensation des 599 m² vient compléter et renforcer ce dispositif et assurer une mise en œuvre plus rapide.

Cette mesure s'inscrit ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

*g. Coûts estimatifs de la mesure*

- Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières : 36 000 €
- Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 €
- Entretien sur 30 ans : 7 000 €
- Suivi à long terme de la mesure : 10 000 €

Le coût total de cette mesure est évalué à environ 59 000€.

Le calendrier de mise en œuvre de cette mesure est détaillé dans le dossier CNPN. L'engagement est de réaliser ces travaux hors période de reproduction des amphibiens sur la période automne-hiver 2015-2016.

La convention précisant les modalités de réalisation et de gestion de cette mesure entre l'AEV et la SGP est en cours de rédaction. L'ensemble sera transmis au service Police de l'eau avant le 31 décembre 2015.

### *1.13.6.4 Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame*

*a. Rappel des besoins de compensation*

Dans le cadre des travaux liés au projet de SMR de la Ligne 15 Sud du Grand Paris, des impacts résiduels persistent pour les zones humides.

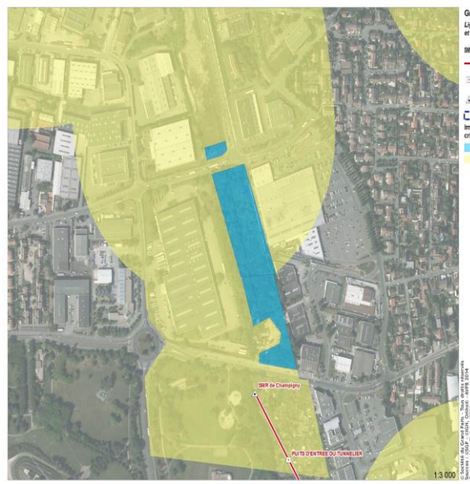
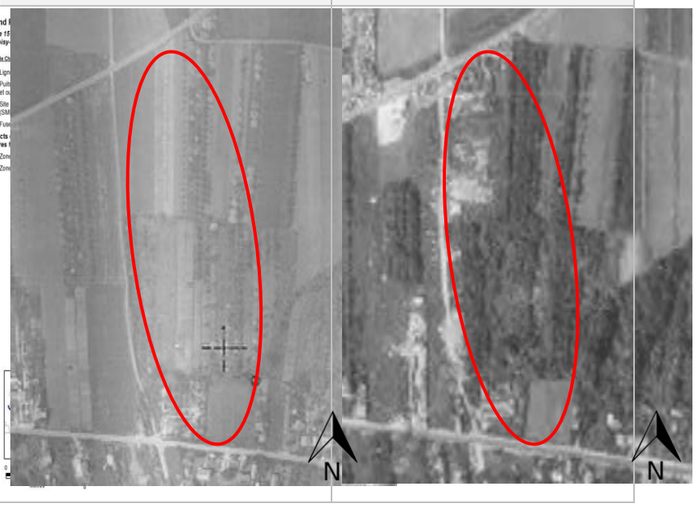
En effet, l'impact du projet sur les zones humides identifiées sur critère pédologique sur le secteur du SMR de Champigny reste significatif à hauteur de 5 700 m².

Pour rappel, cette zone humide qui a été délimitée sur le critère pédologique, ne présente pas d'enjeu écologique pour la faune et la flore. Elle a une fonctionnalité très dégradée et des fonctions très limitées. La végétation qui est présente est composée de friches et fourrés et de boisement rudéral sans aucune valeur patrimoniale.



**Végétation sur le secteur du SMR de Champigny (photo prise sur site – BIOTOPE)**

Il est difficile de dresser un portrait historique de cette zone humide. Les photographies aériennes de 1956 et 1972 avant que le secteur ne soit totalement urbanisé laissent entrevoir des prairies cultivées puis le développement de boisement. Comme expliqué dans l'état initial, il semble que la route actuelle en provoquant des modifications de l'écoulement des eaux et en les dirigeant spécifiquement sur ce secteur est favorisée le maintien des traces d'humidité dans les sols.

| **Photographie aérienne (IGN, 2011)** | **Photographie aérienne de 1956** (Source : Géoportail) | **Photographie aérienne de 1972** (Source : Géoportail) |
|---|---|---|
|  |  |  |

La mesure d'accompagnement proposée autour du SMR une fois les travaux réalisés vise à maintenir la présence d'habitats humides en lien avec la récupération des eaux de ruissellement sur le site. Il s'agit de conserver la mémoire de la présence de cette zone humide et de restaurer des fonctions écologiques sur ce secteur. Par contre, la construction du SMR nécessitant une excavation de sol importante, les relations souterraines-subsurface ne peuvent être maintenues à l'identique. Ce sont donc ces fonctions qu'il convient de compenser et qui ont orientées la recherche de mesures de compensation.

*b. <u>Principe de la mesure</u>*

Au regard des impacts induits par le projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur la zone humide relictuelle identifiée selon le critère pédologique dans le secteur du SMR de Champigny et des mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre, une mesure de compensation doit être proposée.

La compensation n'étant pas possible à proximité après réduction sur le secteur impacté, une compensation ex-situ a été étudiée. Elle s'inscrit dans le respect du SDAGE Seine-Normandie qui demande une compensation surfacique et fonctionnelle de 150% en dehors de la masse d'eau concernée.

Pour rappel, la zone humide relictuelle impactée ne présente plus aucune fonction biologique au vu de son état de conservation et du contexte urbain autre que potentiellement une fonction d'infiltration des eaux de ruissellement.

La mesure de compensation proposée vise donc à restaurer des milieux humides à haute valeur patrimoniale et fonctionnels et notamment en termes d'infiltration et d'épuration.

Cette mesure s'intègre dans un projet plus vaste porté par l'ONF en Forêt de Notre-Dame qui souhaite voir le retour d'un pâturage de grands herbivores dans ces massifs forestiers. Cette mesure ambitionne de restaurer un boisement humide et une lande humide à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame. Cette forêt anciennement humide a fait l'objet d'une exploitation et de drains qui ont conduit à son assèchement et aux modifications de son écosystème. Ce projet de restauration passe par différentes étapes de faisabilité préalable :

- L'exploitation des plantations afin de rouvrir le milieu,
- La restauration d'une fonctionnalité hydrogéologique et hydraulique nécessaire au maintien d'une lande humide. En l'état, lors des ouvertures précédentes réalisées par l'ONF, la recolonisation des milieux ouverts par des fougères démontraient un niveau de la nappe trop bas et des drainages trop importants sur la zone.

Dans le cadre de ce projet, l'ONF prévoit également la création de mares dans un objectif d'alimentation en eau des espèces. La SGP apporte déjà une plus-value à ce projet en proposant la création d'une mare à fort potentiel pour le Faucon Hobereau (Cf. Mesure compensatoire sur le Faucon Hobereau de la partie Faune/Flore). La mesure de compensation « zone humide » vise donc à apporter une plus-value écologique au projet au travers des actions suivantes :

- Recréation d'une zone humide forestière (mosaïque de boisements et de landes) ;
- Identification par un écologue de terrain des arbres favorables à la nidification du Faucon hobereau et à l'ensemble des espèces patrimoniales à maintenir dans le cadre de cette réouverture du milieu qui sera réalisée par l'ONF ;
- Appui technique à l'ONF :
    - pour la réalisation d'un schéma de principe du fonctionnement hydraulique et hydrogéologique de la forêt de Notre Dame. Ce diagnostic vise ensuite à localiser et installer des piézomètres afin d'approfondir le fonctionnement théorique de la nappe et des écoulements et d'en assurer le suivi. Le diagnostic complet et le suivi des piézomètres permettra de localiser précisément l'emplacement les bouchons à mettre sur les fossés de drainage et la faisabilité de cette opération ;
    -

- sur la localisation de la pose de bouchons par rapport aux habitats naturels et à la faune de la zone.

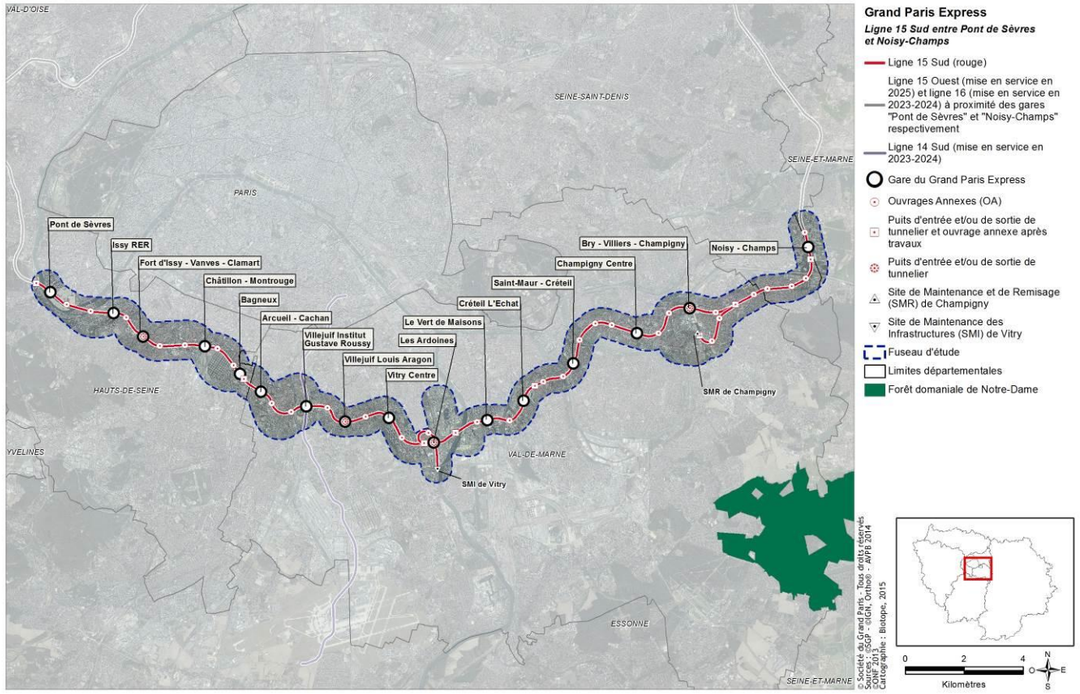
- Financement du diagnostic, du dossier Loi sur l'eau, de la pose des piézomètres et de la pose des bouchons ;
- Mise en place d'un suivi à long terme.

**Fonctions concernées : fonctions écologiques (habitats) et fonction hydrologiques**

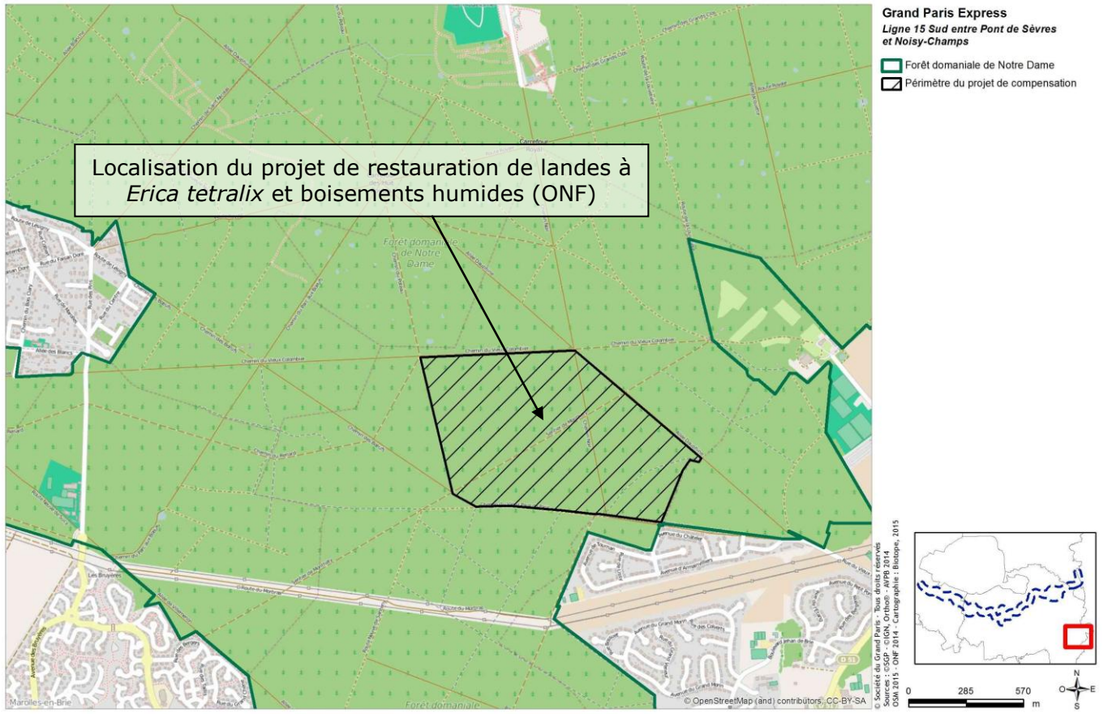
**<u>Espèces concernées</u> : Cortège de faune des milieux humides et aquatiques**

### c. *<u>Localisation de la mesure de compensation</u>*

La mesure sera mise en œuvre dans la forêt de Notre Dame. **La mesure se localise à environ 4,5 km du fuseau d'étude et à environ 6 km des impacts résiduels induits par le projet**.




**Localisation de la forêt de Notre-Dame par rapport au fuseau d'étude**




**Localisation de la mesure de compensation en Forêt de Notre-Dame**

### d. *<u>Présentation de la mesure de compensation</u>*

**<u>Modalités de gestions et identification des arbres à maintenir dans le cadre du projet de l'ONF</u>**

Le projet qui sera porté en maitrise d'ouvrage par l'ONF intègre des opérations ciblées d'abattage d'arbres. En amont à ces opérations, un écologue expertisera le terrain afin d'identifier des résineux porteur de nids de corneilles noires favorables à la nidification du Faucon Hobereau (87 % des nids occupés par le faucon hobereau sont des nids de Corneilles noires (H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001)), en particulier les Epicéas en lisière. Cette action permettra de localiser précisément ces éléments qui seront maintenus dans le cadre de la mise en œuvre du projet de l'ONF.

Un état initial des principales parcelles forestières concernées a été réalisé par l'ONF et le bureau d'étude OGE en 2011 -2012. Il sera actualisé afin de préciser le plan de gestion de cette mesure.

<u>Généralités sur le fonctionnement hydraulique de la foret de Notre Dame</u>
Une étude bibliographique et un complément de terrain sur la base de récolte d'études existantes (géologie, hydrogéologie, macrorelief, exutoires, cours d'eau récepteurs) permettront d'avoir une vision du fonctionnement général de la zone.

<u>Fonctionnement hydraulique plus détaillé de la zone considérée (celle délimitée sur plan ci-dessous)</u>

Dans le cas où il n'existe pas de topographie fine sur la zone de projet, deux expertises seront menées :

- un parcours des allées du périmètre pour identifier les points de sortie superficiels (buses, ponts, chenaux, etc.),
- un parcours de l'intérieur de la zone pour appréhender de manière générale la microtopographie.

**Identification de points de pose de piézomètres**

Suite aux études précédentes, un réseau de pose de piézomètre sera défini afin de suivre le fonctionnement hydrogéologique de la zone.

Selon le type de données à récolter, un cahier des charges sera défini permettant de définir la localisation, la profondeur des sondages et leurs justifications.

Cette étude comprend la réalisation d'un dossier Loi sur l'eau pour la pose de piézomètres.

En parallèle, des relevés floristiques et faunistiques seront réalisés par un écologue afin de définir le niveau d'enjeu écologique.

**Identification de la localisation des bouchons**

Le croisement des différentes données hydraulique, hydrogéologique, topographique et écologique permettra de définir la localisation des bouchons qui seront réalisés en matériaux de récupération des bois exploitées ou par remblais.

La mise en œuvre de ces bouchons sur les drains existants et les abatages ciblés vont permettre rapidement de faire remonter le niveau de la nappe et ciblés de modifier les habitats et la structure de la végétation.

e. Mise en place d'un suivi à long terme

Un suivi annuel au cours des 3 premières années suivants la restauration sera réalisé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces de flore et de faune inféodées à ce type de milieux.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats restaurés.

Dans le cadre d'une convention de gestion, l'ONF assurera la gestion de ce milieu humide recréé.

f. Plus-value écologique

Cette mesure compensatoire apporte une plus-value écologique au niveau d'une forêt domaniale d'Ile-de-France. Cette mesure s'inscrit ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

Une convention précisant l'ensemble de ces modalités est en cours de réalisation entre la SGP et l'ONF. Le plan de gestion précisant ces modalités sera transmis au service de la police de l'eau avant le 31 décembre 2015. La mise en œuvre effective de cette mesure est projetée à l'hiver 2015/2016.

g. Coûts estimatifs de la mesure

Le coût estimatif de la mesure est estimé entre 17 000 et 20 000 euros.

Ce coût intègre les études et la réalisation des travaux et des suivis. La forêt de Notre-Dame est une forêt domaniale, il ne s'agit donc pas avec cette compensation de réaliser de l'acquisition mais d'apporter des éléments techniques et financiers pour la restauration d'une zone humide à travers la restauration de son fonctionnement hydrologique.

### *1.13.6.5 Synthèse sur les mesures de compensation*

**Concernant les zones humides, des mares vont être recrées sur deux secteurs à minima, l'un sur le fuseau (SMR de Champigny) et l'autre sur le bois de Célie (PRIF de l'AEV) et une restauration de boisements et landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre-Dame va être réalisée pour compenser la zone humide du SMR de Champigny.**

**Enfin, sur le secteur du SMR de Champigny, la zone humide très dégradée et non impactée par le projet de SMR et projets connexes sera réhabilitée avec la création d'un réseau de mares et de milieux associés hygrophiles. De nouvelles zones humides (noues artificielles et mares) seront recrées suite à la phase chantier sur le secteur sud-ouest.**

| Secteurs concernés | Surface impactée | Espèce ciblée par la compensation | Habitats d'espèces | Surface compensée in situ | Surface compensée ex situ mais au sein du fuseau de la Ligne 15 Sud | Mesure de compensation réalisée ex-situ, hors fuseau d'étude | Surface compensée | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SMR de Champigny | 5 737 m² | Espèces communes et ubiquiste | ZH : Boisement rudéral – Zone humide relictuelle sur critère pédologique | Restauration de zones humide (mesures d'accompagnement) Aucune mesure de compensation possible in-situ | Aucune mesure de compensation possible dans le fuseau d'étude | Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF) | 80 ha de boisement et landes humides | La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet |
| Noisy-Champs | 599 m² | Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté | ZH : 2 mares forestières en cours d'assèchement | Aucune mesure de compensation possible in-situ | Aucune mesure de compensation possible dans le fuseau d'étude | Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (PRIF AEV)<br>Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF) | 1 mare créée et 5 autres restaurées (> 600 m²)<br>Boisement et lande humides (>80 ha) | La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet |

**Au total ce sont plus de 80 ha de zones humides qui vont être recréées et restaurées afin de compenser moins d'un hectare de zones humides relictuelles détruites en secteur urbain. Cette compensation à travers des actions de restauration en forêt domaniale et au sein d'un PRIF va être mise en œuvre sur des fonciers préservés à long terme et avec un engagement de gestion de la SGP auprès des gestionnaires.**

La superficie compensée en forêt de Notre-Dame est bien plus importante que ce qui pouvait être attendu. Ce choix est fait car cette mesure ne s'appuie pas sur la mise en œuvre d'une nouvelle acquisition foncière qui va être pérennisée puisque les terres concernées sont déjà dans le domaine public domanial.

La compensation zone humide proposée est uniquement mobilisée pour le besoin compensatoire de la ligne 15 Sud.

### 1.13.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux zones humides

| Section | Ouvrages concernés | Niveau d'enjeu | Effets dommageables prévisibles du projet | Mesures d'évitement et de réduction de l'effet | Impacts résiduels du projet | Mesures compensatoires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides. | | | | | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides. | | | | | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy | Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux forts à proximité | *Impact direct*<br>Pas d'impact sur les zones humides<br><br>*Impact indirect*<br>Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité<br>Destruction d'individu<br>Dérangement | - Balisage des zones humides à proximité<br>- Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée<br>- Mise en place de barrière anti-retour<br>- Adaptation des vitesses de circulation<br>- Humidification des pistes de chantier<br>- Gestion des déchets | Négligeable | Aucune |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | OA Friche Arrighi | Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux modéré à proximité | *Impact direct*<br>Pas d'impact sur les zones humides<br><br>*Impact indirect*<br>Pas d'impact sur les zones humides | - Aucune mesure nécessaire | Nul | Aucune |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Gare de Noisy-Champs | Enjeu faible à modéré | *Impact direct et indirect*<br>Destruction et dégradation de zones humides<br>Destruction d'individu<br><br>*Impact indirect*<br>Dégradation de zones humides<br>Destruction d'individu<br>Dérangement | - Optimisation de l'emprise chantier<br>- Balisage des zones humides et de la flore associée présentes à proximité<br>- Balisage de la Renouée du Japon/ éradication et retraitement en filière spécialisée<br>- Mise en place de processus de capture/ déplacement<br>- Mise en place de barrière anti-retour<br>- Adaptation des vitesses de circulation, humidification des pistes de chantier | Faible à Modéré<br>Destruction de zones humides (599 m²) | **Recréation de zones humides**<br><br>*Création de mares sur le bois de Célie en partenariat avec l'AEV (>600 m²)*<br><br>*Restauration de boisements et landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (< 80 ha)* |
| | SMR de Champigny | Enjeu faible | *Impact direct*<br>Destruction de zones humides<br>Dégradation de zones humides par dissémination<br><br>*Impact indirect*<br>Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité | - Optimisation de l'emprise chantier<br>- Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée<br>- Balisage des zones humides présentes à proximité<br>- Balisage de Robinier Faux acacias/ Eradication et retraitement en filière spécialisée<br><br>Mesure d'accompagnement :<br>*Restauration et amélioration de zones humides terrestres sur le SMR de Champigny* | Faible à Modéré<br>Destruction de zones humides non fonctionnelles (0,57 ha) | **Recréation de zones humides**<br><br>*Restauration de boisements et landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (<80 ha)* |

### 1.13.8 Coûts liés aux mesures

**Coûts des mesures concernant les zones humides et la faune associée**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | Détails pratiques et financiers de la mesure | Estimation chiffrée des coûts |
| Formation obligatoire du personnel de chantier | A intégrer à la mission du Coordinateur environnemental | - |
| Eviter la prolifération d'espèces invasives | Décapage et mise en dépôt, ou évacuation de la terre végétale (sans traitement) : 3 à 4 euros le m3<br>Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m² | Pas de données relatives aux volumes des déblais |
| Remise en état du sol après travaux | Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m3<br>Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m3<br>Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3<br>Plantations : dépendant des essences sélectionnées | La plupart des infrastructures sont situées en contexte urbain<br>Dépend du volume exporté |
| Suivi écologique du chantier | Mise en place d'un PRE (plan de Respect de l'Environnement) et SOPRE (Schéma Organisationnel du PRE), suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au Document de Consultation des Entreprises de travaux<br>Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité<br>Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j<br>Coût du suivi de chantier :<br>- Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT / an en sus des autres prestations de suivis<br>- Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener | Suivi écologue = 25 000 € |
| Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles | - Bassin de décantation provisoire : 20 à 35 € par m²<br>- Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 € par ml<br>- Imperméabilisation par géomembrane : 8 à 10 € par m²<br>- Barrage flottant intervention rapide : 600 € (5 m) à 2 700 € (20 m) | S'agissant du plan de lutte contre les pollutions accidentelles, il convient de se référer à la partie milieu physique |

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | Détails pratiques et financiers de la mesure | Estimation chiffrée des coûts |
| Adapter le calendrier des travaux | Pas de coût associé. Il convient de l'intégrer au plus tôt au programme de travaux et à la mission du maître d'œuvre lors de la planification du chantier. | A intégrer dans le programme de conception<br>Pas de surcoût estimé si intégré suffisamment en amont des travaux |
| Ne pas éclairer le chantier la nuit | Le coût de cette mesure est difficilement estimable. Il apparait vraisemblablement comme négatif, puisqu'il permet une économie d'énergie. | - |
| Déplacement d'individus | En lien avec le suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité<br>Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j<br>Coût du suivi de chantier :<br>- Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT/ an en sus des autres prestations de suivis<br>- Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener | Suivi écologue = 18 600 € |
| Rendre la zone de travaux peu attractive | A intégrer dans le programme de travaux | Pas de surcoût |
| Balisage de l'emprise du chantier | Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j pour la mise en place<br>Coût du balisage :<br>- Rubalise entre 15€ le rouleau de 500 m (rubalise simple) et 32€ le rouleau de 250 m (rubalise biodégradable et personnalisable<br>- Grillage plastique : de 48 à 58 € les 50 m en fonction de l'épaisseur<br>- Cordage<br>- Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ)<br>- flotteurs ligne d'eau : 70 € les 20 unités<br>- bouées de mouillage : 7 € l'unité<br>- points morts : ancres à 11 € pièce | Fonction du balisage envisagé lors du démarrage du chantier |

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure | |
|---|---|---|
| | **Détails pratiques et financiers de la mesure** | **Estimation chiffrée des coûts** |
| | Coût des clôtures :<br>- clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire | |
| Barrage anti-MES | Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j pour la mise en place<br>Barrage avec jupe en géomembrane : 2 500 à 5 000 € | Selon fréquence du dragage et travaux en Seine |
| Dispositif antichute de matériaux en Seine | Filet maille fine et épaisse<br>Clapet métallique en bord d'estacade<br>Godet à clapets | Pas de surcoût si pris en amont pour la constitution de l'estacade |
| Suivi spécifique des sites à forts enjeux | Coût indicatif pour le suivi d'une zone à enjeux écologiques de 30 ha :<br>- Suivi des amphibiens (2 passages d'expertise annuels) : 1 400€/an<br>- Suivi des oiseaux (4 passages d'expertise annuels) : 2 800€/an<br>- Suivi des mammifères (1 passage d'expertise annuel) : 700 € /an<br>- Suivi des poissons (2 passages d'expertise annuel) | Passage d'un fauniste (Villejuif Institut Gustave Roussy) et berge de l'Ile-de-Monsieur<br>=2 800€ |
| Mesure de compensation en forêt de Notre Dame (ONF)<br>Restauration de landes humides en forêt de Notre Dame | Restauration de landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame (<80 ha) | 17 000 et 20 000 euros. |
| Mesure de compensation sur la forêt de Célie (AEV)<br>Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres) | Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières (> 600 m²) : 36 000 €<br>Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 €<br>Entretien sur 30 ans : 7 000 € | 59 000 € |

## 1.14 Frayères

### 1.14.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de frayères

Pour les 3 secteurs d'aménagement concernés par la présence de faryères en interaction avec le projet (Ile de Monsieur, Pont de Sèvres et Friche Arrighi), des impacts directs et indirects ont été identifiés sur la base des informations issues du chapitre précédent.

Dans un premier temps, tous les impacts et les mesures communs aux trois ouvrages seront présentés. Les impacts et mesures spécifiques à chaque ouvrage seront précisés dans les chapitres des ouvrages concernés.

### 1.14.2 Impacts et mesures sur les frayères en phase travaux

#### *1.14.2.1 Impacts et mesures communs aux 3 secteurs d'aménagement*

*a. Impacts bruts généraux*

L'installation de bases chantiers en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- Le risque de pollution des eaux liée à la présence d'engins de chantier est aléatoire et difficilement quantifiable,
- Le risque de pollution par la chute de déchets flottants.

Les travaux en berges de Seine pourront également avoir des impacts sur le faune piscicole :

- Le dérangement,
- La mortalité par chute de matériaux en Seine,
- La mortalité par la destruction de frayères.

*b. Mesures d'évitement*

**Précautions et limitation des pollutions**

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum de la Seine et des zones humides afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargée en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement dans le milieu naturel. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés de la Seine,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité de la Seine et des zones humides,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des berges de Seine et des zones humides en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement en Seine,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées.

Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, devront être conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics.

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier devra respecter les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et le gestionnaire de réseau.

**Suite à la mise en place de dispositifs de précautions et de limitation des pollutions, l'impact sur la faune et les zones humides est jugé comme faible.**

**Gestion des déchets**

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversé en Seine et créer une pollution flottante (plastiques, bois, etc.)

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Des barrages flottants seront implantés autour des zones de travail. Ils permettront de récupérer les déchets flottants qui seront ensuite collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

**L'impact par les déchets est considéré comme négligeable.**

**Précautions lors du transfert de matériaux**

Dans l'objectif de limiter la chute de matériaux dans la Seine, lors du transfert entre la berge et les barges, plusieurs systèmes seront mis en place.

Concernant l'Ile-de-Monsieur, un système de bande transporteuse viendra prendre le relais des bandes transporteuses souterraines. Cette bande transporteuse de déversera dans la seconde qui transportera les matériaux directement dans la barge. Cette bande transporteuse sera hermétique, sans mouvement d'air et se déversera directement dans les barges.

Pour le Pont-de-Sèvres et la Friche Arrighi Vitry, des parapets métalliques et des filets à maille très fines (laissant passer la lumière) faisant le lien entre la berge et la barge limiteront la chute en Seine.

De plus, des barrages anti-MES seront disposés autour de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

**L'impact direct sur les habitats humides par la chute de matériaux dans la Seine est jugé comme négligeable.**

**Préserver les frayères de la faune piscicole en lit majeur**

L'impact direct sur les berges est faible à négligeable étant donné leur nature (berges maçonnées, palplanches et enrochements liés). La présence de quelques jeunes arbustes et arbres affleurants ne représente pas un impact important sur le projet. Les emprises chantier ne concernent aucun habitat piscicole en berge.

**L'impact par destruction/dégradation des habitats piscicoles en berge en phase chantier est considéré comme négligeable.**

**Limiter l'augmentation du batillage**

L'augmentation du trafic sur le secteur de Pont de Sèvres et de la Friche Arrighi Vitry aura pour impact de reporter temporairement l'ensemble des poissons sur les habitats de vie à proximité. L'augmentation du trafic sur la faune présente à proximité n'aura pas d'impact notable.

**L'impact par augmentation du batillage sur les zones humides et la faune inféodée est considéré comme négligeable à faible.**

**Adapter le calendrier des travaux**

L'impact sur les frayères est variable entre les différents ouvrages. Toutefois, afin de limiter la mortalité de la faune piscicole, les périodes les plus favorables à la reproduction des espèces seront écartées. **Le calendrier des travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations en Seine **soient réalisées en dehors des périodes de reproduction des espèces piscicoles (avril-juillet).**

**Périodes de reproduction des espèces piscicoles d'après la bibliographie**

| | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Perche fluviatile** | | | ***12 à 14°C*** | | | | | |
| **Ablette** | | | | ***15°C*** | | | | |
| **Chevaine** | | | | ***15°C*** | | | | |
| **Gardon** | | | | ***20°C*** | | | | |
| **Grémille** | | | | ***10 à 15°C*** | | | | |
| **Sandre** | | | | ***11 à 16°C*** | | | | |
| **Brème** | | | | ***12 à 16°C*** | | | | |
| **Rotengle** | | | | ***18 à 27°C*** | | | | |
| **Carassin** | | | | | ***15 à 19°C*** | | | |
| **Silure glane** | | | | | ***20 à 25°C*** | | | |
| **Brème bordelière** | | | | | ***12 à 16°C*** | | | |
| **Tanche** | | | | | ***> 18°C*** | | | |
| **Perche soleil** | | | | | ***15 à 30°C*** | | | |

***Selon Calendrier des périodes de frai des espèces autochtones (BRUSLE et al., 2001)***

**Eviter la dissémination des Matière En Suspension**

La réalisation de travaux en Seine va engendrer une remise en suspension des particules les plus fines. La restitution des matériaux en suspension, même localisée en rive gauche du chenal de navigation, aura des impacts indirects sur les habitats aquatiques à proximité et en aval. Ce panache de MES se développera vers l'aval sur une distance estimée d'environ 1 000 m. La remise en suspension de sédiments est également susceptible de provoquer la modification physico-chimique du milieu, la surabondance d'éléments nutritifs, la réduction de la limpidité de l'eau, l'échange de contaminants et l'enfouissement d'organismes benthiques. Ces changements de caractéristiques physico-chimique et nutritive de la Seine, sur un linéaire, une aire d'influence et une temporalité réduite, aura un impact limité sur la faune piscicole mais potentiellement important sur les habitats aquatiques présents à proximité. Même si ces zones sont très localisées dans l'axe du panache et s'estompent rapidement avec la décantation des MES, l'impact sur les milieux à l'aval est potentiel.

Afin de limiter, l'impact, des barrages anti-MES seront disposés autour des engins de dragage et de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire. De plus, des godets à clapets seront utilisés sur les pelles mécaniques pour éviter la dispersion des sédiments à la remontée. (Si technique d'extraction par pelle mécanique).

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejet de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

**L'impact de la remise en suspension de fines lors de travaux en Seine, sur les habitats aquatiques et la faune, sera négligeable à faible.**

**Balisage des frayères présentes à proximité**

La présence d'habitats aquatiques, et notamment de frayères, présents à proximité des ouvrages représente un impact potentiellement important. Dans l'objectif de limiter l'impact indirect sur les habitats de vie de la faune piscicole présents à proximité des emprises chantier et de l'ouvrage, les interventions seront limitées à l'emprise stricte du chantier. Un balisage des zones favorables à proximité et non impactées sera effectué. La mise en défens consistera à baliser le chantier et exclure toute nouvelle emprise à proximité. La mise en défens de ces secteurs s'accompagnera de la mise en place de panneaux de signalisation et d'une information de l'ensemble des personnels de chantier par un écologue en charge de l'accompagnement des travaux. La mise en défens des secteurs terrestres (berges) et le balisage avec des bouées visibles des ouvriers (pour les milieux humides et aquatiques) seront réalisés durant la phase préparatoire de chantier, avant le passage des engins et les travaux en Seine.

**L'impact indirect de l'installation des bases chantiers et des travaux, par destruction ou dégradation d'habitats aquatiques et de berges sera négligeable à faible.**

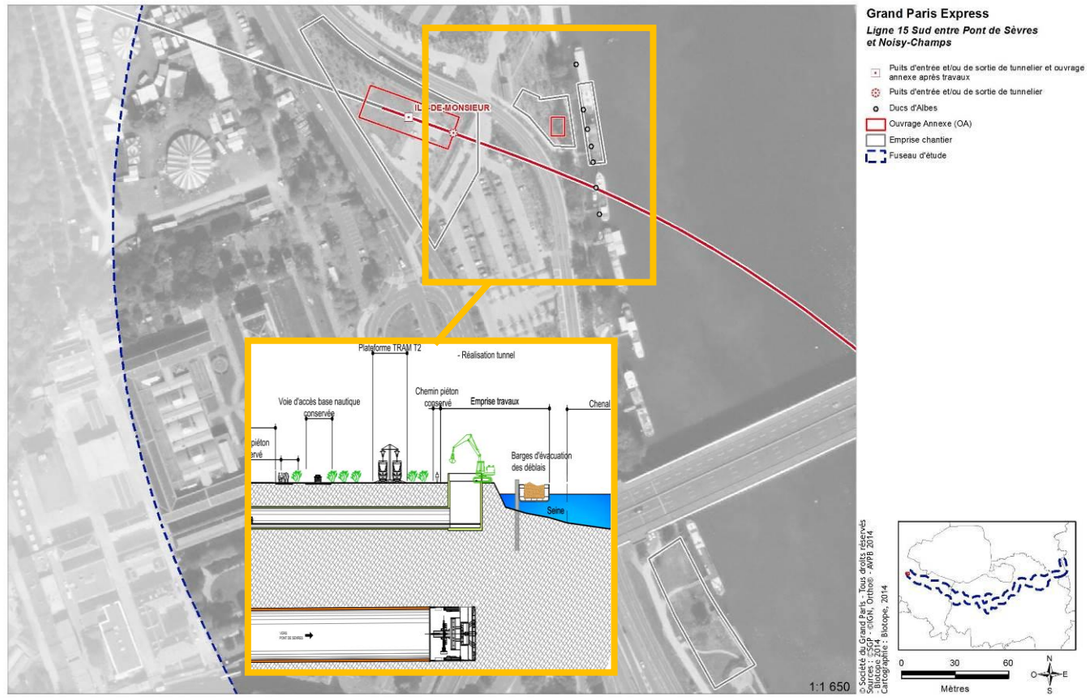
### *1.14.2.2 OA 2301P - Ile de Monsieur*

*a. Présentation de l'ouvrage annexe de l'Ile-de-Monsieur*

L'ouvrage annexe de l'Ile-de-Monsieur nécessite lors de la phase travaux :

- La mise en place d'emprise chantier sur les berges de la Seine de 622 m² et 30 ml en aval du pont et 2000 m² et 82 ml en amont du Pont,
- La réfection de 7 Ducs d'Albe distants d'environ 5 m de la berge,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 années,
- La présence de 2 barges de 570 T ou d'une barge de 1880T dédiées aux déblais et à l'approvisionnement des voussoirs sur un trafic de l'ordre de 2 à 1 barges/ jours durant 7 à 8 années.

La zone, en l'état, permet un fonctionnement possible de l'appontage de chantier selon une organisation contrainte par la typologie des travaux et la configuration existante.




**Vue en plan et coupe transversale de l'implantation des ducs d'Albe et barge d'évacuation des déblais**

*b. Impact bruts spécifiques*

L'installation de deux bases chantiers en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- La dégradation de frayères,
- Le dérangement de la faune piscicole.

*c. Mesures d'évitement*

**Implantation de nouveaux Ducs d'Albe en dehors des zones d'herbiers aquatiques**

L'implantation de nouveaux Ducs d'Albe en Seine, lors de l'implantation du chantier, sera nécessaire en particulier dans le cas de l'accostage d'une barge de 1880 T. Toutefois, ils seront installés à une distance de plus de 5 m de la berge. L'implantation pourrait dégrader 108 m² de frayère pour les espèces phytophiles et 228 m² de zone d'alimentation et de cache. Afin d'éviter les impacts, les Ducs d'Albe seront implantés sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques (présents entre la berge et les Ducs d'Albe). Les herbiers présents à proximité, installés sur des zones de hauts fonds seront préservées par la mise en place d'un balisage avec des bouées durant la phase préparatoire aux travaux, avant le passage d'engins et durant les travaux en Seine. De plus, afin de limiter l'impact des MES, des barrages anti-MES seront disposés autour des engins de pose pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

De plus, au regard des surfaces de frayères disponibles à proximité immédiate (4 870 m²), **l'impact est jugé comme faible.**

**De la même manière, l'impact sur les zones d'alimentation et de repos apparaît faible.** La surface de 228 m² sera délimitée et le caractère très clairsemé des herbiers aquatiques au regard des surfaces disponibles (1 429 m²) limite l'impact.

**L'impact est donc considéré comme négligeable à faible.**

**Limiter l'augmentation du batillage sur les herbiers aquatiques présents à proximité**

La navigation des barges sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur aura pour conséquence temporaire d'augmenter le batillage du au mouvement de départ et d'arrivée des péniches. Les embarcations actuellement en stationnement (bateau « habitation ») permettent de réduire l'effet du batillage sur cette berge de la Seine. Le retrait des péniches, combiné à l'augmentation du gabarit des barges, aura pour conséquence d'augmenter l'effet du batillage sur les habitats aquatiques à proximité. Ces habitats doivent être préservés au maximum de l'augmentation du batillage. Dans le but de réduire l'effet du batillage dû à l'augmentation de la navigation des barges, la mise en place de pieux en bois rapprochés, en amont et en aval des emprises, lors des travaux de mise en place du chantier en Seine (Ducs d'Albe), permettront de casser les vagues et de limiter l'impact sur les herbiers présents à proximité. Ces pieux permettront de plus l'installation de mousses et de flore favorables à l'alimentation de la faune et seront source de support pour les oiseaux.

**L'impact est alors jugé comme faible.**

**Eviter la dissémination d'espèces envahissantes**

La présence d'espèces de poissons envahissants au droit du secteur d'aménagement de l'ile-de-Monsieur ne présente pas une contrainte forte. Les espèces présentent de forte capacité de nage et de résistance. L'impact par l'implantation des emprises chantier et de l'estacade est négligeable. Toutefois, en cas d'observation d'individus d'Ecrevisse ou de Poisson chat, une destruction des individus est obligatoire. Les spécimens ne devront pas être réintroduits dans la Seine.

**L'impact direct des installations de chantier en Seine, sur les espèces piscicoles envahissantes est négligeable.**

*d. Mesures de réduction*

**Limiter la dégradation des herbiers aquatiques et des frayères par le dragage d'entretien**

Durant 7 à 8 ans, la réalisation de dragage sera nécessaire afin d'entretenir la zone et de maintenir la bathymétrie du site pour l'accostage des barges. L'impact du dragage annuel sera limité sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur. La réalisation du dragage au-delà des ducs d'Albe (5 m) concernera des substrats limoneux plus profonds sans végétation sur un volume estimé à 900 m3.

Les dragages d'entretien, en maintenant une profondeur constante, ne modifient pas significativement la bathymétrie des zones draguées et n'entraînent pas de changement notable de la nature des fonds à long terme. Les volumes dragués lors des opérations d'entretien sont faibles et représentent au maximum 10 à 15 % du volume initial par an ; à la différence des dragages de fond liés à des travaux neufs, qui ont par contre un effet beaucoup plus marqué sur les composantes du milieu. L'ensemble des travaux entrainera la suppression de milieux benthiques probablement peu diversifiés.

Le renouvellement de l'action de manière annuelle limitera la reprise naturelle de la végétation et donc la destruction de milieux favorables et la faune piscicole qui aurait pu trouver une zone de frai, d'alimentation ou de repos.

Par précaution, les interventions en Seine seront toutefois réalisées en dehors des périodes de reproduction de la faune piscicole (avril à juillet).

La fréquence des dragages est déterminée par la réalisation d'un levé bathymétrique de la zone concernée une fois par an pour déterminer le niveau de sédimentation. L'accroissement annuel du niveau de sédiment et le tirant d'eau restant, sont les paramètres permettant de déclencher ou non le dragage. Le responsable en sera la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage des travaux. La SGP envisage, dans le cadre des conventions passées avec Ports de Paris et Voies Naivgables de France, la possibilité d'inclure les dragages dont elle a la charge dans le programme d'entretien de la Seine. Cela permettrai de réduire le nombre d'opérations de dragages sur une même section.

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejets de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

Enfin des dispositifs anti-MES seront disposés autour des emprises de dragage afin de limiter l'impact par dispersion sur les zones de frayères présente à proximité.

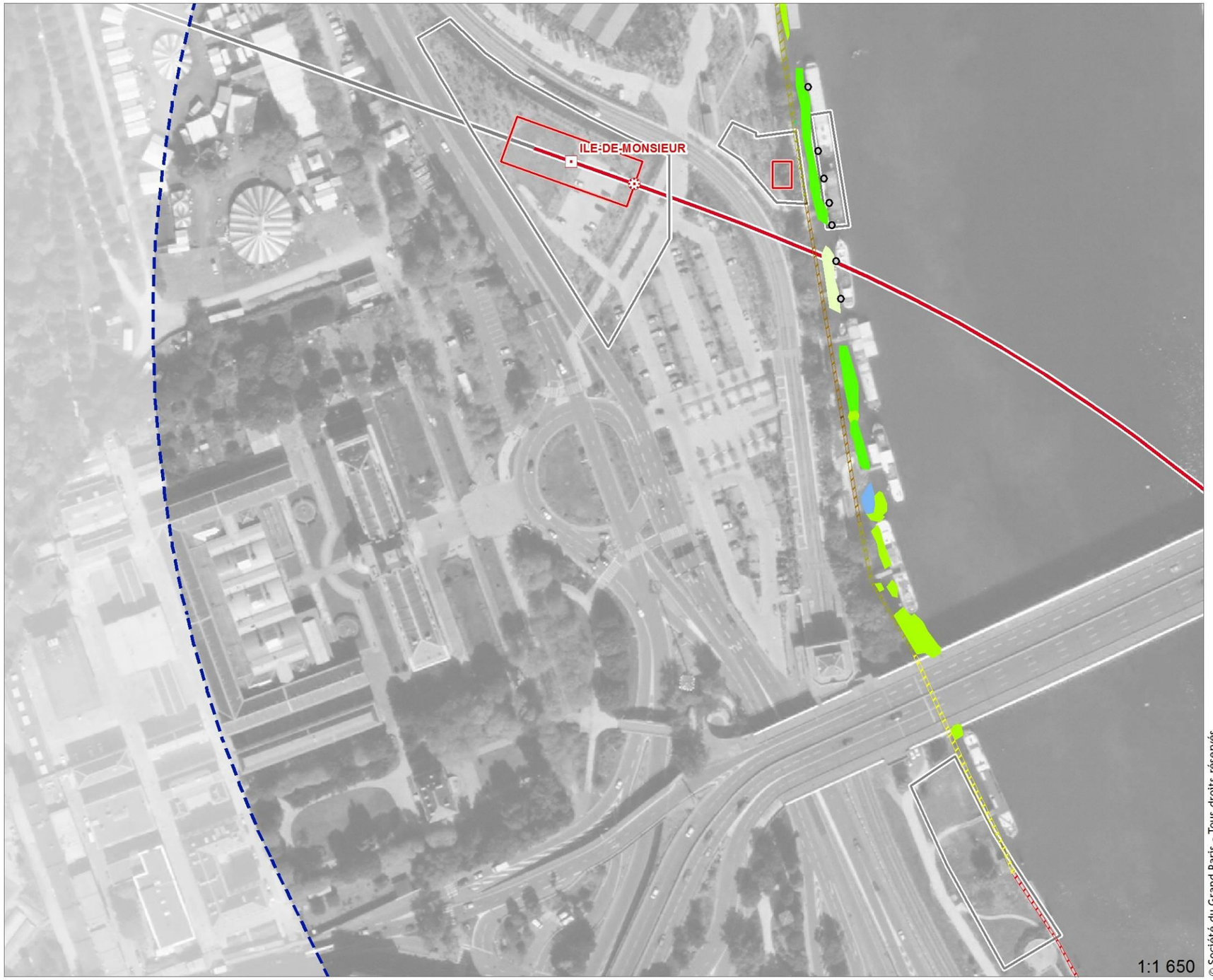
**L'impact du dragage annuel sur la faune piscicole et les habitats aquatiques est jugé modéré.**

**Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.**

**Limiter le dérangement de la faune piscicole lié au dragage**

Le matériel utilisé pour le dragage et les travaux en lit mineur (nouveaux Ducs-d'Albe) est source de bruit pouvant engendrer des désagréments à proximité des zones curées, l'eau facilitant la propagation du bruit. Les types et intensités de bruits peuvent être nombreux et variés lors de la phase travaux. La sensibilité des différentes espèces vis-à-vis de ces perturbations est complexe à appréhender du fait du faible nombre d'études menées sur ce sujet. Par prévention, des adaptations temporelles devront être envisagées afin de ne pas perturber la reproduction des espèces piscicoles à proximité lors des dragages (avril à juillet). **Du fait de la temporalité très réduite des dragages, du linéaire impacté, l'impact est jugé comme faible.**

**Emprises chantier, habitats de berges et aquatiques sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur**




## Grand Paris Express

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

**Milieux rivulaires et aquatiques**

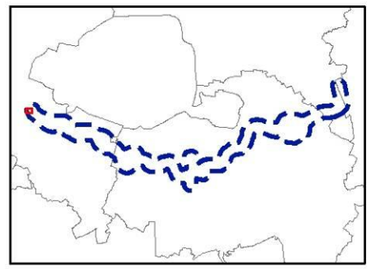
**Végétation aquatique**

- Blocs, substrat sablo-graveleux, hélophytes
- Herbiers clairsemés et bryophytes
- Herbiers denses
- Herbiers moyennement denses et bryophytes

**Berges**

- Arbre affleurant
- Berges maçonnées
- Berges maçonnées et palplanches
- Enrochements liés, blocs immergés non liés
- Enrochements liés, blocs immergés non liés en base
- Enrochements liés, blocs immergés non liés et arbre affleurant

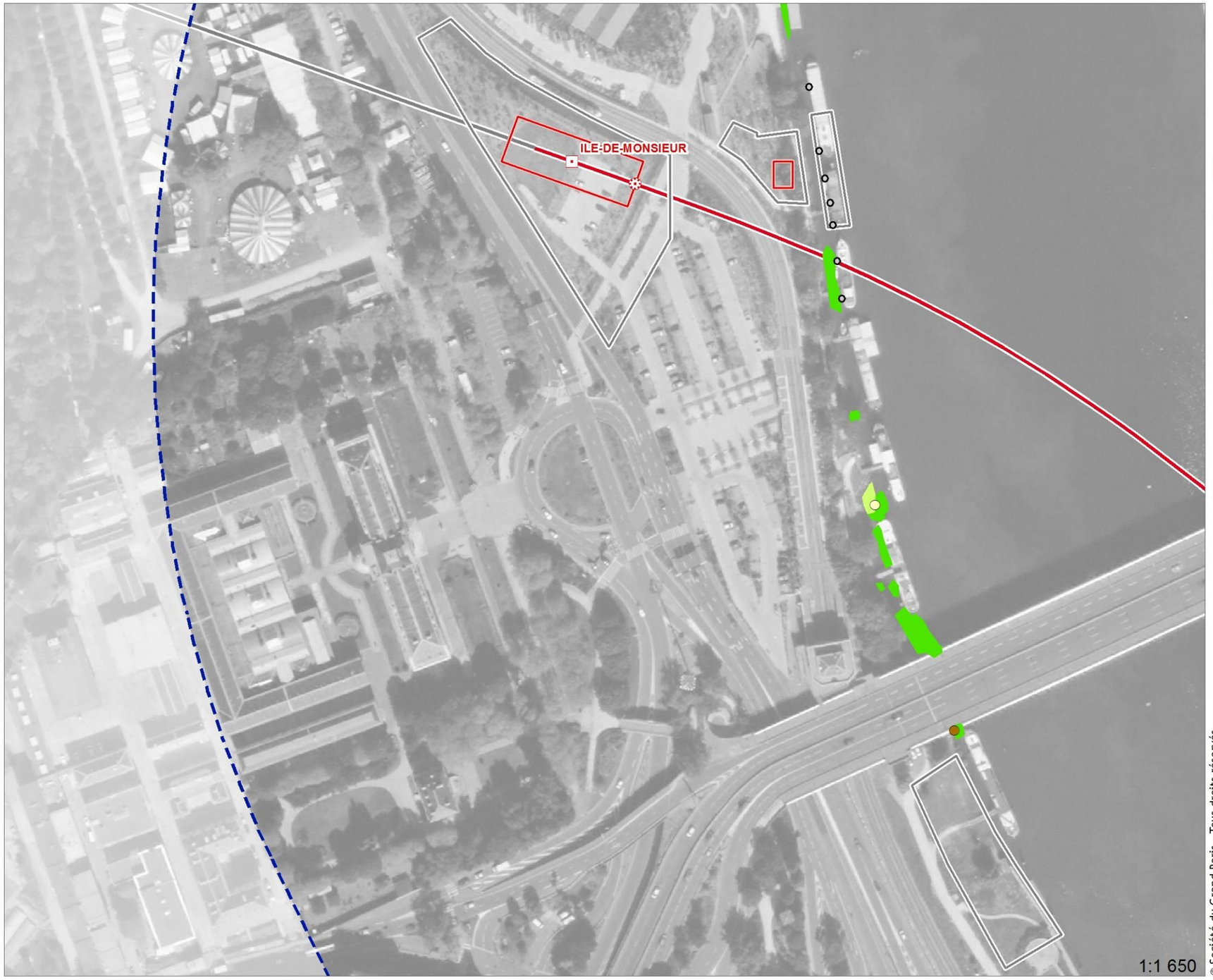
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



0 30 60 Mètres

N O E S

## Emprises chantier et des frayères sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

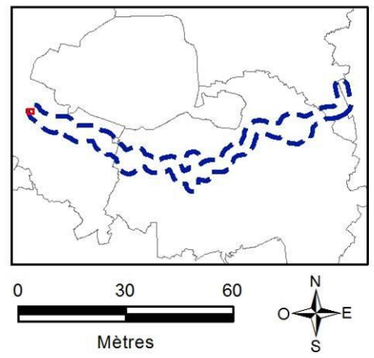
**Frayères**

- Frayères (Espèces phyto-lithophiles)
- Frayères (Espèces phytophiles)

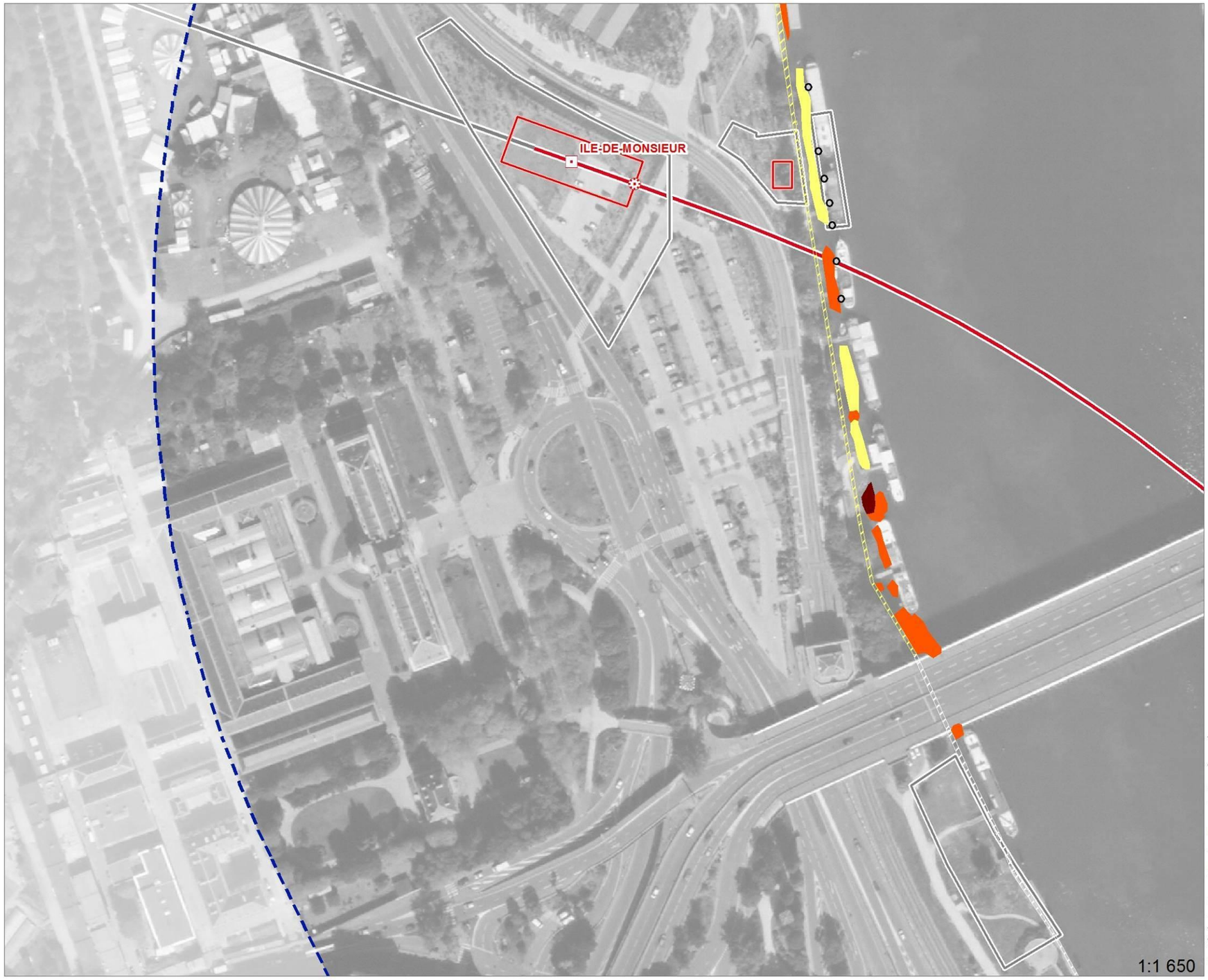
**Espèces de poisson**

- Alevins de cyprinidés
- Ecrevisse américaine

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014 - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Cartographie : Biotope, 2014



## Emprises chantier et des enjeux écologiques sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

**Enjeux piscicoles**

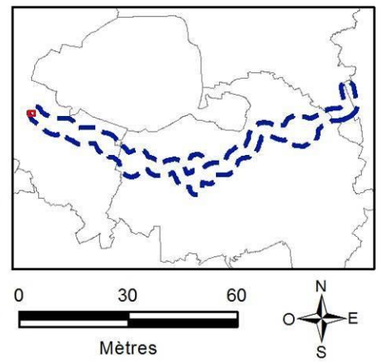
**Végétation aquatique**

- Fort
- Moyen
- Faible

**Berges**

- Faible
- Négligeable

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014 - Cartographie : Biotope, 2014



### 1.14.2.3 Gare Pont de Sèvres

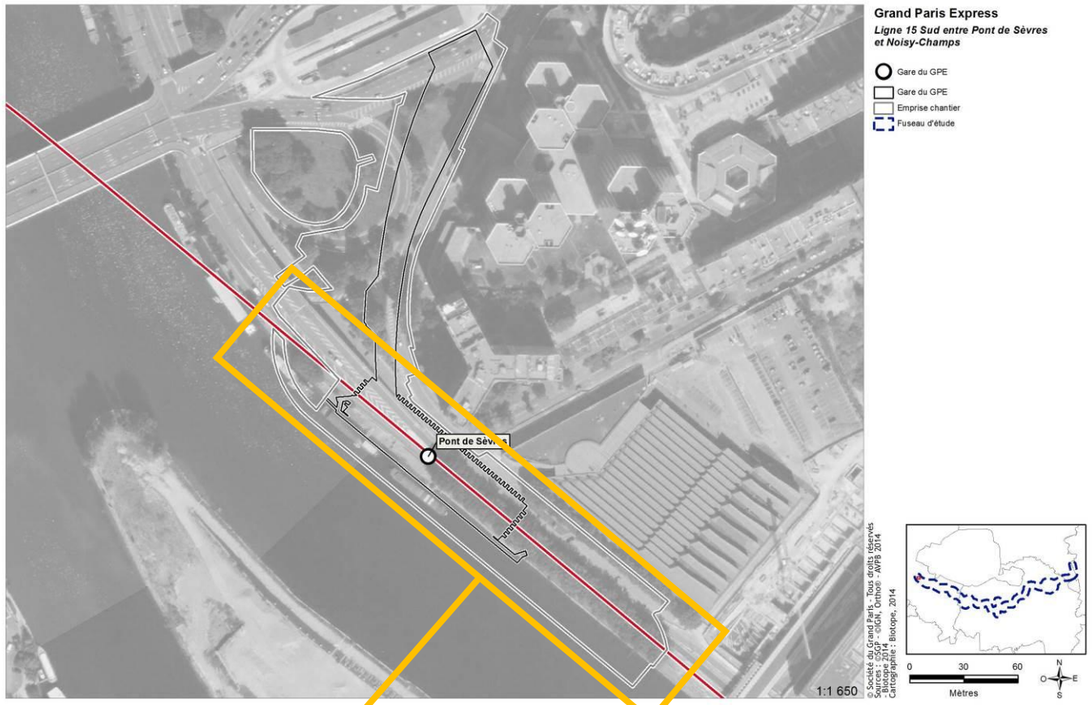
*a. Présentation de la gare de Pont de Sèvres*

Le secteur d'aménagement de la gare du Pont-de-Sèvres concentre les principaux impacts à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Les travaux nécessitent :

- La mise en place d'emprises de chantier en berge de Seine sur 270 ml dont la modification des berges par remblais et l'aménagement d'une estacade,
- Le maintien de l'estacade durant la durée des travaux, environ 4 ans,
- La présence de 2 barges, dont 1 en stationnement, 1 en cours de chargement et un trafic de l'ordre de 1 à 2 barges/ jours durant environ 4 ans.

**Représentation et vue en plan et coupe transversales de l'estacade**




*b. Impact bruts spécifiques*

L'installation de la base chantier en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- La destruction de frayères,
- Le dérangement de la faune piscicole.

*c. Mesures d'évitement*

**Limiter la mortalité de la faune piscicole par implantation de l'estacade**

La suppression de frayères, de zones de repos et d'alimentation peut avoir un impact par mortalité sur les poissons si les interventions sont effectuées durant les périodes de frai. Rappelons, qu'aucune espèce piscicole protégée ou patrimoniale n'a été recensée au droit des ouvrages et des emprises de Pont de Sèvres. De même, aucune zone de reproduction favorable (frayère) avérée ou potentielle n'a été recensée pour ces espèces. Malgré tout, des espèces communes se servent du site pour se nourrir, se reposer et se reproduire.

Afin d'éviter l'impact par mortalité sur la faune aquatique en période de frai, deux solutions complémentaires sont envisagées :

- L'adaptation des périodes de travaux en lit mineur (Cf. Mesures générales), le retrait des habitats aquatiques au préalable des travaux (septembre – fin février) en dehors des périodes de frais des espèces présentes. La destruction des habitats naturels par dragage et réfection des ducs d'Albe étant inévitable, le retrait préalable des herbiers peut être envisagé.

La mise en place de cette mesure aura pour effet de d'éviter l'impact sur la faune piscicole. Celle-ci ne trouvant plus de frayères, pourra se reporter sur des zones de frai à proximité immédiate. **L'impact par mortalité sur la faune piscicole sera donc négligeable à faible.**

Concernant la destruction des zones d'alimentation et de repos, les espèces étant mobiles et disposant de surface de nage suffisante dans le lit mineur de la Seine, **la mortalité sera faible à négligeable sur ces espèces en phase travaux.**

Enfin, **l'impact direct sur les berges est faible à négligeable étant donné leur nature (berges maçonnées et palplanches).**

**Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.**

**Limiter le dérangement de la faune aquatique lors de l'implantation de l'estacade**

Le matériel utilisé pour les travaux en lit mineur est source de bruit (vibrofonçage, battage de tubes en aciers et pose de palplanche) pouvant engendrer des désagréments à proximité des zones curées, l'eau facilitant la propagation du bruit. Les types et intensités de bruits peuvent être nombreux et variés lors de la phase travaux. La sensibilité des différentes espèces vis-à-vis de ces perturbations est complexe à appréhender du fait du faible nombre d'études menées sur ce sujet. Du fait de la temporalité très réduite des travaux (5 mois pour la pose des palplanches et tubes en acier), des disponibilités de report des espèces pour le frai et de la possibilité de migration par le second bras de la Seine, **l'impact est jugé comme faible**. Par prévention, des adaptations

temporelles devront être envisagées afin de ne pas perturber la reproduction des espèces piscicoles à proximité lors de la pose (exclus d'avril à juin).

*d. Mesures de réduction*

**Diminuer la surface de l'estacade**

La modification des berges par remblais et l'aménagement de l'estacade auront pour conséquence d'impacter 446 m² d'habitat aquatiques favorables à l'alimentation et la cache et 302 m² de frayères pour les espèces phytophiles. Afin de limiter l'impact sur les milieux de reproduction, de développement et de nourrissage des poissons présents au droit de l'ouvrage ; la surface et la localisation des emprises chantiers ont été optimisées. Ainsi, les surfaces d'estacades proposées en AVP initial s'élevaient à plus de 6 000 m² dans l'hypothèse environnementale la plus défavorable. Les surfaces d'estacades de l'AVP final sont maintenant de 3 098 m². Toutefois, l'impact direct sur la destruction de frayères est inévitable. Malgré des surfaces de frayères disponibles à proximité immédiate (3 763 m²), **l'impact est modéré dans le contexte de la Seine parisienne. 302 m² de frayères devront être recréées en compensation.**

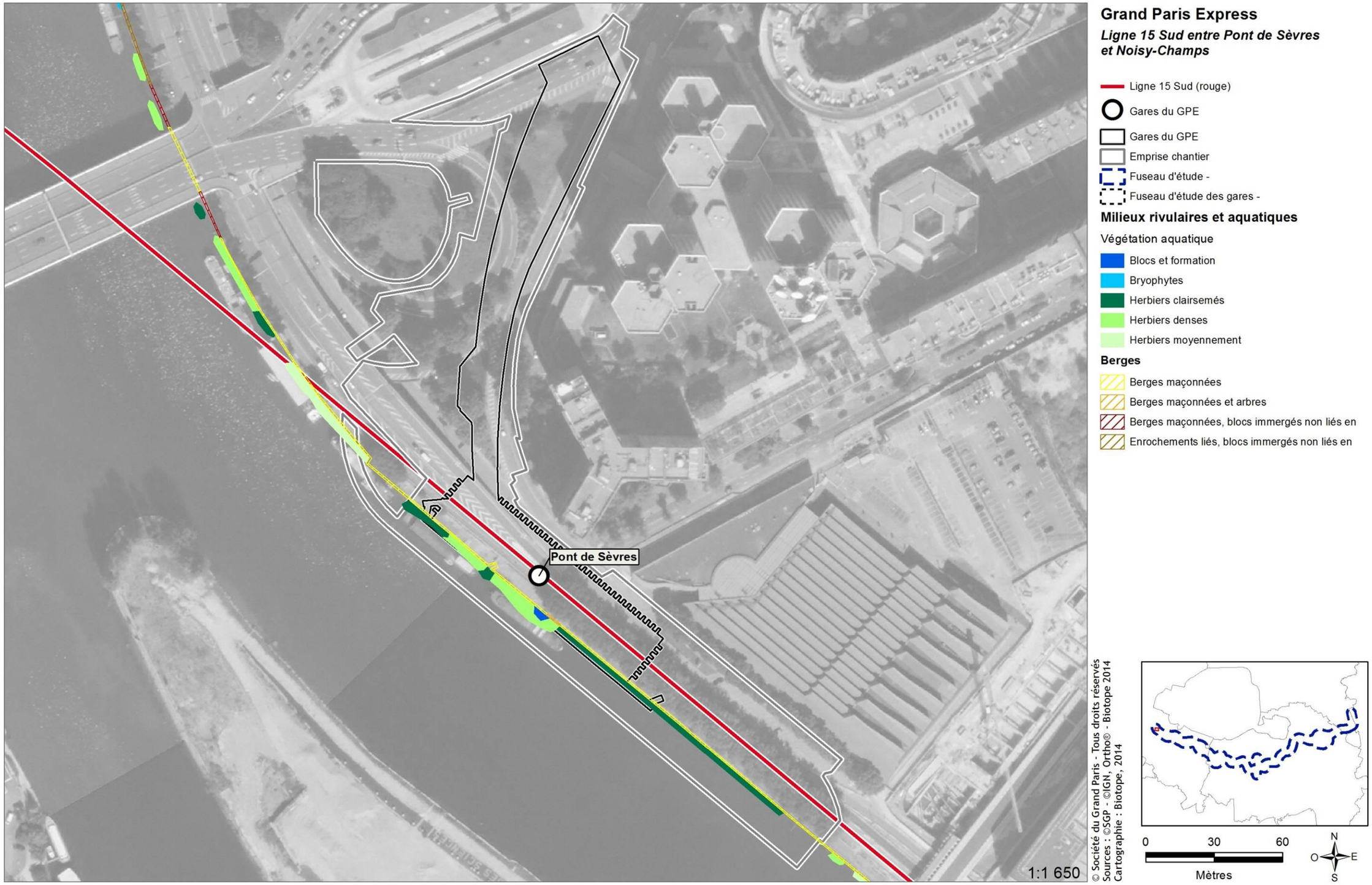
**Concernant l'impact sur les zones d'alimentation et de repos, l'impact est jugé faible** au regard des surfaces détruites (446 m²), des surfaces disponibles à proximité (2 680 m²) et du caractère clairsemé des herbiers aquatiques.

**Limiter l'ombrage lié à l'implantation de l'estacade**

Le rideau de palplanche et l'estacade sera maintenue durant 7 à 8 ans. Durant cette période, l'ombrage sur la Seine sera de 3 000 m² au maximum (surface de l'estacade sur la Seine). L'exposition de l'estacade au sud-ouest, limitera le phénomène d'ombrage dans la journée. De plus, la largeur du lit de la Seine inoccupée par l'estacade et les barges reste suffisamment importante (60 m) pour ne pas impacter la migration de la faune piscicole.

**L'impact de l'ombrage de l'estacade sur la faune piscicole est négligeable.**

**Emprises chantier, des habitats de berges et des habitats aquatiques sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres**



## Emprises chantier et des frayères sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gares du GPE
- Gares du GPE
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude - DUP
- Fuseau d'étude des gares - DUP

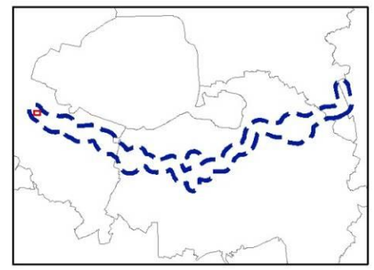
**Frayères**

- Frayères (Espèces phytophiles)

**Espèces de poisson**

- Alevins de cyprinidés
- Chevaine
- Chevaine/ Gardon

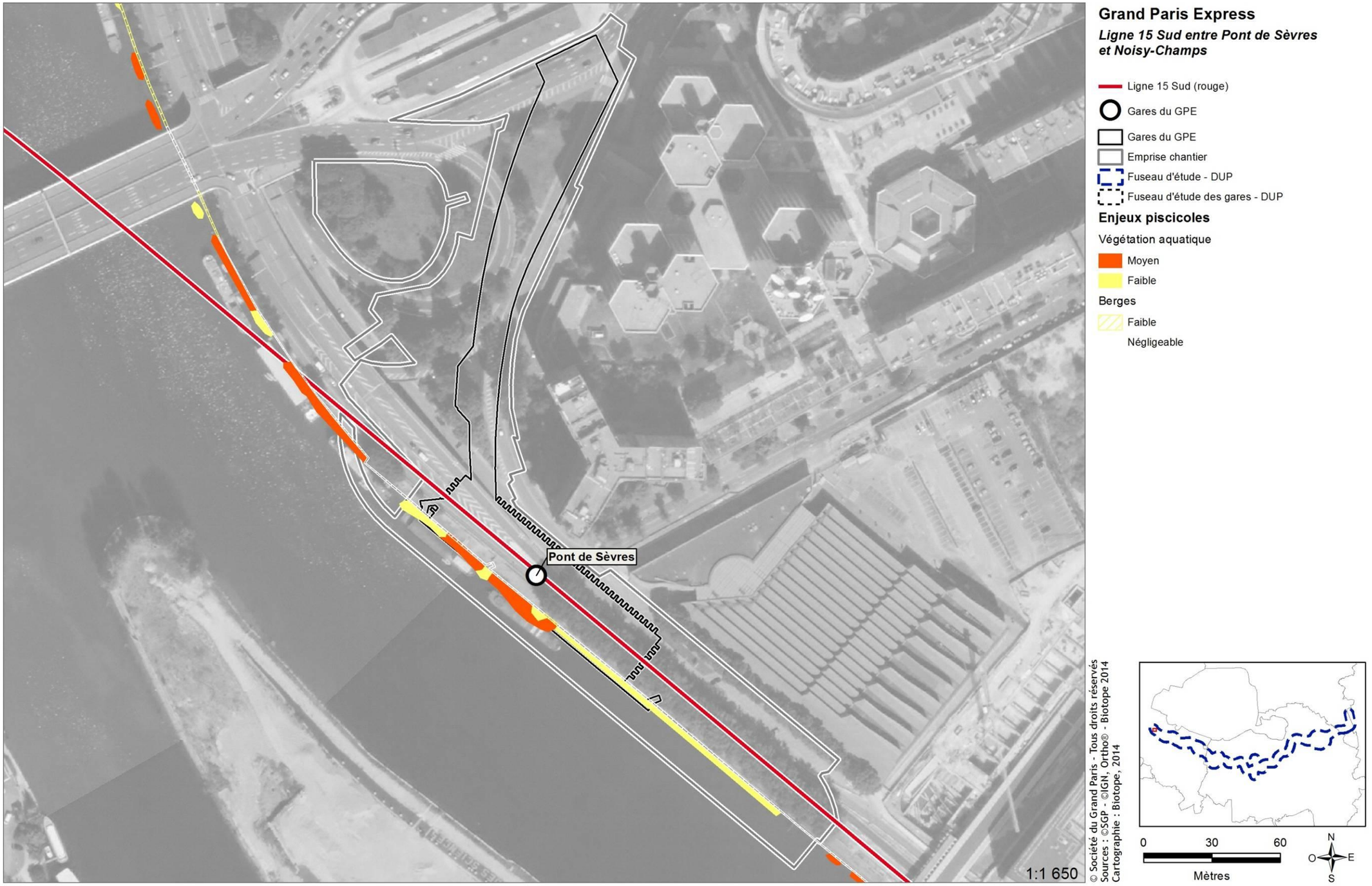
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



0 30 60 Mètres

N O E S

**Emprises chantier et des zones à enjeux sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres**

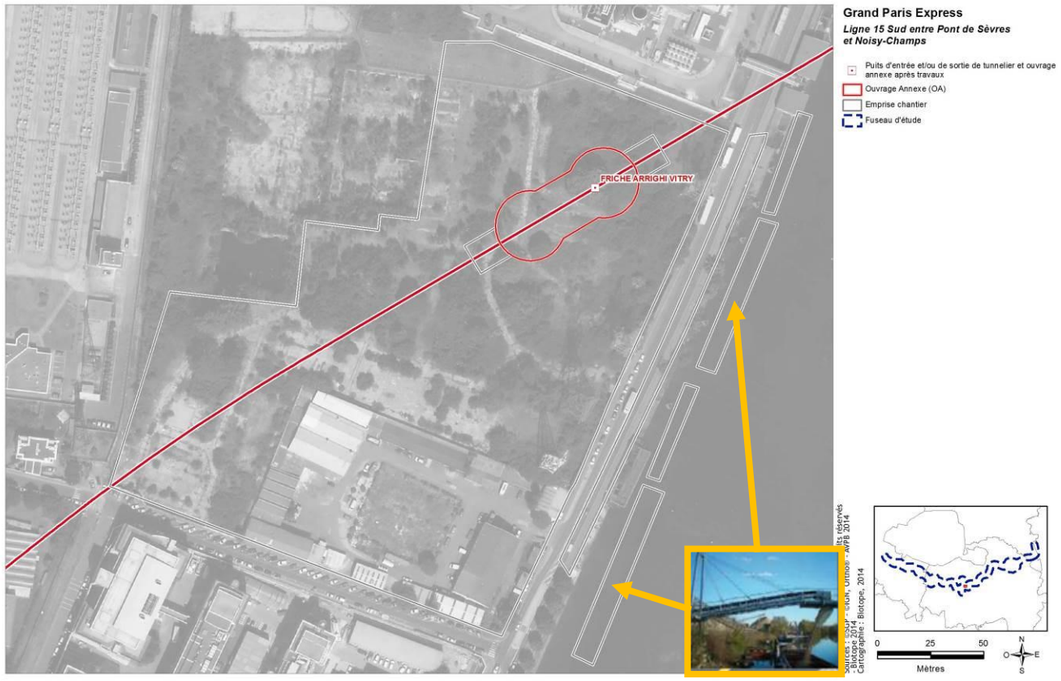


### 1.14.2.4 OA 1302P - Friche Arrighi

*a. Présentation de l'ouvrage annexe Friche Arrighi Vitry*

Concernant la friche Arrighi Vitry, plusieurs aménagements sont nécessaires :

- La création de l'emprise chantier de 10 hectares à l'écart des berges de Seine,
- la réfection des 5 pontons d'accostages présents à 5 m des berges,
- la réfection de 2 quais de respectivement 34 ml et 43 ml,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 ans,
- La présence de 2 à 4 barges en stationnement et chargement et un trafic de l'ordre de 2 barges/ jours sur 7 à 8 ans.




**Représentation des quais et barge d'évacuation des déblais**

*b. Impacts bruts spécifiques*

Aucune frayère n'a été identifiée sur les emprises de la Friche Arrighi Vitry, toutefois des frayères sont présentes à proximité.

**L'impact par destruction de frayères est nul.**

La réfection des Ducs d'Albe en Seine, lors de l'implantation du chantier, sera nécessaire. Toutefois, ils seront installés à une distance de plus de 5 m de la berge et ne présente pas d'interactions avec des frayères. La réfection des quais et des Ducs d'Albe vont entraîner la disparition de 41 m² d'habitat aquatiques favorables à l'alimentation et la cache. L'impact est jugé comme négligeable sur la base du caractère clairsemé des herbiers aquatiques détruits et des surfaces de frayères (285 m²), d'alimentation (214 m²) maintenues disponibles à proximité. De plus, 133 m² de zone d'alimentation et plus de 2 500 ² de frayères potentielles sont disponibles sur la berge opposée en aval.

**Aucune zone de frayère n'étant impactée directement. L'impact est jugé comme nul. La mortalité des poissons lors de la réalisation des travaux apparait comme faible. L'impact est jugé négligeable.**

*c. Mesures d'évitement*

Les impacts sur les frayères à proximité sont moindres du fait de la faible représentativité et de la moindre qualité des habitats aquatiques présents.

Toutefois, l'installation de la base chantier en bord de Seine peut avoir diverses conséquences indirectes sur la qualité physico-chimique des eaux de la Seine et les zones de frayères à proximité.

**Limiter l'impact des MES issus du dragage d'entretien sur les zones humides à proximité et la faune associée**

Durant 7 à 8 ans, la réalisation de dragage sera nécessaire afin d'entretenir la zone et de maintenir la bathymétrie du site pour l'accostage des barges. L'impact du dragage annuel sera limité sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur. La réalisation du dragage au-delà des ducs d'Albe (5 m) concernera des substrats limoneux plus profonds sans végétation sur un volume estimé à 900 m3.

Les dragages d'entretien, en maintenant une profondeur constante, ne modifient pas significativement la bathymétrie des zones draguées et n'entraînent pas de changement notable de la nature des fonds à long terme. Les volumes dragués lors des opérations d'entretien sont faibles et représentent au maximum 10 à 15 % du volume initial par an ; à la différence des dragages de fond liés à des travaux neufs, qui ont par contre un effet beaucoup plus marqué sur les composantes du milieu. L'ensemble des travaux entrainera la suppression de milieux benthiques probablement peu diversifiés.

Le renouvellement de l'action de manière annuelle limitera la reprise naturelle de la végétation et donc la destruction de milieux favorables et la faune piscicole qui aurait pu trouver une zone de frai, d'alimentation ou de repos.

Par précaution, les interventions en Seine seront toutefois réalisées en dehors des périodes de reproduction de la faune piscicole (avril à juillet).

La fréquence des dragages est déterminée par la réalisation d'un levé bathymétrique de la zone concernée une fois par an pour déterminer le niveau de sédimentation. L'accroissement annuel du niveau de sédiment et le tirant d'eau restant, sont les paramètres permettant de déclencher ou non le dragage. Le responsable en sera la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage des travaux. La SGP envisage, dans le cadre des conventions passées avec Ports de Paris et Voies Naivgables de France, la possibilité d'inclure les dragages dont elle a la charge dans le programme d'entretien de la Seine. Cela permettrai de réduire le nombre d'opérations de dragages sur une même section.

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejets de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

Enfin des dispositifs anti-MES seront disposés autour des emprises de dragage afin de limiter l'impact par dispersion sur les zones de frayères présente à proximité.

**L'impact du dragage annuel sur les frayères est jugé faible.**

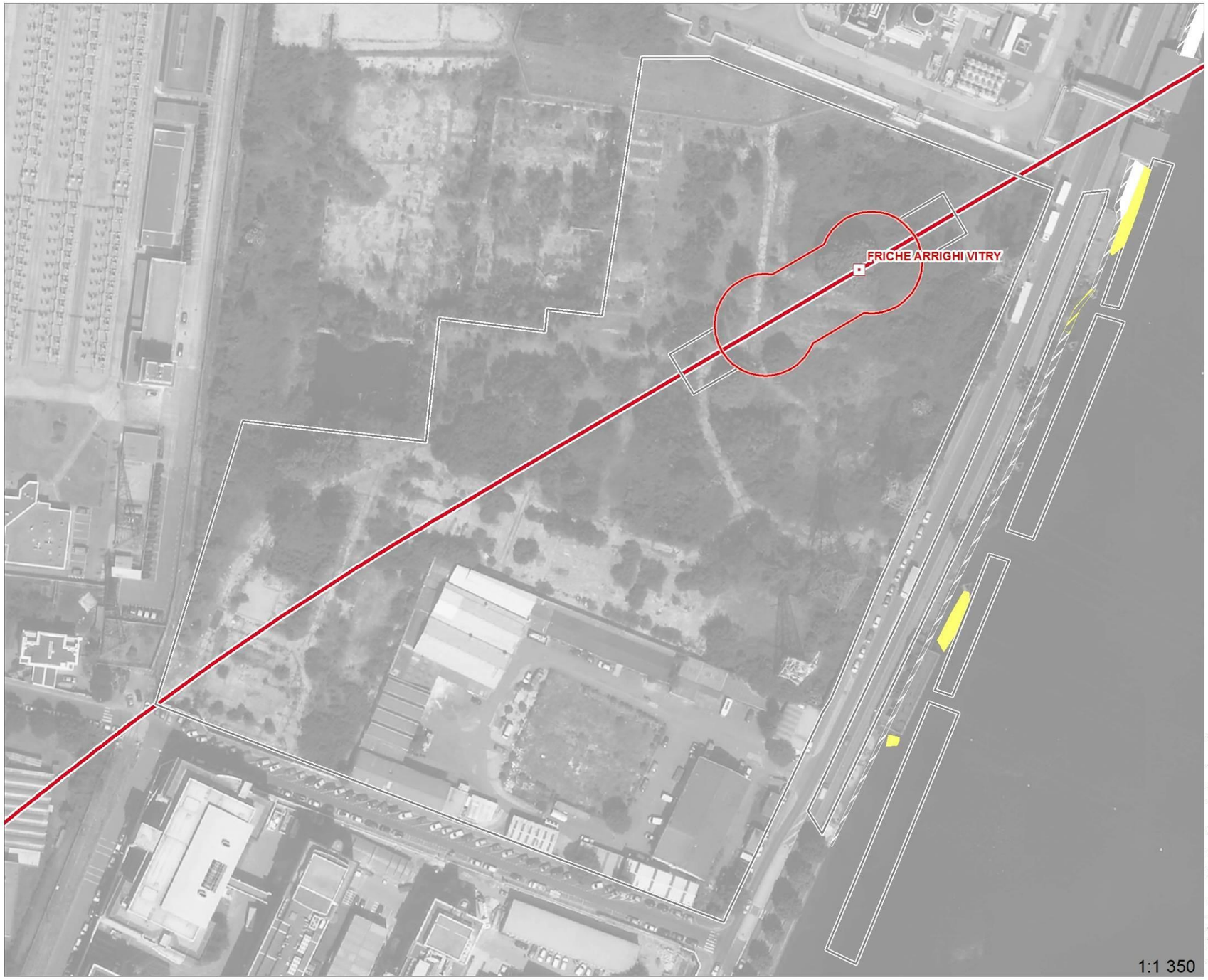
**Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.**

**NB : Aucune zone de frayères n'étant pas présente sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry, aucune représentation cartographique n'a été réalisée. Seuls les berges, les habitats aquatiques ainsi que les enjeux ont été cartographiés.**

**Emprises chantier, habitats de berges et aquatiques sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi**



**Emprises chantier et des enjeux écologiques sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi**




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux

Ouvrage Annexe (OA)

Emprise chantier

Fuseau d'étude

**Enjeux piscicoles**

**Végétation aquatique**

Faible

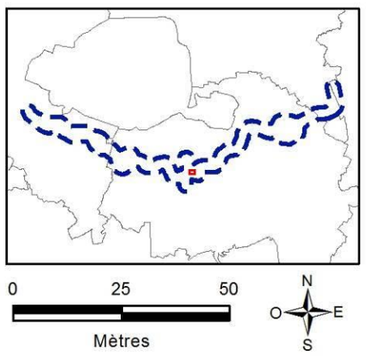
Négligeable

**Berges**

Faible

Négligeable

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



## 1.14.3 Impacts et mesures sur les frayères en phase exploitation

### *1.14.3.1 OA 2301P - Ile de Monsieur*

Aucune émergence au–dessus du niveau du terrain naturel n'est prévue. Cependant, pour tenir compte de la situation du puits en zone inondable, toutes les émergences sont protégées par un mûr surélevé de 20 cm par rapport à la cote des plus hautes eaux connues. Cet aménagement ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune associée.

a. *Incidence directes et mesures*

**Impact par destruction/ dégradation de zones de frayères et de la faune associée**

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères. **L'impact sera nul.**

**Impact par pollution des eaux**

Une fois les aménagements réalisés, il n'existe aucun risque d'altération de la qualité des eaux. A l'inverse, le projet qui vise à mettre en place de la végétation rivulaire tendrait plutôt à améliorer la qualité de l'eau en augmentant localement les capacités autoépuratrices de la Seine. Pour autant, cette amélioration reste infime et non quantifiable en regard des surfaces végétalisées par rapport au débit de la Seine. La qualité des eaux actuelle ne sera donc pas altérée par ces aménagements.

**L'impact par pollution des eaux en phase exploitation est nul.**

**Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)**

Les ouvrages annexes de types puits de ventilation seront à l'origine d'un bruit continue en phase d'exploitation. Ce dérangement sera toutefois fondu dans l'ambiance sonore existante du contexte urbain dans lequel ils se situent. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

**L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.**

b. *Incidences indirectes et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

### *1.14.3.2 Gare Pont de Sèvres*

a. *Incidence directes et mesures*

**Impact par destruction/ dégradation de zones de frayères et de la faune associée**

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères. **L'impact sera nul.**

**Impact par pollution des eaux**

Une fois les aménagements réalisés, il n'existe aucun risque d'altération de la qualité des eaux. A l'inverse, le projet qui vise à mettre en place de la végétation rivulaire tendrait plutôt à améliorer la qualité de l'eau en augmentant localement les capacités autoépuratrices de la Seine. Pour autant, cette amélioration reste infime et non quantifiable en regard des surfaces végétalisées par rapport au débit de la Seine. La qualité des eaux actuelle ne sera donc pas altérée par ces aménagements.

**L'impact par pollution des eaux en phase exploitation est nul.**

**Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)**

Bien que les gares soient à l'origine d'une augmentation de la fréquentation humaine, ces dernières seront localisées dans un contexte local fortement marqué par les activités humaines. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

**L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.**

b. *Incidences indirectes et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

### *1.14.3.3 OA 1302P - Friche Arrighi*

a. *Incidence directes et mesures*

L'entrée du puits du tunnelier ne sera exploitée qu'en phase chantier lors de la création du tunnel. En phase exploitation, un ouvrage annexe sera présent sur le site. Toutefois, cet ouvrage, dont l'emprise sera limitée, ne sera à l'origine d'aucun impact sur les zones de frayères et la faune associée.

**L'impact direct est donc nul.**

b. *Incidences indirectes et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

**Les impacts indirects sont considérés comme nuls.**

## 1.14.4 Mesures d'accompagnement sur les frayères

### *1.14.4.1 Dispositif de veille écologique*

Au regard des objectifs écologiques des aménagements et de leur pérennité, la mise en place d'un dispositif de suivi et de veille écologique est nécessaire. Le financement d'un tel dispositif est identifié comme une mesure d'accompagnement.

Cette mesure consiste à accompagner et contrôler la réhabilitation des milieux dans le temps. L'évolution est mesurée par rapport à un état initial (avant travaux), après travaux, puis à des pas de temps à définir en fonction des dynamiques naturelles des différents milieux.

Ce dispositif sera établi sous la forme d'un protocole de suivi détaillant les indicateurs biologiques choisis et les modalités d'analyse qui permettront d'attester de l'évolution du site.

La mise en œuvre d'un tel suivi nécessite de faire appel à des personnes compétentes (fédération de pêche, associations naturalistes, bureaux d'études spécialisés). Ce suivi s'inscrit dans une démarche longue (25 à 30 ans), d'acquisition d'information et de retour d'expérience.

### *1.14.4.2 Faciliter la reconquête des milieux*

Afin de faciliter la reconquête des milieux restaurés ou créés, des protections amovibles permettant de limiter temporairement les agressions extérieures (piétinements, arrachages, destruction, etc.) seront mises en place. La mise en place de barrière en haut de berge permettra de limiter l'approche et des balises flottantes en Seine permettront d'indiquer la présence des aménagements aux bateliers.

### *1.14.4.3 Sensibilisation et communication*

Une des solutions privilégiées pour permettre une bonne reconquête des milieux reconstitués consiste à informer et sensibiliser efficacement les promeneurs et habitants sur les enjeux d'un tel projet. L'information sur la nécessité de respecter les aménagements qui ont été mis en œuvre sur le site est primordiale. La pose de panneaux explicatifs est la solution proposée.

### *1.14.4.4 Choix de la palette végétale*

Les plantations de végétaux indigènes, adaptées au milieu et l'emploi de supports pré-végétalisés permettront de restaurer ou de créer des habitats fonctionnels et susceptibles de s'enrichir rapidement.

## 1.14.5 Conclusion relative aux impacts sur la faune piscicole et les frayères

En phase chantier, deux secteurs (Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres) présentent des impacts sur les zones de frai et la faune piscicole lors des travaux ou de leur mise en place. A noter que la frayère recréée par le CG92, qui présente l'enjeu le plus important sur l'île de Monsieur est située très en amont de l'ouvrage et du lieu d'évacuation des déblais et n'est donc pas concernée par un impact résiduel. L'ouvrage de la friche Arrighi Vitry ne présente aucun impact sur la faune piscicole ou les frayères.

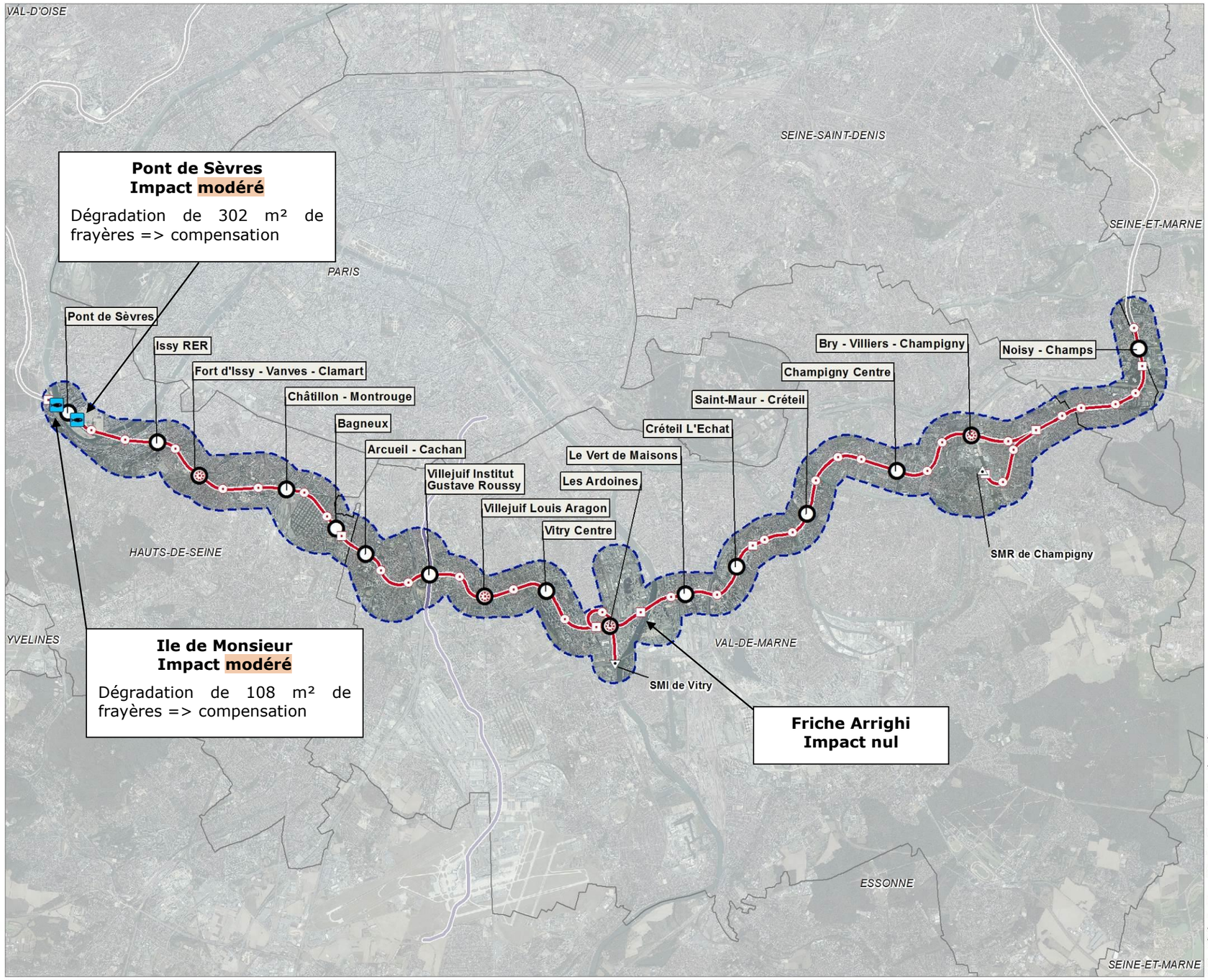
En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises implantées en Seine seront retirées suite aux chantiers et les berges seront remises en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

**A l'issue de la séquence Eviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,04 ha de frayères sont encore impactés par le projet :**

- **108 m² de frayères dégradées sur le secteur d'aménagement de l'Ile-de-Monsieur,**
- **302 m² de frayères détruites sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres,**

**Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation**.

## Synthèse des impacts résiduels sur les frayères




**Grand Paris Express**

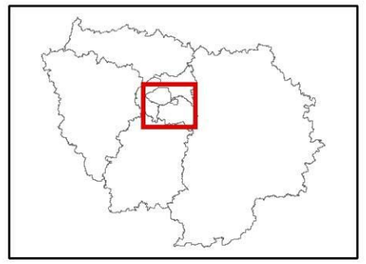
***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

**THEMATIQUE**

- Frayères

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014 - Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 N O E S

Kilomètres

## 1.14.6 Mesures de compensation relatives aux frayères

### *1.14.6.1 Principes employés pour la compensation*

**Les mesures compensatoires ne doivent intervenir qu'en dernier recours, une fois que la séquence « éviter » puis « réduire » ait été mise en place. Ces mesures se basent sur la doctrine ER et C réaffirmée e 2012 :**

- Pas de perte nette de biodiversité : Les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- Recherche de l'additionnalité : Une mesure compensatoire est additionnelle lorsqu'elle génère un gain écologique pour le site de compensation qui n'aurait pas pu être atteint en son absence. L'additionnalité peut être écologique, vis-à-vis d'engagements publics ou privés ;
- La faisabilité et la pérennité des mesures : toutes les mesures (évitement, atténuation, compensatoires, accompagnement et suivi) sont toutes chiffrées, actées par la Maîtrise d'ouvrage et leur mise en place garantie.

**Elles sont également définies en lien avec les objectifs du SDAGE Seine-Normandie, dont :**

- la localisation des mesures : de préférence in-situ, si ex-situ localisées au sein du fuseau et dans le lit mineur de la Seine parisienne,
- la temporalité des mesures : en amont des travaux et suite à la phase chantier,
- le maître d'ouvrage : mise en place de mesures de compensations avec un partenaire identifié intégrant les mesures et engagements de gestion,
- le type de compensation proposé : gain de fonctionnalité sur un habitat existant et/ou recréation de milieu.

### *1.14.6.2 Rappel des besoins en compensation*

A l'issu de la démarche Eviter et réduire, **0,04 ha de frayères** sont impactés par le projet en phase chantier de la ligne 15 Sud.

Conformément à la réglementation, sur la base des impacts résiduels et des objectifs de préservation des secteurs de frayères et de la faune associée sur le projet de la ligne 15Sud, les surfaces de compensation doivent être à minima de 0,04ha ce qui correspond à une surface compensée à 100%.

| Secteur d'aménagement | Surface impactée | Surface compensée à 100% |
|---|---|---|
| Ile de Monsieur | 108 m² | 108 m² |
| Pont de Sèvres | 302 m² | 302 m² |
| **Total** | **410 m²** | **410 m²** |

### *1.14.6.3 Principes de la mesure de compensation*

Au regard des impacts induits par la phase chantier de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les espèces piscicoles de la Seine (habitats aquatiques de reproduction), les mesures de compensation proposées visent à créer des zones de frayères et de repos dans l'objectif de préserver et d'améliorer la fonctionnalité des zones de frayères pour les espèces piscicoles phytophile et phyto-lithophile.

La restauration d'habitats de reproduction telle que projetée augmentera l'offre en habitats de repos et de nourrissage. Le maintien des populations passe par la restauration et la pérennisation d'un réseau de sites de reproduction interconnectés par des formations hélophytiques et aquatiques. L'enjeu de la préservation de ces espèces piscicoles réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction en bon état de conservation.

**Espèces ciblées par la mesure de compensation : espèce piscicole phytophile et phyto-lithophile potentiellement présentes sur la zone de projet et identifiées dans l'état initial.**

### *1.14.6.4 Contexte et contrainte de réalisation*

L'efficacité et l'efficience des mesures de compensation est un engagement du maitre d'ouvrage pour tous types de mesures. Le contexte francilien complexifie la mise en œuvre de frayères. Ainsi afin de mieux maîtriser ces contraintes de réalisation pour la mise en œuvre de la compensation de ces frayères en berges de Seine, elles ont été identifiées. Elles ont trait à :

- les contraintes hydrauliques liées au batillage nécessitant des protections de pied de berge pour les aménagements,
- les accès limités et étroits aux berges,
- les travaux en pentes assez raides,
- les travaux en eau.

Enfin, le SRCE et le schéma des berges de Seine avancent la nécessité d'améliorer les continuités écologiques tout en tenant compte des problématiques économiques et sociales telle que la navigation.

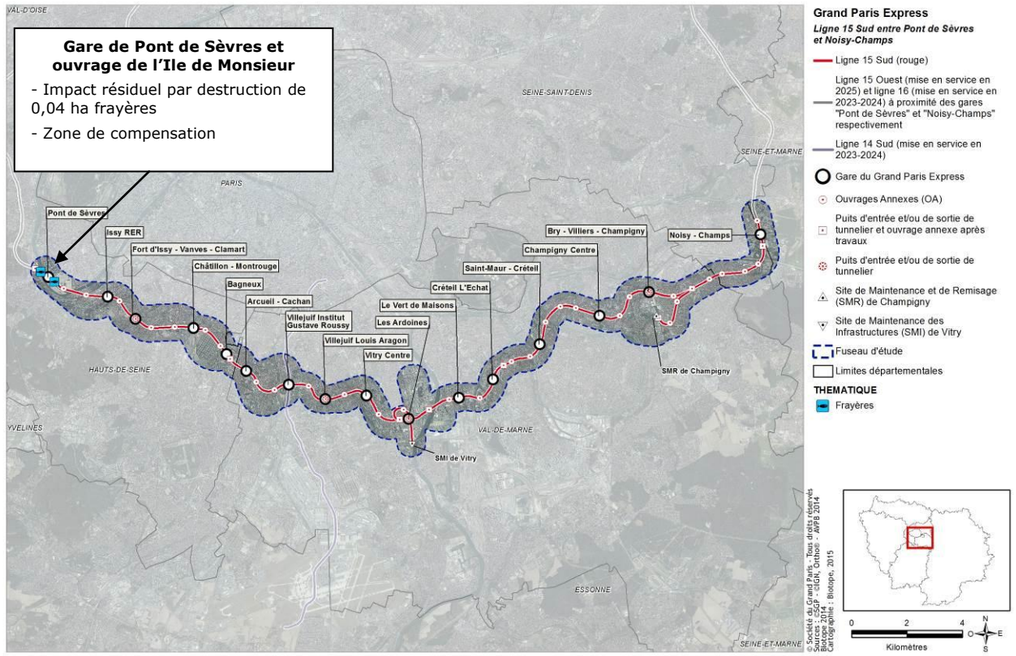
En réponse à ces contraintes, les solutions d'aménagement en vue d'une compensation fonctionnelle et pérenne permettront de proposer :

- des techniques d'aménagements végétales et/ou mixtes aux endroits les plus sollicités hydrauliquement (pieux en bois, brise lame d'eau en surface avec amarrage aux pontons et berges),
- des fixations d'aménagement au droit des berges selon des matériaux adaptés (platelage bois, fixations métalliques en haut de berge et fond de lit, etc….),
- la préservation des herbiers aquatiques déjà présents en pied de berge et sur des secteurs de hauts fonds et la restauration de formations hélophytes sur des secteurs dépourvus ou faiblement représentés.

### *1.14.6.5 Localisation de la mesure de compensation*

Le site de compensation proposé est localisé en rive gauche de la Seine, sur la commune de Sèvres, au droit du lieu-dit l'Ile-de-Monsieur, en aval de l'ouvrage du Pont de Sèvres.

**Il se localise au sein du fuseau d'étude et directement à proximité des impacts résiduels induit par le projet.**



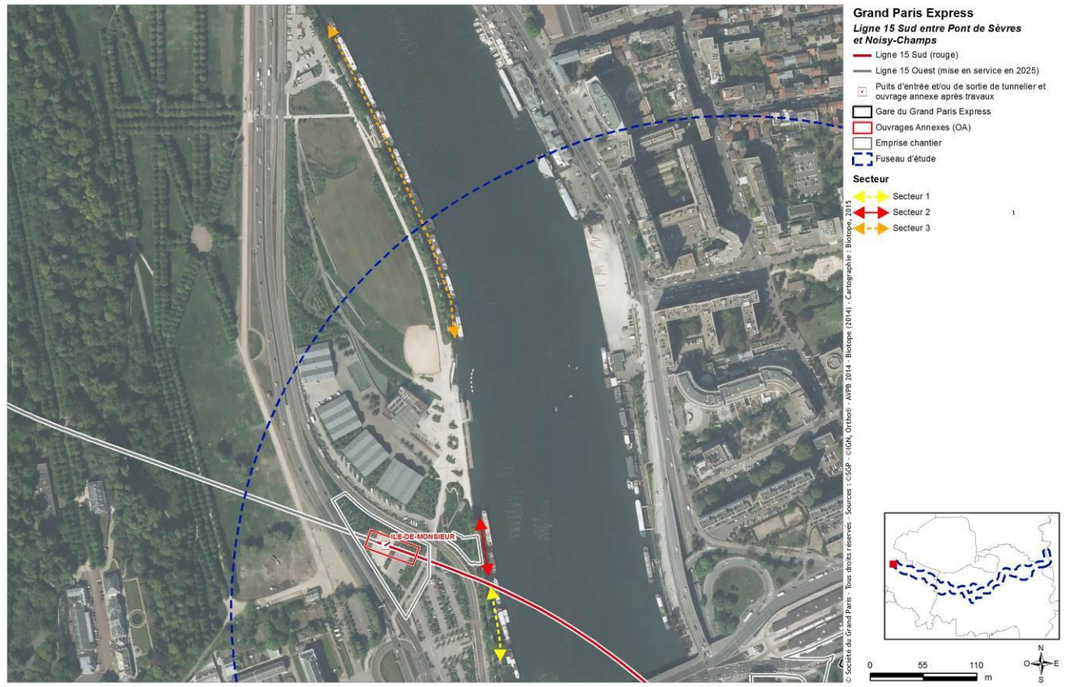

Plusieurs secteurs sont propices à l'installation d'aménagements de berges pour des frayères au sein du fuseau d'étude de la 15 sud.

3 secteurs ont été prédéfinis et délimités lors de leur état initial :

- Secteur 1 : en amont du lieu de chargement des travaux (aval du Pont de Sèvres jusqu'au limite du quai de chargement en aval),
- Secteur 2 : occupé par le chargement des barges durant les travaux,
- Secteur 3 : en aval des quais de la base nautique jusqu'à la limite de l'Ile de Monsieur.

Ces 3 secteurs peuvent être des supports de compensation à des temporalités différentes en fonction de l'avancée du projet. Une fois les travaux finalisés ce sont 3 secteurs de compensation pérenne.

**Localisation des 3 secteurs de compensation au niveau de l'Ile de Monsieur**




### *1.14.6.6 Présentation des mesures de compensation*

**Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :**

- **Des plages d'hélophytes en tunage : ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier**
- **Des radeaux flottants et des frayères artificielles : ces radeaux et frayères seront installés e manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.**

La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroitre la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

| Aménagements proposées | Besoins compensatoires (m²) | Mètre linéaire de berge concerné (ml) | Surface proposée (m²) |
|---|---|---|---|
| Plages d'hélophytes | 410 | 270 | 486 à 540 |
| Radeaux flottants doubles | | 111 * 2 = 222 | 222 |
| Frayères artificielles | | 170 | - |
| **Total** | **410** | | **708 à 762** |

Sur la base des informations collectées lors de l'état initial, des différentes phases de terrain menées en 2014 et 2015, plusieurs propositions d'aménagement sont proposées.

Le dimensionnement théorique et pratique des aménagements se focalise essentiellement sur :

- l'observation exhaustive du milieu récepteur,
- la parfaite compréhension des contraintes d'aménagement.

Ainsi, plusieurs contraintes doivent être prises en compte dans le cadre de l'aménagement, il s'agit :

- De l'arrachement,
- De l'affouillement,
- De la submersion,
- De la fréquentation anthropique,
- De la pression animale,
- De la pollution par les déchets,
- Du choix de végétaux.

Le choix d'une technique mixte ou végétale est à privilégier pour la mise en œuvre de la compensation.

Ainsi sur le secteur 1 et le secteur 2, lieu des chargements des barges de la SGP, il est envisagé de réaliser des radeaux végétalisés en géomembranes ainsi que des frayères artificielles en berge. Sur le secteur 3, il est prévu d'installer des plages d'hélophytes en tunage.

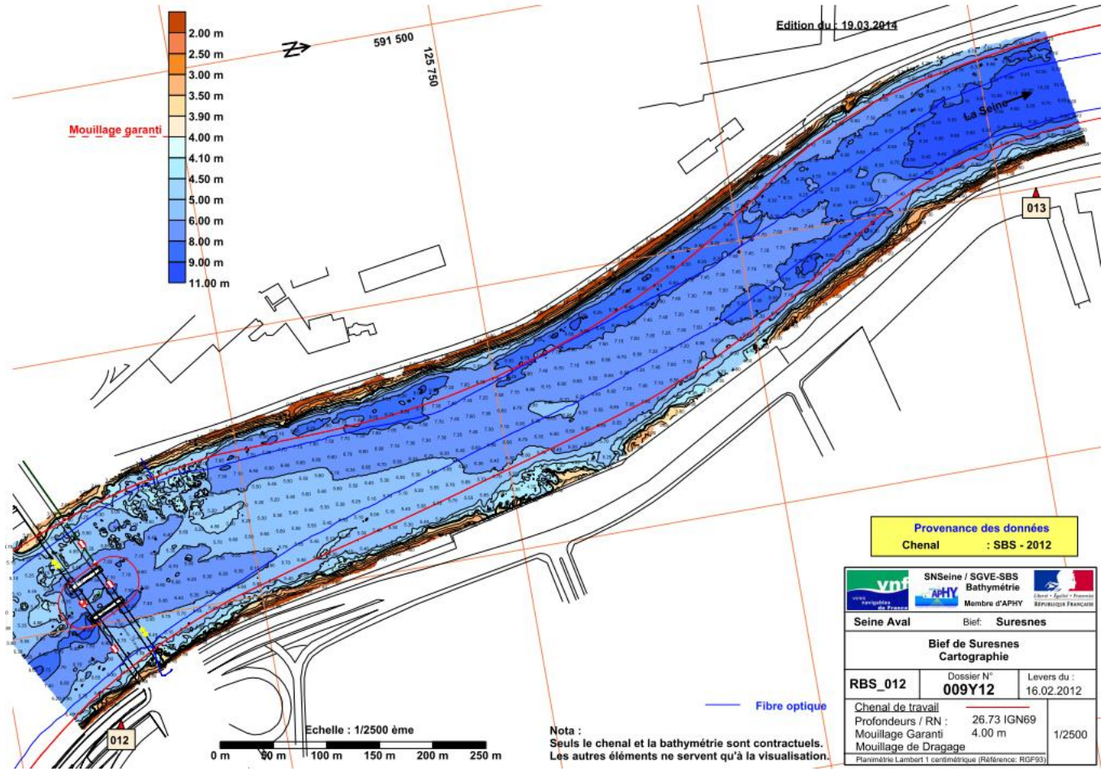
### *1.14.6.7 Analyse de l'état des lieux*

Un passage complémentaire le 23 avril 2015, hors période végétative, a permis de dresser une description physique plus précise du site. L'objectif avec cet état initial est de préciser les conditions de mises en œuvre des mesures. Les éléments de bathymétrie, nature et type d'occupation des berges, conditions stationnelles et les points particuliers de ces 3 secteurs ont été relevés.

Les berges sur ces 3 secteurs sont constituées d'enrochements liés avec des secteurs de hauts fonds.

**Bathymétrie**

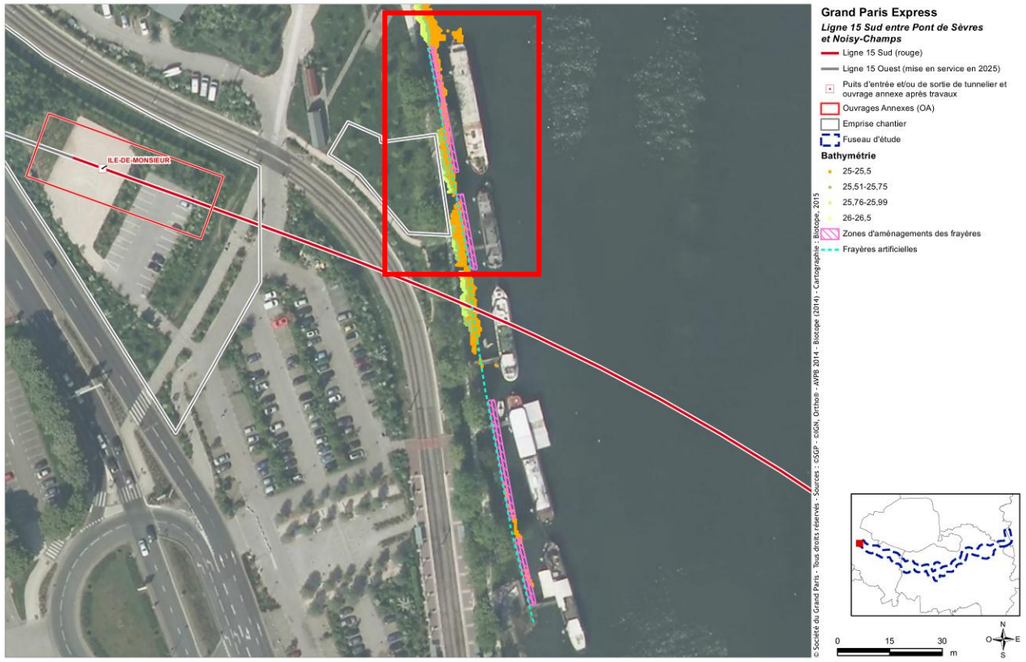
La bathymétrie a été recueillie du pont de Sèvres jusqu'au pont de Suresnes en amont du barrage de Suresnes (données VNF). Les caractéristiques se résument à un bras unique de largeur de plein bord de l'ordre de 100 à 150m et une profondeur maximale de 9 à 10 m.



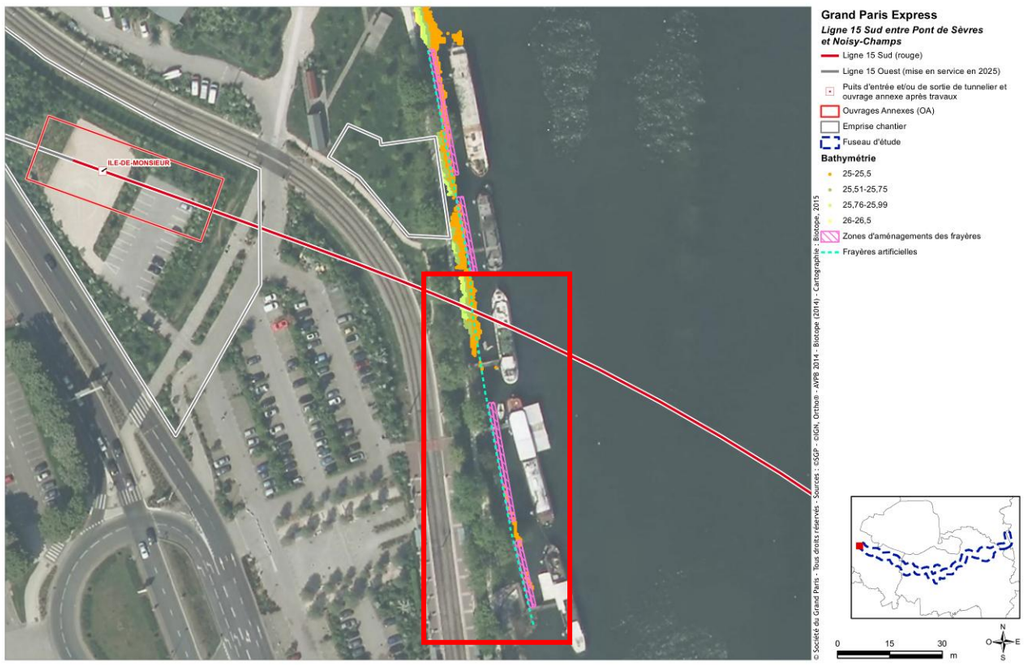

L'étude bathymétrique est fondée sur les données transmises par VNF en date du 06 mai 2015.

Compte tenu de ces caractéristiques, les aménagements proposés s'appuieront sur les secteurs de hauts fonds compris entre 30 cm et 1,6 m depuis la cote de Retenue Normale de 26,73 m NGF. Ces zones de hauts fonds apparaissent en jaune, vert et orange sur les cartes ci-dessous.

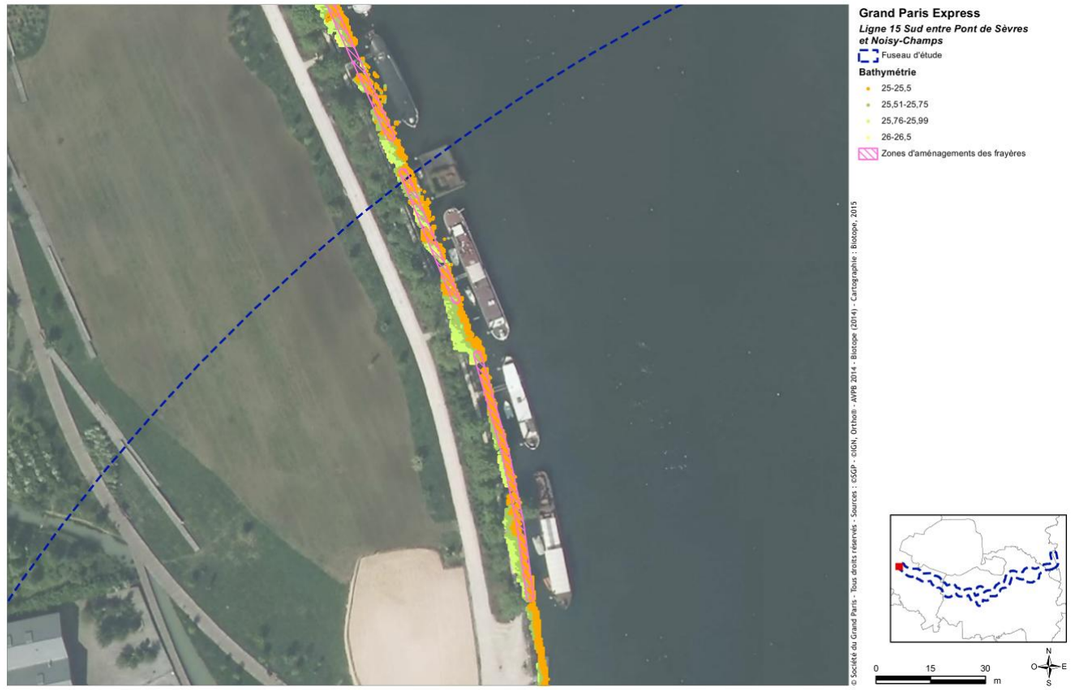
***Secteur 1*** *: bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*

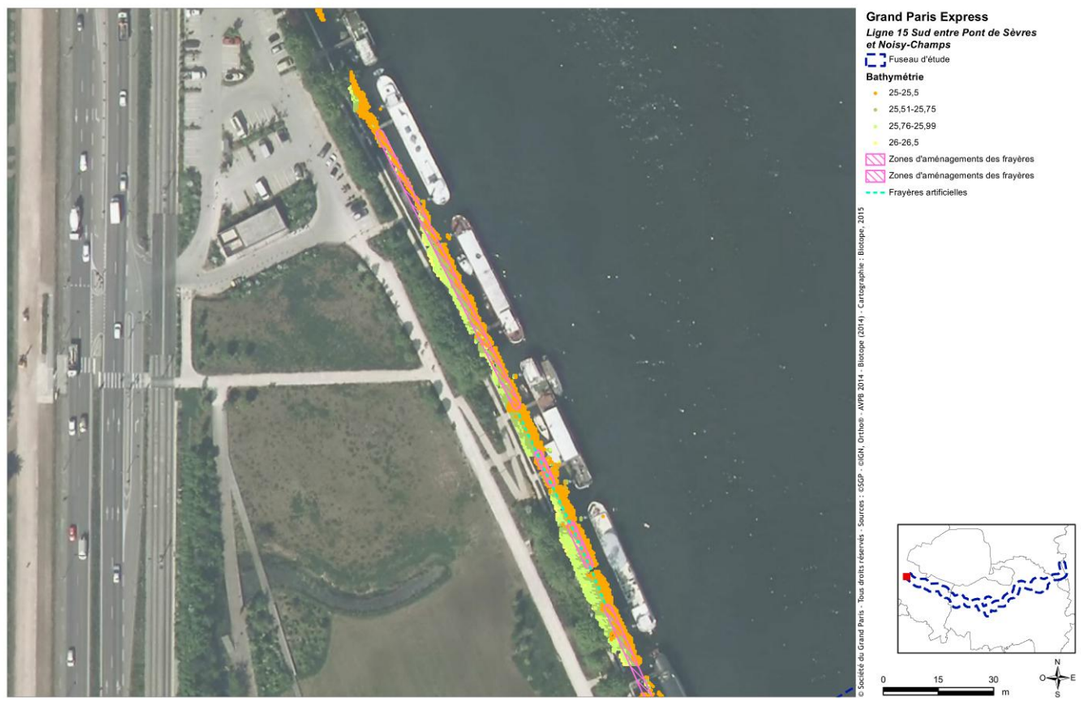



***Secteur 2*** *: bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*




***Secteur 3*** *: Bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*



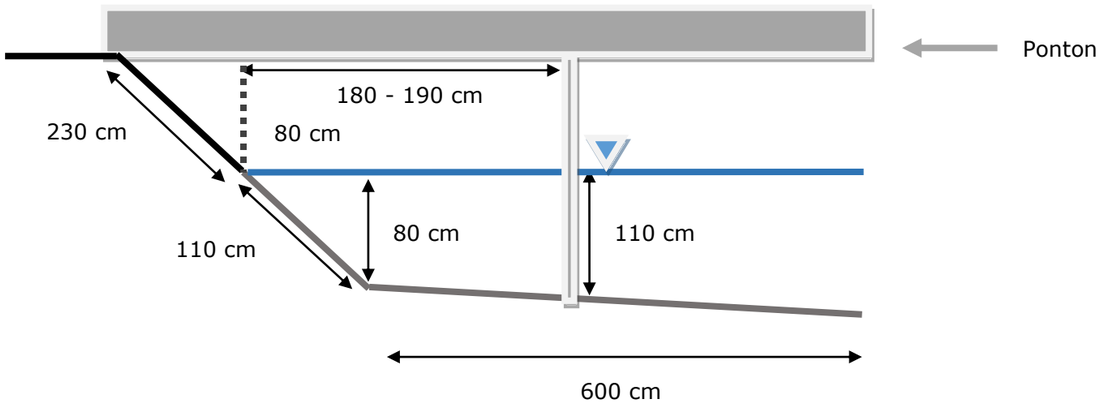
**Coupe schématique sommaire du secteur 3 – Zone d'aménagement des plages d'hélophytes**

Les deux coupes de principes sont le résultat de l'analyse de la topographie sommaire du secteur 3 recoupés avec les informations bathymétriques fournies par Voies Navigables de France.

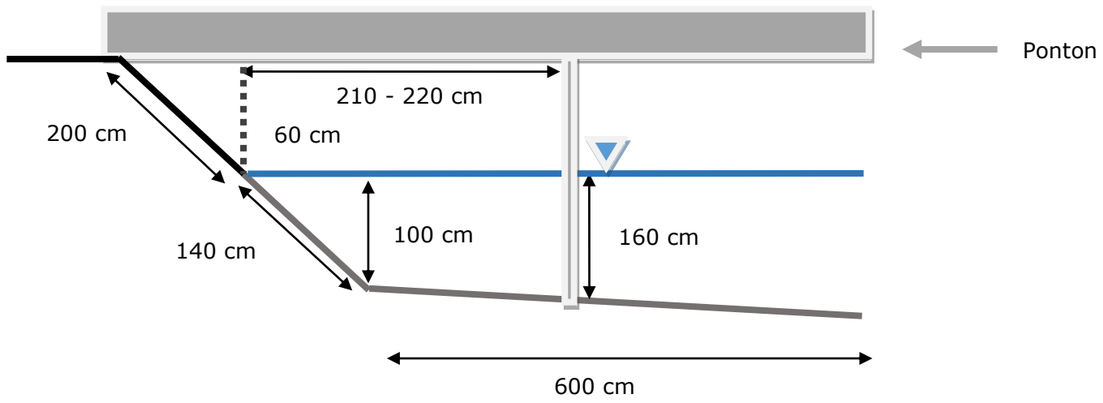
**NB : cette coupe de principe sera précisée et affinée par des données topographiques précises de la berge fournies par la Département des Hauts-de-Seine dans le cadre de l'Avant-Projet Sommaire.**

Aucune coupe de principe n'a été réalisée sur les secteurs 1 et 2 car l'installation de radeaux végétalisés et de frayères artificielles ne dépend pas de la profondeur des zones de hauts fonds.

*Cote de Retenue Avril 2015*




*Cote de Retenue Normale (Bathymétrie VNF, 2012)*




**Inclinaison de la berge et pied de berge**

Les berges sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur sont toutes anthropiques et formées de dalles de béton alvéolé ou de murs verticaux bétonnés. Les pentes sont à minima de 70 %, avec un pied de berge en 10 % ou en zone de replat.

**Matériaux de la berge et substrat**

Les berges étant totalement anthropiques, aucun matériau naturel n'est présent. Le substrat du pied de berge inondé est constitué de dépôts de type limon ou sable. La présence d'argiles est toutefois possible. Ces matériaux sont peu stables, notamment en cas d'évènements exceptionnels.

**Occupation des berges**

Les berges ne sont pas occupées. Elles ne sont pas concernées par des constructions. Toutefois, des péniches stationnent sur les 3 secteurs identifiés et possèdent des pontons d'accostages et des annexes (Photo ci-dessous) :

- Zone 1 : 3 péniches + 2 annexes en eau,
- Zone 2 : 3 péniches,
- Zone 3 : 9 péniches + 13 annexes en eau.

Ces péniches sont amarrées au Ducs d'Albe existants situés à 5 m de la berge. Afin de permettre l'accès aux péniches, des passerelles relient la rive aux péniches. Ces passerelles sont soutenues par 2 piliers en fer éloignées d'environ 1 m 80 à 2 m des berges exondées selon la cote de retenue.



Enfin, les péniches disposent d'annexes appartenant aux occupants. La taille de ses annexes est variable mais de dépasse pas les 2,5 m de large, soit la moitié de la distance qui sépare les péniches des berges exondées.



Enfin, il existe une promenade constituée de terre battue, juste en haut la de berge.

**Points particuliers**

Sur l'amont de la zone 3, juste en aval des embarcadères de la base nautique, environ 10 m de berge sont réservés et interdits à tous stationnement et aménagement. Cette portion de berge est réservée aux secours.






4 escaliers permettent d'accéder facilement à la Seine depuis les berges sur l'ensemble des 3 secteurs. Ces escaliers sont le plus souvent accompagnés d'anneaux permettant l'accostage historique des bateaux.

Enfin, une évacuation d'eau de grande dimension (photo de droite) est également présente sur le secteur 3. Les aménagements proposés tiennent compte de ces points particuliers.



**Conditions stationnelles pour la croissance de la végétation**

Les conditions stationnelles sont favorables puisque des herbiers se situent actuellement sur la zone la moins profonde du secteur d'étude, relativement éclairée et surtout assez protégée du batillage et des remous par les péniches à quai. Ces péniches-logements sont à quai toute l'année et l'espace entre le bateau et la berge laisse un éclairement suffisant pour permettre le développement de la végétation aquatique.

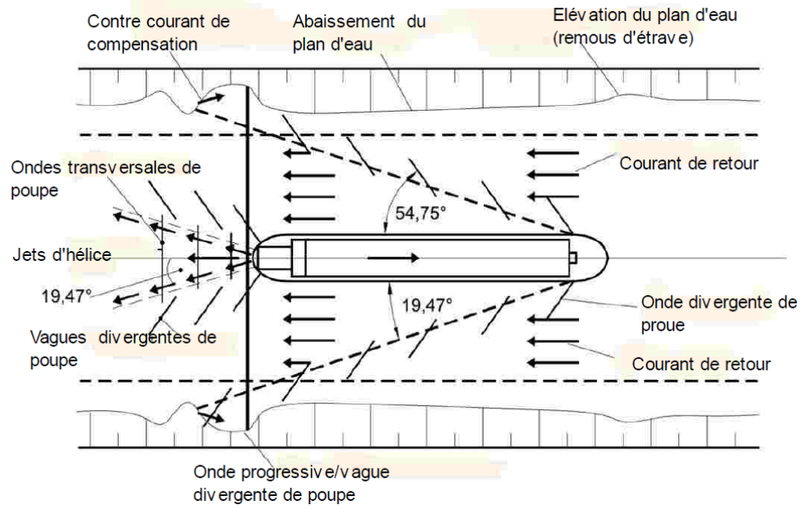
**Hydraulique et hydrologie**

Le batillage, et la stabilité face aux sollicitations, de la navigation est un paramètre important car il correspond à une contrainte d'érosion frontale qui peut aboutir à un affouillement ou à une déstabilisation des ouvrages.

Le batillage provoque deux effets :

- abaissement de la ligne d'eau et sucions des matériaux de la berge,
- vague de retour qui arrache les matériaux de la berge.

Pour un bateau chargé navigant dans la gamme des vitesses commerciales normales, l'agitation induite varie peu avec la vitesse. Au-delà l'agitation croît fortement avec la vitesse. Les bateaux les moins chargés peuvent provoquer une agitation très supérieure à celle des bateaux chargés dans la mesure où ils ont la possibilité de naviguer plus vite et éventuellement près du bord. Cela est également valable pour les embarcations de plaisance (CETMEF et VNF, 2008).




**Composantes de l'agitation de l'eau induite par la navigation (BAW, 2005)**

Le batillage dû à la navigation crée des vagues d'environ 30 à 50 cm compte tenu des observations faites sur site. Les berges sont en partie protégées par les péniches.

Ces vagues sont issues des remous d'étrave (voir schéma ci-dessus). Leur amplitude dépend des caractéristiques de l'embarcation émettrice. Ces vagues se comportent comme des ondes à la surface de l'eau et en ont les caractéristiques : amplitude, longueur d'onde. Le batillage résulte des effets de l'interférence entre ces ondes et la berge, créant des mouvements verticaux de la surface de l'eau au droit de la berge.

Par ailleurs, lorsque plusieurs embarcations passent au droit du site en même temps les vagues émises par chaque embarcation se combinent selon des mécanismes de type ondulatoire pour donner une résultante aux caractéristiques spécifiques. Aucune généralisation n'est possible.

Aucune modélisation de ces phénomènes n'a été réalisée.

Ce phénomène devra être pris en compte lors de la réalisation des aménagements. En particulier, la hauteur de 30 à 50 cm observée devra être intégrée aux calculs de hauteur d'eau sur les ouvrages si celle-ci est déterminante pour la survie de végétaux. De même, ces mouvements

verticaux exercent une force sur les éléments des aménagements qui devront être ancrés en conséquence.

**Régime hydrologique**

Le niveau de la Seine varie en fonction des périodes de crue et de basses eaux. Le régime hydrologique de la Seine est pluvial, avec des hautes eaux en hiver (janvier – février) et des basses eaux en été. Toutefois, ce régime est fortement contrôlé par les grands lacs réservoirs ayant pour objectif de limiter les phénomènes extrêmes.

La Retenu Normale (RN) est le niveau objectif de gestion du niveau d'eau de la Seine permettant la navigation sans problème. Cette RN est fixée à 26,73 m NGF sur le bief concerné. Le fond du lit mineur se situe à environ 19 m NGF.

La limite inférieure des aménagements doit être évaluée à partir de la RN. En fonction du type d'aménagement, cette limite sera positionnée entre 1 m et 2 m sous le niveau de la RN, soit entre 24,76 et 25,76 m NGF. Au-dessous de cette côte, les aménagements seront réalisés sur la base de végétaux aquatiques.

**Marnage**

Le marnage conditionne le choix et le niveau d'implantation des végétaux à mettre en œuvre.

Les hauteurs d'eau remarquables de la Seine sont les suivantes :

- Retenue Normale (R.N.) : 26,73 m
- Plus Hautes Eaux Navigables (P.H.E.N.) : 28.61 m
- Plus Hautes Eaux Connues (P.H.E.C.) : crue de 1910 : 31,91 m
- Crue 1982 : 30,25 m
- Crue 1955 : 31.04 m

Il apparaît que le niveau des hautes eaux atteint ces 6 dernières années se situe entre 27,70 et 29,84 m NGF (alors que la référence à la station Banque Hydro H5920010 correspondant à la Seine au Pont d'Austerlitz est de 25,92 m NGF).

**Incidence des conditions hydrologiques sur le type de végétaux implantés**

Le type de végétaux implantés en berge peut donc être déterminé de la façon suivante :

- Espèces mésoxérophiles à mésohygrophiles : supérieur à zone de niveau de plus hautes eaux,
- Espèces mésohygrophiles : marge du niveau de plus hautes eaux constatées sur les six dernières années,
- Espèces hygrophiles : 1 m sous le niveau le plus bas des plus hautes eaux sur les six dernières années,
- Espèces aquatiques : 1 m en dessous de la côte de retenue normale.

**La palette végétale proposée sera définie au moment de l'AVP et affinée au PRO.**

**Débit de référence**

La Seine est le plus régulier et le moins puissant des fleuves français, son débit varie en région parisienne de 300 m3/s en période d'étiage à environ 26 000 m3/s en période de crues. Les crues sont majoritairement hivernales en relation avec le régime fluvial du fleuve.

Ce paramètre doit être pris en compte pour définir les caractéristiques (taille, poids) des aménagements en pied de berge.

Au droit du site, la vitesse d'écoulement en crue s'étage entre 1 et 1,6 m/s, soit une sollicitation moyenne. En période normale, les sollicitations sont donc plutôt modérées.

La force tractrice, permettant l'arrachement d'éléments non liés par l'eau du fleuve, dépend du coefficient de sinuosité du cours d'eau, du rayon hydraulique de la section considérée et de la pente locale du lit mineur.

Avec un coefficient de sinuosité local de 1, une pente du lit mineur de 0,1 % et un rayon hydraulique de 5,2 m (calculé plein bord en limite de débordement), la force tractrice de la Seine au droit du site, dans le chenal principal, est d'environ 52 N/m². Ce niveau de force tractrice permet d'arracher les substrats fins de type sables et petits graviers.

Cette valeur est à nuancer par les éléments suivants :

- Le phénomène du batillage contribue à accélérer très localement la vitesse de l'eau, donc à augmenter la force tractrice,
- Il s'agit d'une moyenne générale sur la section en travers de la Seine au droit du site. La force tractrice est plus forte au droit du chenal où les vitesses d'écoulement sont les plus élevées que près des berges où la vitesse d'écoulement est la plus faible,
- Les aménagements sont envisagés sur des secteurs avec présence de bateaux logements qui ont pour intérêts de réduire la force tractrice et le batillage.

Il existe pour chaque substrat, une limite de force tractrice critique qui lorsqu'elle est dépassée provoque l'arrachement et la détérioration. Ces limites indicatrices sont fournies ci-dessous.

| Matériaux / Végétaux | Limites de force tractrice (tensions tangentielles) en N/m² |
|---|---|
| Sable ou gravier fin | 8 à 10 |
| Pelouse, longtemps soumise à débit | 15 à 18 |
| Pelouse, sollicitée pendant peu de temps | 20 à 30 |
| Hélophytes | 30 à 40 |
| Couche de branches | 35 à 45 |
| Galets ∅ 50 à 100 mm | 40 à 60 |
| Tapis anti-érosif, bionattes | 80 à 180 |
| Perré /enrochement, selon la taille | 70 à 300 |
| Gabions matelas, géomats renforcés | 180 à 300 |
| Tapis anti-érosif renforcé avec remplissage de fibres | 400 à 670 |

**Tensions tangentielles pour différents matériaux (Guide AquaTerra, 2010)**

De la même manière, un classement indicatif des différents types d'aménagements en fonction du niveau de sollicitation permet de définir des choix d'aménagements ou des combinaisons. (Voir tableau ci-dessous).

| Sollicitations / Solutions | Faibles<br>*Vitesses d'écoulement entre 0,1 & 0,5 m/s Berges < 3/1 (H/V)* | Modérées<br>*Vitesses d'écoulement entre 0,5 & 1 m/s Berges < 2/1 (H/V)* | Moyennes<br>*Vitesses d'écoulement, batillage entre 1 & 2 m/s Berges >2/1 (H/V* | Fortes<br>*Vitesses d'écoulement, batillage entre 2 & 3,5 m/s Berges >2/1 (H/V)* |
|---|---|---|---|---|
| Végétalisation naturelle spontanée | +++ | - | - | - |
| Hélophytes individuelles | +++ | - | - | - |
| Géotextiles (Géofilets) coco | ++ | - | - | - |
| Bionattes coco | ++ | - | - | - |
| Géonattes coco | ++ | ++ | - | - |
| Géomats (géogrilles tridimensionnelles) traditionnels | ++ | +++ | ++ | - |
| Géomats avec remplissage de fibres de coco C350 | - | +++ | +++ | +++ |
| Géomats avec remplissage de fibres de polypropylène P550 | - | ++ | +++ | +++ |
| Géonattes pré-végétalisées | - | +++ | ++ | - |
| Géoalvéolaires | ++ | + | - | - |
| Boudins de coco | - | +++ | ++ | - |
| Fascines coco pré-végétalisées | ++ | +++ | - | - |
| Bouturage (plants de végétation arbustive) | + | ++ | - | - |
| Clayonnages / tressages | ++ | - | - | - |
| Fascines de branches mortes | + | + | - | - |
| Petits enrochements | - | ++ | +++ | +++ |
| Couche de branches à rejets | - | ++ | +++ | +++ |
| Gabions matelas de 0,2 à 0,3 m | - | - | ++ | +++ |
| Gabions matelas de 0,5 m | - | - | - | ++ |
| Enrochements de 0,8 m | - | - | + | +++ |
| Caissons bois végétalisés | + | ++ | ++ | + |
| Gabions boîtes végétalisés | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Gabions sacs, rouleaux de pierres, remblais | ++ | +++ | ++ | ++ |
| Peigne | ++ | ++ | + | - |
| Techniques mixtes avec remblai | - | - | - | - |
| Tunage de rondins | - | - | - | - |
| Radeaux végétalisés | ++ | +++ | + | - |
| *- : pas adapté; + : adapté, sous certaines conditions; ++ : bien adapté; +++ : très bien adapté* | | | | |

**Types d'aménagements selon le niveau de sollicitation (Guide AquaTerra, 2010)**

Les types d'aménagements envisagés répondent donc aux niveaux de sollicitations indicatifs proposés par le comparatif ci-dessus. **Rappelons que pour des évènements exceptionnels, les aménagements envisagés, ne feront pas obstacles aux écoulements.**

**Qualité de l'eau**

L'Etat chimique des masses d'eau concernées est mauvais sur la période 20114 – 2012 principalement par pollutions diffuses ou dispersées telles que les HAP ou diphénylétehrs bromés. Ces pollutions sont malheureusement fréquemment rencontrées en milieu urbain (ruissellements, rejets, sédiments pollués).

L'état écologique est moyen à très bon sur la Seine proche de l'Ile-de-Monsieur. La non-atteinte du Bon Etat est principalement due à l'hydrobiologie (moyen).

**Risque inondation/ PPRI**

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) a été approuvé par arrêté du Préfet des Hauts-de-Seine le 9 janvier 2004.

Les mesures de compensation proposées sont situées en zone rouge dite « zone A » correspondant aux secteurs à forts aléas et aux secteurs à préserver au titre de la capacité de stockage de la crue quel que soit le niveau d'aléa (berges du fleuve et espaces non bâtis ou très peu bâtis qui constituent des secteurs d'expansion de crues).

Les prescriptions du PPRI :

- interdisent la réalisation de remblais,
- spécifient que dans la marge de recul de 30 m, les clôtures doivent être ajourées à large maille sur au moins les deux tiers de la hauteur située sous la cote de casier et que les murs pleins doivent être munis de barbacanes et être implantés parallèlement à l'écoulement de l'eau,
- autorisent les mouvements de terres d'importance limitée liés à l'aménagement paysager sous réserve de présenter un solde positif en matière de stockage de la crue.

Le PPRI ne concerne pas le lit mineur. Seul le lit majeur est concerné. Il est défini comme débutant au rebord du lit mineur marquant la limite de débordement.

Les aménagements proposés sont compatibles avec le PPRI car situés dans le lit mineur. Par ailleurs, et plus généralement, ils sont situés dans une zone où l'écoulement de la Seine est déjà perturbé par les installations d'amarrage des péniches. La zone comprise entre les Ducs d'Albe et la berge doit être, si sa largeur est inférieure à 5 m (ce qui est le cas au droit du site), négligée dans l'analyse des impacts du projet.

Les modélisations effectuées dans le cadre de l'étude d'impact du projet montrent que, en considérant cette zone comme non concernée par l'écoulement à l'état projet, les impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement sont négligeables pour les écoulements non débordants de la Seine et sont très faibles pour les crues débordantes.

### *1.14.6.8 Types d'aménagement proposés*

Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :

- Des plages d'hélophytes en tunage (secteur 3) : ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier
- Des radeaux flottants et des frayères artificielles (secteurs 1 et 2) : ces radeaux et frayères seront installés e manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.

La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroitre la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

| Aménagements proposées | Besoins compensatoires | Mètre linéaire de berge concerné (ml) | Surface concernée (m²) |
|---|---|---|---|
| Plages d'hélophytes | 410 m² de frayères impactées | 270 | 486 à 540 |
| Radeaux flottants doubles | | 111 * 2 = 222 | 222 |
| Frayères artificielles | | 170 | - |

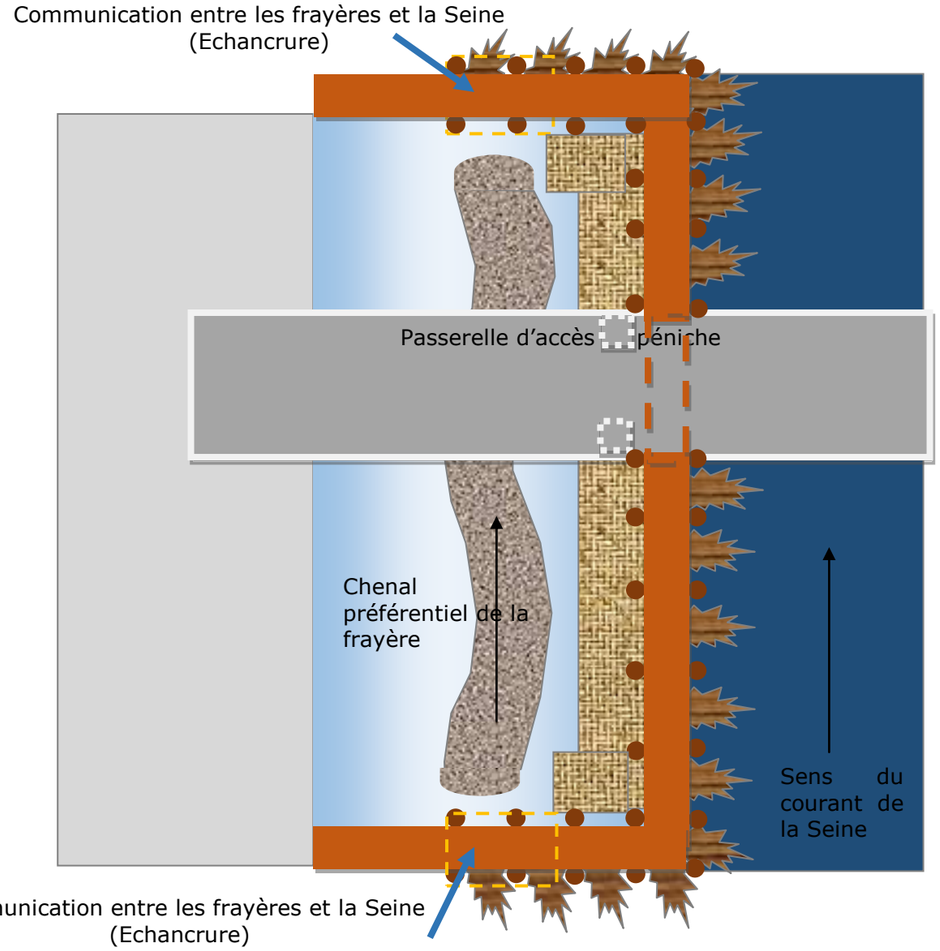
**Création de plages d'hélophytes en Tunage**

Ces plages d'hélophytes correspondent à la confection, au plus proche du niveau moyen des eaux (retenue pratiquée), d'une "plage" de matériaux gravelo-terreux remblayés et recouverte de géotextiles biodégradables de coco, prévégétalisée au moyen de plantes aux tiges robustes (Pré-culture 1 an à l'avance afin de mieux supporter les premières crues). Selon la granulométrie en place, une plage de graviers par apports de matériaux est réalisée. De la même manière, les habitats seront diversifiés en fonction des plages d'hélophytes créées.

Cette banquette de plantes hélophytes et aquatiques (largeur totale de 1,8 m) est maintenue au sol et « protégée » du batillage par une double rangée de pieux battus mécaniquement et des rondins de bois. En fonction du contexte bathymétrique, elle est constituée de plusieurs rondins, empilés les uns sur les autres, et solidement ancrés aux pieux (au moyen de fil de fer recuit et crampillons). La crête de l'ouvrage est calée à environ 20/30 cm au-dessus de la retenue pratiquée. Cette partie est implantée dans le lit du fleuve, longitudinalement au pied de talus, devant la banquette de plantes hélophytes. A noter que cette protection anti-batillage nécessite un suivi continu et régulier (vérification des attaches, etc.).

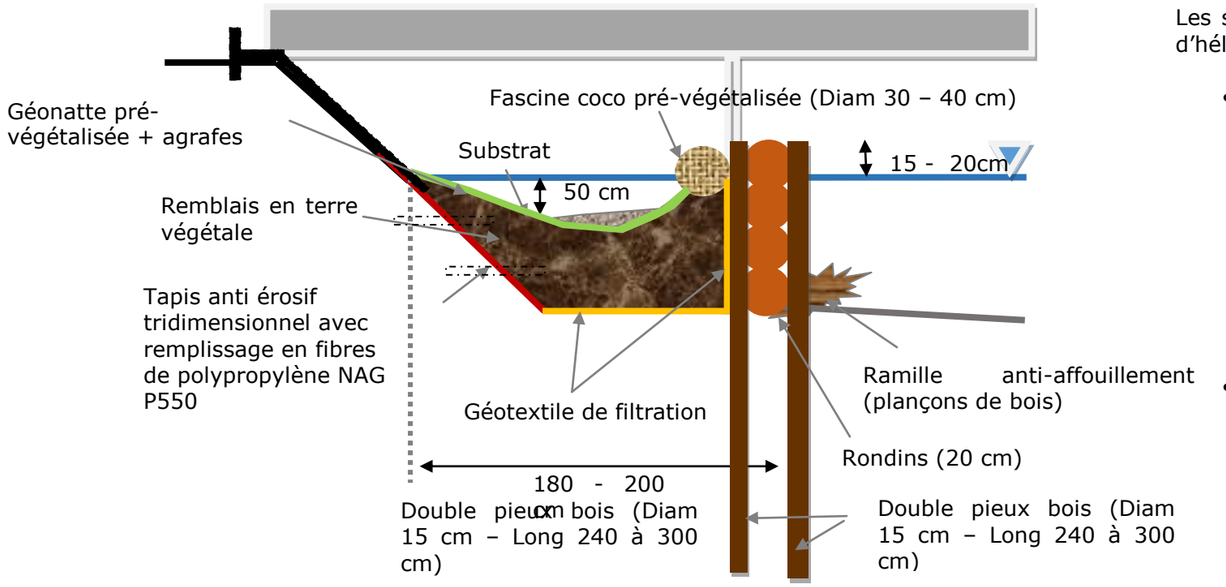
Afin d'éviter l'assèchement de la frayère, des pertuis, réalisés au moyens d'échancrures dans les rondins de bois, seront réalisés sur l'ouvrage. Elles seront réalisées en amont et en aval de l'ouvrage, dans l'axe du chenal préférentiel créé dans la frayère. Ces zones de passages permettront de conserver un passage préférentiel de 10 à 15 cm au minimum toute l'année.

Enfin, les structures seront reliées à la berge par un système de fixation en berge et en haut de berge pour garantir la tenue.

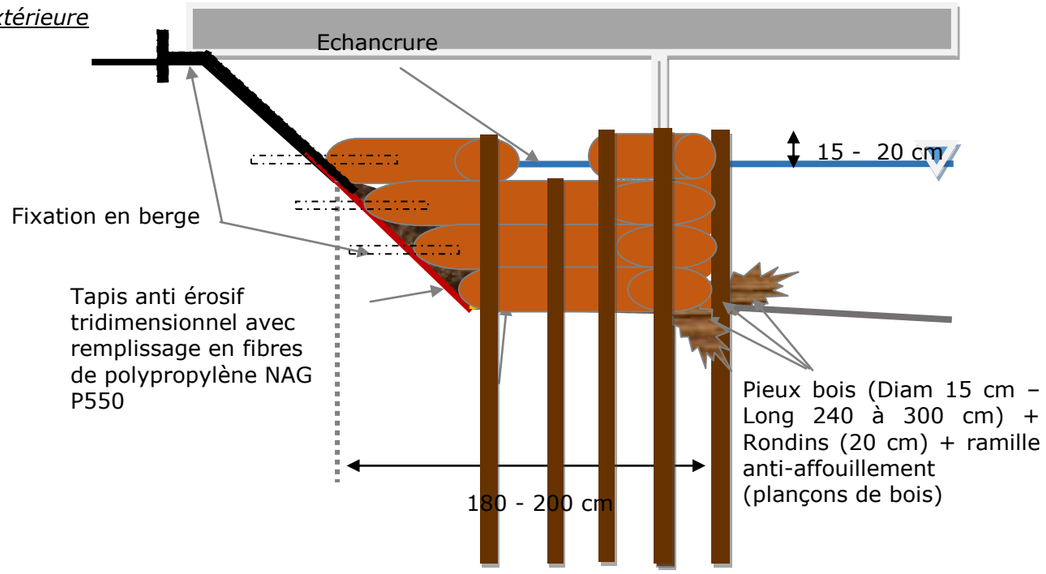



**Vu à plat de l'aménagement © Biotope**

*Vue intérieure*




*Vue extérieure*



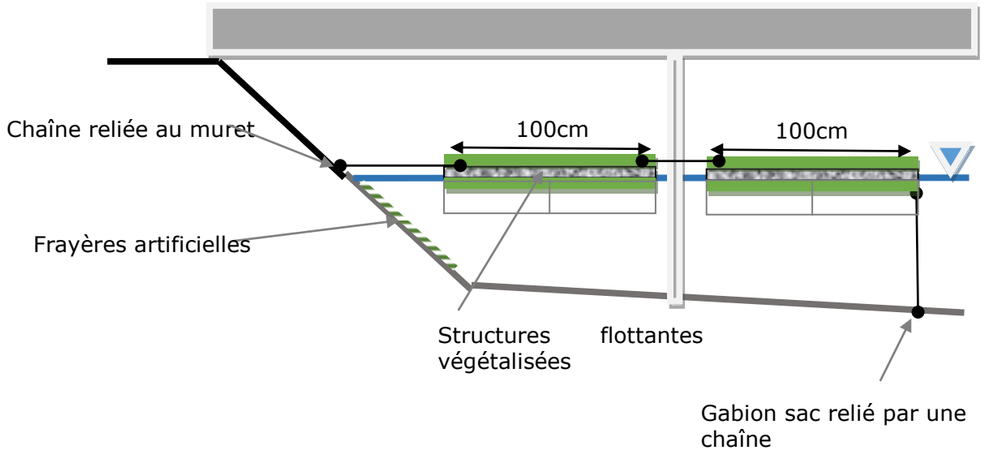

**Vue en plan de l'aménagement © Biotope**

## Création de radeaux flottants et frayères artificielles

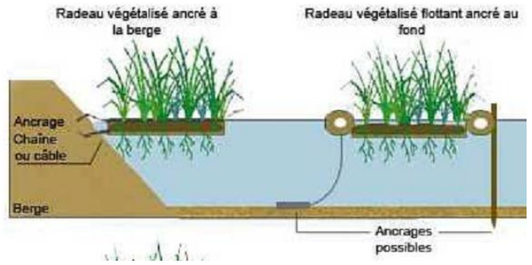
Les secteurs 1 et 2 ne présentant pas de zones de hauts fonds favorables à la création de plages d'hélophytes, deux types d'aménagement seront installés :

- des radeaux flottants de 1 m de large souvent doublés. Ces radeaux flottants sont formés de structures flottantes modulaires (2,66 x 1 m), articulées (système d'attache tenon-mortaise breveté), en polyéthylène basse densité recyclé (et recyclable), semi-rigides (résistantes au gel, imputrescibles et neutres pour l'environnement) ou en bois résineux avec flotteurs en liège intégrés dans la structure, recouvertes d'une natte d'hélophytes. Pour protéger les racines et rhizomes du stress des vagues et permettre leur développement et surtout favoriser le développement par drageonnage de nouvelles plantes, une membrane géotextile percée est disposée en sous face. Ils seront fixées à la fois en berge et au fond de la Seine à l'aide d'un lest. Les radeaux peuvent ainsi s'adapter au batillage et au marnage de la Seine.

- des frayères artificielles viendront compléter le dispositif. Il s'agit de de fibres synthétiques. 3 tailles sont proposées, une grande de 5 m² (1,40 m X 3,60 m) pour les cyprinidés et le brochet, une petite de 0,5 m² (70 X 70 cm), conçue plus particulièrement pour le sandre mais utilisable aussi par les cyprinidés, puis une troisième de 1,67 m² (1,20 X 1,40 m) sur cadre rigide coulant ou flottant pour s'adapter à toutes les situations et tous les poissons. Les trois types de structures seront mises en places afin de diversifier les supports de pontes. Elles seront fixées en eau de berges afin d'être remontées facilement pour l'entretien.





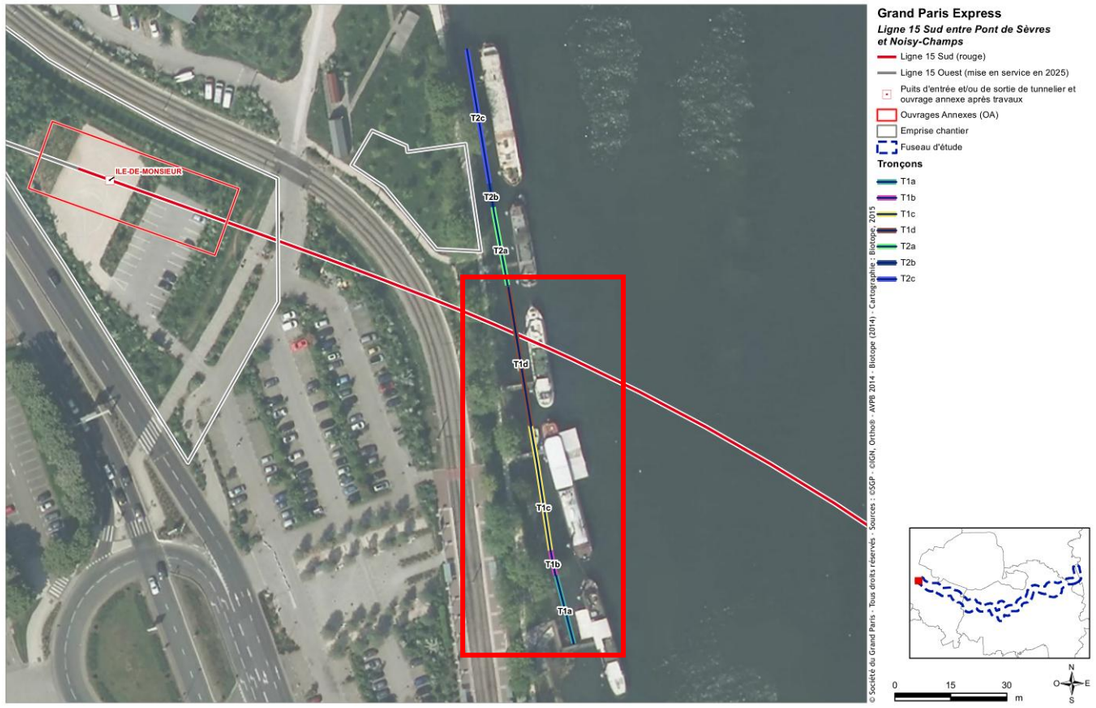

**Frayère artificielles (gauche) et radeaux végétalisés ( droite) © Biotope**

### *1.14.6.9 Localisation précise des mesures de compensation frayères*

Les trois secteurs identifiés précédemment, ont été découpés en tronçons selon les types d'aménagements proposés (plages d'hélophytes, radeaux flottants, frayères artificielles). Chaque secteur a été redécoupé en tronçons homogènes pouvant faire l'objet de travaux similaires. Ces tronçons sont représentés sur les cartes pages suivantes.

**NB : Les tronçons de berges présentant des herbiers aquatiques denses à moyennement denses ne font pas l'objet de propositions d'aménagement, ils sont identifiés comme à préserver.**

**Secteur 1**




| Tronçon | Linéaire (ml) | Type d'aménagement proposé |
|---|---|---|
| 1a | 19 ml | Radeaux végétalisés doubles |
| | 19 ml | Frayères artificielles |
| 1b | - | A préserver – pas d'intervention |
| | 11 ml | Frayères artificielles |
| 1c | 34 ml | Radeaux végétalisés doubles |
| | 34 ml | Frayères artificielles |
| 1d | - | A préserver – pas d'intervention |
| | 40 ml | Frayères artificielles |

**Secteur 2**




| Tronçon | Linéaire (ml) | Type d'aménagement proposé |
|---|---|---|
| 2a | 22 ml | Radeaux végétalisés doubles |
| | 22 ml | Frayères artificielles |
| 2b | - | A préserver – pas d'intervention |
| | 8 ml | Frayères artificielles |
| 2c | 36 ml | Radeaux végétalisés doubles |
| | 36 ml | Frayères artificielles |

## Secteur 3







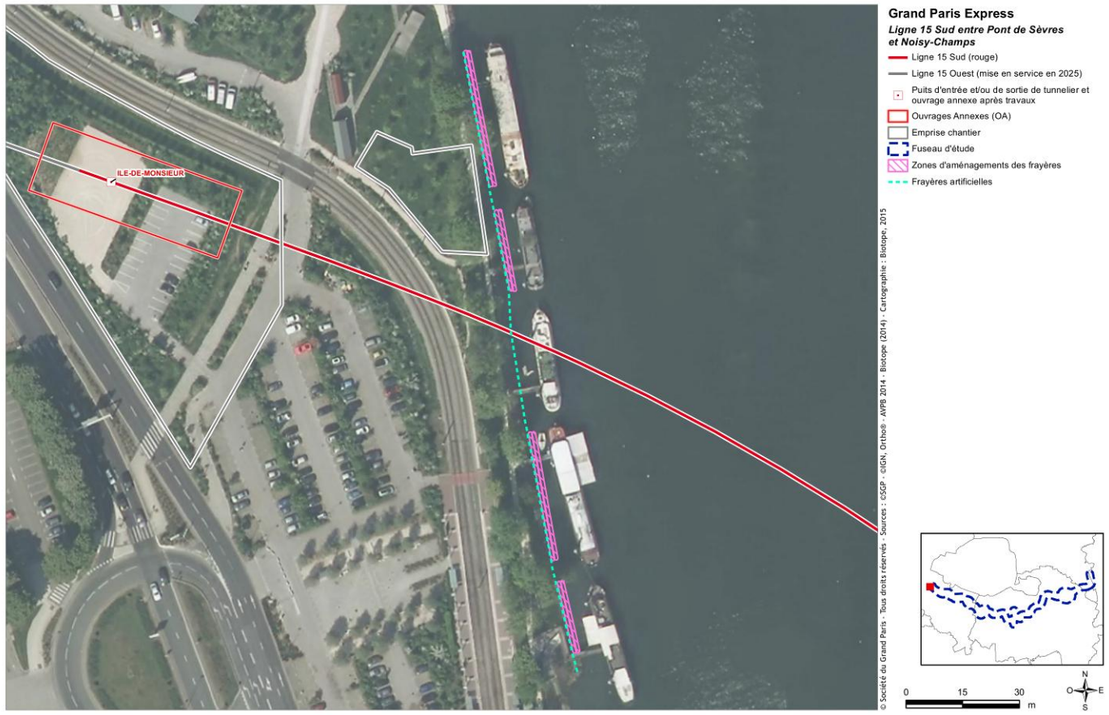
| Tronçon | Linéaire (ml) | Type d'aménagement |
|---|---|---|
| 3a | 73 ml | Plages d'hélophytes |
| 3b | - | A préserver – pas d'intervention |
| 3c | 41 ml | Plages d'hélophytes |
| 3d | - | A préserver – pas d'intervention |
| 3e | 47 ml | Plages d'hélophytes |
| 3f | - | A préserver – pas d'intervention |
| 3g | 13 ml | Plages d'hélophytes |
| 3h | - | A préserver – pas d'intervention |
| 3i | 10 ml | Plages d'hélophytes |
| 3j | - | A préserver – pas d'intervention |
| 3k | 86 ml | Plages d'hélophytes |
| 3l | - | A préserver – pas d'intervention |

## Synthèse

Au total, les aménagements proposés représentent :

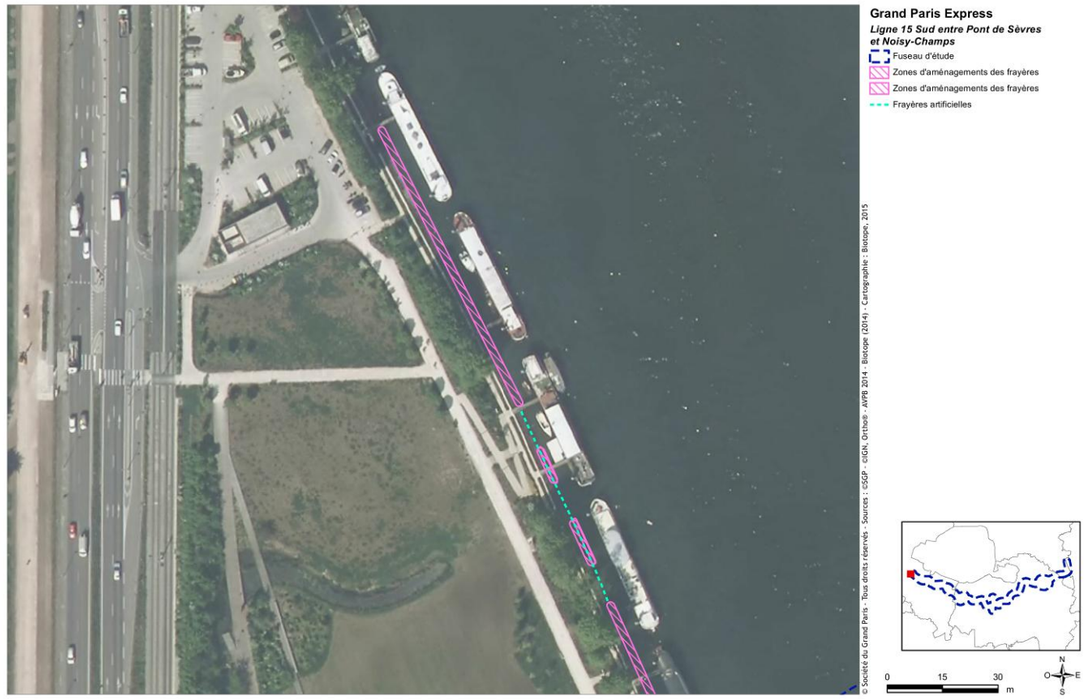
| Aménagement | Mètre linéaire de berge concerné (ml) | Surface concernée (m²) |
|---|---|---|
| Plages d'hélophytes | 270 | 486 à 540 |
| Radeaux flottants doubles | 111 * 2 = 222 | 222 |
| Frayères artificielles | 170 | - |

### Synthèse des aménagements prévus en berge de Seine au niveau de l'Ile de Monsieur









### 1.14.6.10 Identification des propriétés foncières, des gestionnaires et du maître d'ouvrage

Une convention entre Voies Navigables de France (VNF) et la Société du Grand Paris (SGP) est en cours de rédaction afin de pourvoir intervenir sur le Domaine Public fluvial. Pour cela, une autorisation de travaux en Seine est demandée.

Elle se base sur plusieurs critères :

- Pas d'entrave à la navigation,
- Descriptif et localisation des aménagements envisagés,
- Nature de l'aménagement modifiant les berges ou localisé sur le lit mineur,
- Identification et accord avec un gestionnaire de la structure créée.

Par ailleurs afin d'assurer la pérennité et l'entretien de ces frayères, une convention tripartite entre Voies Navigables de France, le futur gestionnaire (Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur) et la Société du Grand Paris est en cours de rédaction.

Le Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur, gestionnaire des berges de Seine par convention avec VNF a été identifié comme gestionnaire des aménagements envisagés. L'intégralité de l'île de Monsieur est en Espace Naturel Sensible (ENS). Le Syndicat Mixte accepte le principe de prendre en gestion ces milieux dans le cadre d'une convention de gestion avec la SGP sur une durée de 30 ans. Les travaux de création seront sous la responsabilité de la SGP avec le concours technique du Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur.

Les conventions entre les différentes structures sont en cours de signature. Elles seront transmises au service de la Police de l'eau avant le 31 décembre 2015.

### 1.14.6.11 Etudes préalables avant travaux

Un AVP, puis un PRO, sont en cours de réalisation. Ils préciseront les aménagements prévus. L'objectif est de mettre en œuvre ces mesures de compensation en amont de la phase chantier de la Ligne 15 Sud.

### 1.14.6.12 Mise en œuvre et concertation

Afin de définir au mieux les contraintes fonctionnelles de ces secteurs, de localiser précisément ces mesures de compensation, d'en assurer la faisabilité et pérennité et d'obtenir tous les éléments sur les besoins et nécessités aux quotidiens des résidents des péniches, des gestionnaires et des acteurs du territoire, plusieurs contacts ont été établis :

| Date | Acteurs |
|---|---|
| 3 décembre 2014, 6 mai 2015 | Voies Navigables de France |
| 9 janvier 2015 | Conseil départemental 92 |
| 20 février 2015 | Syndicat Mixte de l'Ile-de-Monsieur, Conseil départemental 92 |
| 27 mai 2015 | Syndicat Mixte de l'Ile-de-Monsieur et Conseil départemental 92 |
| Septembre 2015 (date à arrêter) | Préparation d'une réunion de concertation avec les habitants des bateaux logements |

### 1.14.6.13 Coûts prévisionnels

Sur la base de ses aménagements, un mémo estimatif avant l'Avant-Projet Sommaire a été formulé sur la base des surfaces et des linéaires envisagés.

**Plages d'hélophytes - Tunage**

Largeur de l'aménagement de 180 cm/ 200 cm sur une longueur d'environ 270 ml soit 486 m² à 540 m².

| Plages d'hélophytes - Tunage et géonattes prévégétalisées et graviers | Prix au ml | | | Besoin pour projet | | | Total projet | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Description | basse | haute | Fourchette | basse | haute | Fourchette | basse | haute |
| Géonattes pré-végétalisées | 5*1m (longueur-largeur) | 25 | 35 | Largeur (m) | 2,5 | 2,5 | | | |
| | | | | Longueur (ml) | 270 | 270 | Prix surface basse | 2430 | 3402 |
| | | | | Surface projet (m²) | 486 | 540 | Prix surface haute | 2700 | 3780 |
| | | | | Nombre géonattes pour projet (5m²) | 97 | 108 | | | |
| Tapis anti-érosif | m² | 9 | 12 | Longueur (ml) | 270 | 270 | Prix surface basse | 2673 | 3564 |
| | | | | Largeur (m) | 1,1 | | Prix surface haute | 2673 | 3564 |
| | | | | Surface projet (m²) | 297 | 297 | | | |
| Géotextile de filtration | m² | 7 | 15 | Longueur (ml) | 270 | 270 | Prix surface basse | 3780 | 8100 |
| | | | | Largeur (m) | 2 | | Prix surface haute | 3780 | 8100 |
| | | | | Surface projet (m²) | 540 | 540 | | | |
| 1 Fascines coco pré-végétalisées (30-40cm de diamètre) | Boudin (300*30cm) au ml | 27 | 37 | Nombre d'emplacement | 1 | | Prix longueur basse | 2430 | 3330 |
| | | | | Longueur (ml) | 270 | 270 | Prix longueur haute | 2268 | 3108 |
| | | | | Nombre de boudins | 90 | 84 | | | |
| Pieux en bois | 3 m*0,75 (à extrémités) à 1,5 (milieu) (longueur-distance) 15 à 30 cm de diamètre | 10 | 20 | Nombre de pieux | 294 | 294 | Prix nombre bas | 2940 | 5880 |
| | | | | | | | Prix nombre haut | 2940 | 5880 |
| Rondins de bois | 50 mm-200mm-3m (épaisseur-largeur-longeur) | 10 | 15 | Nombre de rondins | 95 | 95 | Prix nombre bas | 6650 | 9975 |
| | | | | Nombre | 7 | 7 | Prix nombre haut | 6650 | 9975 |
| Lit de branche anti-affouillement non capable de rejeter | Diamètre 0,5 à 2 cm/ Longueur 80 à 100 cm => 40 pièces/ ml | 22 | 32 | Longueur | 294 | 294 | Prix longueur basse | 6468 | 9408 |
| | | | | | | | Prix longueur haute | 6468 | 9408 |
| Remblais | m3/ml (Fourniture et mise en œuvre) | 30 | 40 | Cubage | 405 | 540 | Prix cubage bas | 12150 | 16200 |
| | | | | | | | Prix cubage haut | 16200 | 21600 |
| Substrat | Matériaux, transport et pose (m3) | 30 | 40 | Cubage | 365 | 540 | Prix cubage bas | 10950 | 14600 |
| | | | | | | | Prix cubage haut | 16200 | 21600 |
| Grillage métallique antifaune | ml | 5 | 5 | | 270 | 270 | Prix longueur basse | 1350 | 1350 |
| | | | | | | | Prix longueur haute | 1350 | 1350 |
| Agrafes | 3/m² | 0,21 | 2 | | 573 | 600 | Prix nombre bas | 360,99 | 3438 |
| | | | | | 3 | 3 | Prix nombre haut | 378 | 3600 |
| Total | | | | | | | Total surface basse | 52181,99 | 79247 |
| | | | | | | | Total surface haute | 61607 | 91965 |

Les retours d'expériences menés sur des actions similaires montrent des coûts de l'ordre de 150 à 300 euros/ml ce qui équivaut pour la surface proposée à une fourchette de 36 000 à 75 000 euros. Les retours d'expériences se rapprochent des montants estimés sur la base de ce schéma de principe.

**Radeaux végétalisés :**

Largeur de l'aménagement de 100 cm doublé soit environ 222 m².

**Frayères artificielles**

Environ 170 ml de frayères artificielles.

| Assemblage de radeaux végétalisés et frayères artificielles | Prix au ml | | | Besoin pour projet | | | Total projet | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fourchette | basse | haute | Fourchette | basse | haute | Fourchette | basse | haute |
| Frayères artificielles | m² | 65 | 135 | Longueur (ml) | 170 | | Prix projet | 11050 | 22950 |
| | | | | Largeur (m) | 1 | | | | |
| | | | | Surface projet (m²) | 170 | | | | |
| Radeaux flottants | Prix par m² | 60 | 120 | Surface pour projet (m²) | 222 | | Prix projet | 13320 | 26640 |
| Gabions en sac = kit de fixation | Prix d'un sac | 22 | | Nombre pour projet | 1 | | Prix projet | 22 | 22 |
| Grillage métallique antifaune | ml | 5 | 5 | | 222 | | Prix projet | 1110 | 1110 |
| **Total** | | | | | | | **Total projet** | **25502** | **50722** |

## Coût total avec travaux

| TOTAL Aménagement | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Plages d'hélophytes (Tunage) + frayères artificielles et radeaux flottants** | | | | | | | **Surface basse** | **77683,99** | **129969** |
| | | | | | | | **Surface haute** | **87109** | **142687** |
| | | | | | | | | | |
| Installation de chantier (6 %) | | | | | | | Surface basse | 4661,0394 | 7798,14 |
| | | | | | | | Surface haute | 5226,54 | 8561,22 |
| | | | | | | | | | |
| Coût des travaux (projets) | Ouvrier (euros/jour) | 350 | 450 | Nombre de jour | | 40 | Technicien | 14000 | 18000 |
| | Conducteur de travaux (euros/jour) | 650 | 800 | Nombre de jour | | 40 | Conducteur de travaux | 26000 | 32000 |
| | | | | | | | | | |
| Maîtrise d'œuvre (10 %) | | | | | | | Surface basse | 7768,399 | 12996,9 |
| | | | | | | | Surface haute | 8710,9 | 14268,7 |
| | | | | | | | | | |
| Imprévus (10 %) | | | | | | | Surface basse | 7768,399 | 12996,9 |
| | | | | | | | Surface haute | 8710,9 | 14268,7 |
| **TOTAL GENERAL** | | | | | | | **Surface basse** | **137881,827** | **213760,94** |
| | | | | | | | **Surface haute** | **149757,34** | **229785,62** |

En tenant compte de la mission de maîtrise d'œuvre, des travaux (installation de chantier, intervention) et des imprévus, le coût des prestations est estimé entre 137 881 et 229 785 euros sans la gestion et le suivi. Ce budget sera précisé lors des prochaines phases d'étude (AVP-PRO).

### *1.14.6.14 Planning de réalisation des travaux*

**Aménagements en phase travaux**

Les plages d'hélophytes prévues sur le secteur 3 seront réalisées afin d'être opérationnelles en amont de la phase travaux.

Les radeaux flottants et les frayères artificielles seront installés de manière concomitante une fois la phase chantier finalisée.

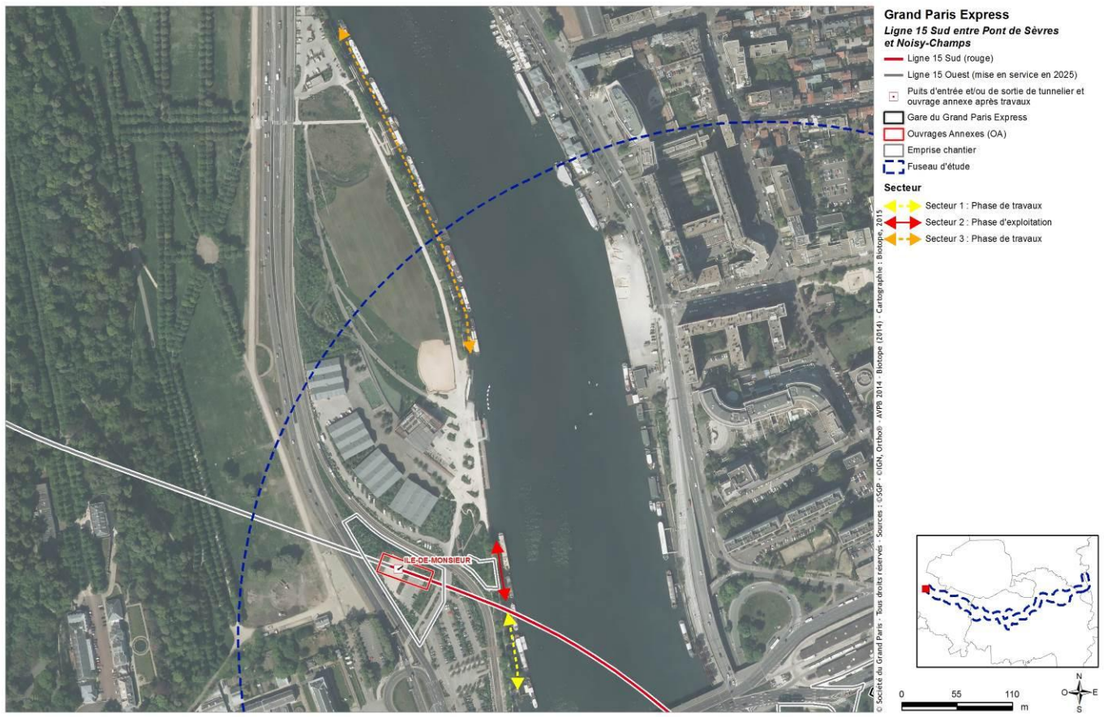
Un planning prévisionnel des travaux est proposé ci-dessous :

| | |
|---|---|
| Réalisation des documents d'exécution (AVP, PRO) | Juillet – septembre 2015 |
| Rédaction du cahier des charges et passation de marché pour les entreprises | Septembre – décembre 2015 |
| VISA | Janvier – février 2016 |
| Travaux (DET, OPC) | Février-septembre 2016 (selon météorologie et niveau de la Seine) |

Ce planning sera détaillé et précisé lors des prochaines phases d'étude (AVP-PRO).

**Aménagements en phase exploitation**

Seuls les aménagements concernés par le secteur 2, zone de chargement des barges seront réalisées à la suite des travaux pour ne pas être attrayant pour la faune piscicole en phase chantier.



**Période de travaux**

L'engagement des travaux généraux, et particulièrement l'aménagement des plages d'hélophytes, devra prendre en compte cette donnée dans le souci de pouvoir engager les interventions de génie végétal à une période opportune.

Pour la plupart des aménagements proposés les profils types permettront d'établir une réalisation quasi-définitive, y compris la pose des géotextiles, tout au long de l'année vu l'importance des travaux prescrits. Les plantations d'hélophytes pourront quant à elle être réalisées de manière différées en période opportune par rapport à chaque type de végétaux prescrits. Les techniques végétales nécessitent une époque propice de mise en œuvre, correspondant à la période de repos ou de reprise de la végétation, soit au printemps ou à l'automne pour les végétaux semi-aquatiques (plantes hélophytes).

Par ailleurs, les travaux devront tenir compte des périodes de frai des poissons, principalement cyprinicoles soit avril à juillet. Les travaux doivent ainsi être réalisés entre août et mars.

### *1.14.6.15 Mesure de gestion*

Pour l'ensemble des techniques mises en œuvre, au moins une visite annuelle sur place est à réaliser pour surveiller l'état de la protection, la reprise des végétaux, et prévoir les entretiens selon la technique employée.

Dès leur mise en place, un suivi régulier des frayères sera réalisé, afin notamment de nettoyer les frayères avant la ponte si des algues ou détritus sont présents. Ensuite pas d'intervention durant l'incubation et la résorption qui ne dure que quelques jours suivant la ponte. Attention même après éclosion la frayère reste un abri pour les alevins fraichement éclos.

Les géonattes pré-végétalisées seront munies de grillages empêchant le passage des oiseaux. De la même manière pour empêcher la nidification des canards et des cygnes une clôture de faible hauteur peut être disposée en bordure.

L'entretien des hélophytes sera le plus limité possible : c'est la végétation qui fait la protection, il ne s'agit donc pas de faucher trop souvent ou de tondre à ras les hélophytes. Une fauche à l'automne suffit d'une manière générale.

Une surveillance ponctuelle des radeaux flottants concernant de la prise de végétation sera effectuée et s'accompagnera d'un remplacement de plants ponctuels.

En fin de saison de ponte (fin juillet- mi-août), les frayères artificielles seront stockées suspendue (à plat hors de l'eau les fibres se déforment) et à l'abri de la lumière. De cette façon l'encombrement de stockage est réduit et la durée de vie des frayères est maintenue de nombreuses années.

Pour résumé :

- Lors des 3 premières années, entre 3 et 4 passages seront réalisés afin de bien observer la reprise des végétaux et les dégradations potentielles face aux évènements exceptionnels.
- Par la suite, 2 passages annuels permettent d'observer l'état de conservation des frayères et de réaliser de la manutention (pose et retrait des frayères artificielles).

Afin d'accéder aux ouvrages, notamment pour les plages d'hélophytes, des échelles transportables seront mises en places avec une accroche depuis la berge. Ce matériel permettra aux agents chargés de la gestion de pouvoir intervenir depuis la berge et ensuite en marchant sur le tunage.

De plus, le département et le syndicat mixte de la base de loisir vont mettre en place des barrages flottants permettant de limités le phénomène de stagnation et d'amoncellement des déchets le long de la berge et dans les aménagements.

### *1.14.6.16 Mesures de suivis*

**En phase préparatoire et de chantier**

En parallèle, un suivi mené par un ingénieur écologue sera effectué afin de guider la maîtrise d'œuvre. Dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires.

**Mesure de suivis en phase exploitation**

- Un suivi annuel au cours des 3 premières années afin d'évaluer la vitesse de recolonisation par les végétaux et les espèces piscicoles sera réalisé.
- S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats d'espèce et des espèces.

Lors de ces suivis, des pêches électriques, des observations de faune aquatique et terrestre ainsi que des relevés de végétations seront effectués et bancarisés.

Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations et des habitats naturels.

Plusieurs rapports de suivi seront produits dont un suivi aux années 1,2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 25 et 30 ans sera réalisé.

Ce rapport sera adressé à la DRIEE Île-de-France, à l'ONEMA et au CNPN.

Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude pendant et après chantier,
- des populations sur les milieux recréés via mesures compensatoires,
- la bonne réalisation et la validité de la gestion.

Suite à ces suivis, des mesures de corrections pourront être apportés aux aménagements en concertation avec les services de l'ONEMA et de la DRIEE.

### *1.14.6.17 Plus-value écologique*

Dans le cadre des mesures compensatoires liées à la construction de la ligne 15 Sud, la Société du Grand Paris (SGP) souhaite apporter une plus-value écologique au niveau de l'Ile-de-Monsieur et s'inscrire ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Créer de nouveaux milieux et proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;

- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Pérenniser la conservation des habitats pendant 30 ans, leur laissant ainsi la possibilité d'atteindre leur optimum écologique ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité (fauche différée).

Atteindre une plus grande naturalité des habitats concernés par les mesures de façon à conserver voire améliorer la qualité écologique de la Seine.

### *1.14.6.18 Synthèse des mesures de compensation*

Le tableau ci-dessous synthétise les mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces ciblées par la compensation.

**Synthèse des mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces concernées**

| Espèce ciblée | Habitats | Superficie impactée | Mesures de compensation | Superficie compensée | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|
| Ichtyofaune commune | Frayères | 410 m² | Création de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles | 708 à 762 m² + 170 ml | La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet |

## 1.14.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la faune piscicole et aux frayères

**Synthèse des impacts du projet concernant la faune piscicole et les frayères – phase chantier**

| Section | Ouvrages concernés | Niveau d'enjeu | Effets dommageables prévisibles du projet | Mesures d'évitement et de réduction de l'effet | Impacts résiduels du projet | Mesures compensatoires |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres à Issy RER** | OA Ile de Monsieur | Modéré à fort | *Impact direct*<br>Destruction et dégradation de frayères<br>Destruction d'individu<br>Dérangement<br>Espèces envahissantes<br><br>*Impact indirect*<br>Destruction et dégradation de frayères | - Précautions et limitation des pollutions<br>- Gestion des déchets<br>- Balisage des zones humides présentes entre les berges et les Ducs d'Albe existants lors des travaux d'implantation des nouveaux Ducs d'Albe et du dragage<br>- Balisage des zones humides présentes à proximité<br>- Implantation des Ducs d'Albe sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques denses<br>- Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (bandes transporteuses)<br>- Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats humides à proximité<br>- Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine<br>- Destruction (Ecrevisse et Poisson Chat) | Modéré<br>Dégradation de frayères (108 m²) | **Recréation de frayères**<br><br>*Cf. mesures de compensation :*<br>- *Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur*<br>- *Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur* |
| | Gare Pont-de-Sèvres | Modéré | *Impact direct*<br>Destruction et dégradation de frayères<br>Destruction d'individu<br>Dérangement<br><br>*Impact indirect*<br>Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité | - Précautions et limitation des pollutions<br>- Gestion des déchets<br>- Optimisation de l'emprise chantier de l'estacade<br>- Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats aquatiques à proximité<br>- Retrait préalable des herbiers aquatiques hors périodes de frai<br>- Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine<br>- Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets et filets)<br>- Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité | Modéré<br>Destruction de frayères (302 m²) | **Recréation de frayères**<br><br>*Cf. mesures de compensation :*<br>- *Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur*<br>- *Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur* |
| **Section Vitry centre - Champigny** | OA Friche Arrighi (Frayères) | Faible à Modéré (à proximité) | *Impact direct*<br>Pas de destruction de frayères<br><br>*Impact indirect*<br>Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité | - Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité<br>- Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets)<br>- Mise en place de dispositif anti-batillage | Nul à faible | Aucune |

# 1.15 Services écosystémiques

Consacrés en 2005 par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire12 (MEA, 2005), les services écosystémiques soulignent le lien étroit entre la biodiversité et son utilisation par les sociétés humaines. A chaque type d'écosystème correspondent des fonctions et des services différents, dont le niveau de réalisation dépend de (i) la santé de l'écosystème, (ii) des pressions qui s'exercent sur lui, mais également (iii) de l'usage qu'en font les sociétés dans un contexte géographique et socioéconomique donné. Ainsi, l'existence d'un service écosystémique dépend tout autant de processus écologiques que des pratiques sociales qui en déterminent son utilisation.

Concrètement, l'évaluation des services rendus permet par exemple d'identifier l'ensemble des usages et valeurs multiples d'un écosystème afin d'appuyer certaines décisions en rapport avec l'utilisation rationnelle des écosystèmes, leur conservation et leur gestion durable. En outre, elle permet également de :

1) Démontrer la contribution des écosystèmes à l'économie locale ou nationale et au bien-être humain afin d'encourager la conservation et l'utilisation durable de l'environnement,

2) Garantir une prise de décision appropriée dans le cadre de l'évaluation d'impact sur l'environnement,

3) Réaliser une analyse coût-bénéfice permettant de comparer différents projets d'utilisation ou de modification d'un écosystème donné.

Au vu de ces éléments, la mise en œuvre de cet outil est apparue pertinente dans le cadre du projet du Métro du Grand Paris Express, et donc de la Ligne 15 Ouest. En effet, elle permet de compléter l'évaluation environnementale par une analyse fine des enjeux sociétaux en lien avec les milieux naturels et semi-naturels potentiellement impactés par le projet. En d'autres mots, elle apporte les éléments nécessaires pour une meilleure prise en compte de la biodiversité par une évaluation du poids des biens et services rendus par les écosystèmes dans le développement de l'activité économique et du bien-être humain.

Ainsi, ce travail a consisté à évaluer l'impact des phases de construction et d'exploitation du projet sur la consommation d'espaces naturels et semi-naturels et sur les services rendus par ces milieux.

Ce travail a été réalisé en trois étapes :

1) Définition d'une typologie des systèmes naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude (fuseau d'étude intégrant les éléments connexes),

2) Identification et, selon les données disponibles, quantification des services rendus par ces milieux,

3) Evaluation de l'impact du projet sur les services rendus.

12 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

## 1.15.1 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude

Dans le cadre de cette étude, 15 services écosystémiques ont été identifiés dans le fuseau d'étude.

*Nota : Cette liste ne prétend pas être exhaustive car certains services sont parfois difficiles à qualifier ou sont parfois même contestés de manière générale.*

**Typologie des services écosystémiques identifiés dans le cadre de cette étude**

| Services écosystémiques | | Définition |
|---|---|---|
| APPROVISIONNEMENT | **Production agricole** | Surfaces fertiles qui, par leur mise en production ou leur utilisation comme surface d'élevage pour le bétail, constituent des facteurs de production valorisés par les exploitations agricoles et contribuent à approvisionner en nourriture la société. |
| | **Cueillette terrestre** | Activité consistant à prélever une production végétale qui participe à l'approvisionnement des êtres humains en biens à usage principalement alimentaire (e.g, jardins familiaux). Elle peut également être considérée comme un service à caractère social. |
| | **Récolte de bois** | Service issu de la production de biomasse ligneuse par les écosystèmes qui permet de fournir la matière nécessaire à de nombreuses activités humaines à travers trois filières de transformation (bois de chauffage, bois d'industrie et bois d'œuvre). |
| REGULATION | **Ecrêtement des crues** | Capacité des écosystèmes à compenser, en partie, les précipitations et les variations du niveau des eaux et donc à faciliter l'écrêtement des crues. |
| | **Soutien d'étiage** | Régulation de l'effet sécheresse par les écosystèmes, grâce à leurs capacités de stockage de l'eau puis de restitution en période d'étiage. |
| | **Autoépuration des eaux** | Service permettant de disposer d'une eau propre et utilisable, ou nécessitant un moindre traitement, notamment pour la consommation d'eau douce, mais aussi pour toutes activités nécessitant des milieux aquatiques sains. Les écotones (à la frontière entre eau et terre comme par exemple les roselières) sont ceux qui participent le plus à la qualité et à la quantité du service rendu. |
| | **Purification de la qualité de l'air** | Diminution des concentrations en gaz polluants ainsi qu'en particules en suspension dans l'air grâce à une absorption de ces particules par les végétaux. |
| | **Régulation du climat global** | Régulation des flux de carbone dont les gaz à effet de serre (séquestration du carbone par les systèmes végétaux), et lutte contre les changements climatiques globaux. |
| | **Régulation du climat local** | Régulation locale de la température, des précipitations et du vent grâce à différents processus naturels assurés par les végétaux dont les principaux, sont l'évapotranspiration et l'effet albédo. |

| Services écosystémiques | | Définition |
|---|---|---|
| | **Contribution à la pollinisation** | Ce service est assuré par tout milieu favorisant la diversité et l'abondance des insectes pollinisateurs. |
| **SOCIO-CULTUREL** | **Paysage** | Aménités apportées aux êtres humains en améliorant leur cadre de vie. |
| | **Chasse** | Activité de loisir et de détente assurée par la présence de gibier mais également par le cadre naturel dans lequel se déroule cette activité récréative. Cette activité exclut toute commercialisation. |
| | **Pêche de loisir** | Activité de capture des animaux aquatiques dans leur milieu naturel. Cette activité exclut toute commercialisation. |
| | **Sports de nature** | Aménités apportées aux êtres humains par la réalisation d'activités sportives réalisées en milieux naturels et semi-naturels. |
| | **Tourisme de nature** | Forme de tourisme pour laquelle la motivation principale est l'observation et l'appréciation de la nature. Elle inclut les activités de loisirs qui peuvent avoir un caractère sportif. Le chant des oiseaux, du bruit de l'eau et du feuillage, la vue de la verdure ont des effets positifs sur la psychologie de l'être humain. |

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. Le tableau présente le lien établi entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

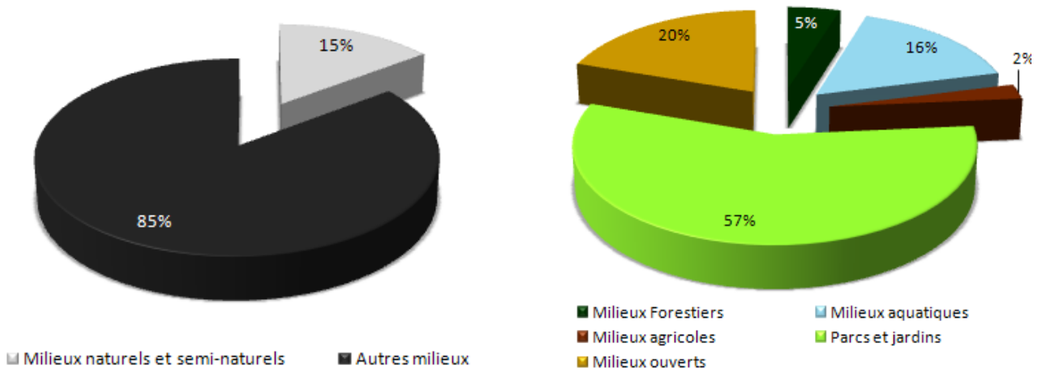
Le lien entre milieux et services, présenté dans le tableau qui suit, permet une automatisation des résultats. Néanmoins, les milieux d'une même sous-catégorie peuvent apporter des services légèrement différents (par exemple, la chasse n'est pas pratiquée dans tous les espaces boisés, …). Ceci sera détaillé lors de l'étude précise des impacts (voir section suivante).

**Liens entre milieux (semi)naturels et services écosystémiques**

| Services écosystémiques | | Milieux | Milieux forestiers | | Milieux aquatiques | | | Milieux agricoles | | | | | Parcs et jardins | | Milieux ouverts | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Espaces boisés | Plantations | Zones humides | Eau | Plan d'eau | Cultures | Cultures intensives | Cultures spécialisées | Jardins familiaux | Vergers | Jardins | Parcs urbains | Friches | Prairies | Terrains vacants | Vacant rural |
| APPROVISIONNEMENT | Production agricole | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | ■ | | | | | | |
| | Cueillette terrestre | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| | Récolte de bois | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| REGULATION | Ecrêtement des crues | | | | ■ | | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Soutien d'étiage | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Autoépuration de l'eau | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Purification de la qualité de l'air | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Régulation du climat global | | ■ | ■ | | | | | | | | ■ | | ■ | | | | |
| | Régulation du climat local | | ■ | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Contribution à la pollinisation | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| SOCIO-CULTUREL | Paysage | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Chasse | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Pêche de loisir | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Sports de nature | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Tourisme et loisirs de nature | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | | | | |

### 1.15.1.1 Analyse des milieux (semi)naturels à l'origine de services écosystémiques

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de **646,0 ha** soit 15 % environ de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.




**Proportions de milieux (semi)naturels au sein du fuseau d'étude**

Parmi les milieux (semi) naturels recensés, les **milieux forestiers**, exclusivement représentés par des espaces boisés n'occupent que 5% des espaces (semi)naturels du fuseau d'étude. Ils se concentrent principalement dans la commune de Noisy-le-Grand à proximité du parc de la Butte verte. Les **milieux agricoles** sont peu représentés (2% de la superficie du fuseau d'étude). Seules quatre exploitations de culture intensive sous serre (horticulture) sont recensées. Plus de 90% des milieux agricoles correspondent à des jardins familiaux majoritairement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs et à l'origine du service de cueillette terrestre. Les **milieux ouverts** représentent environ 20% de l'ensemble des milieux (semi)naturels et sont majoritairement représentés par des terrains vacants. Les **milieux aquatiques**, représentant 16% des milieux (semi)naturels du tronçon, concernent majoritairement la Seine et la Marne.

Enfin, plus de la moitié des milieux (semi)naturels (soit 57%) correspondent à des **parcs et jardins** principalement représentés par des parcs communaux dont les plus étendus sont le parc de la Butte verte (dont 19 ha sont inclus dans le fuseau d'étude), le parc des Hautes-Bruyères (dont 17 ha sont inclus dans le fuseau d'étude) ou encore le parc départemental du plateau (dont 16,6 ha sont inclus dans le fuseau d'étude).

**Milieux (semi)naturels recensés au sein du fuseau d'étude**

| Catégories | Surface (ha) | Sous-catégories | Surface (ha) |
|---|---|---|---|
| Milieux forestiers | 33,4 | Espaces boisés | 33,4 |
| | | Plantations | 0,0 |
| Milieux aquatiques | 104,3 | Zone humide | 0,0 |
| | | Eau | 101,8 |
| | | Plan d'eau | 2,5 |
| Milieux agricoles | 16,3 | Cultures | 0,0 |
| | | Cultures intensives | 1,3 |
| | | Cultures spécialisées | 0,0 |
| | | Jardins familiaux | 15,0 |
| | | Vergers | 0,0 |
| Milieux ouverts | 127,3 | Friche | 4,3 |
| | | Prairie | 38,9 |
| | | Vacant rural | 16,0 |
| | | Terrain vacant | 68,1 |
| Parcs et jardins | 364,7 | Jardins | 39,0 |
| | | Parcs urbains | 325,7 |

### 1.15.1.2 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude

Les milieux (semi)naturels présentés précédemment sont à l'origine de services écosystémiques rendus dans le fuseau d'étude. Comme explicitée dans la méthodologie, l'association entre les milieux (semi)naturels et les services qu'ils rendent n'est pas automatisée : chaque service écosystémique est associé à un milieu selon ses caractéristiques locales. C'est pourquoi certains services (récolte de bois, chasse, …) se voient affecter une surface nulle bien que les milieux potentiellement à l'origine de ces derniers sont présents sur la zone d'étude.

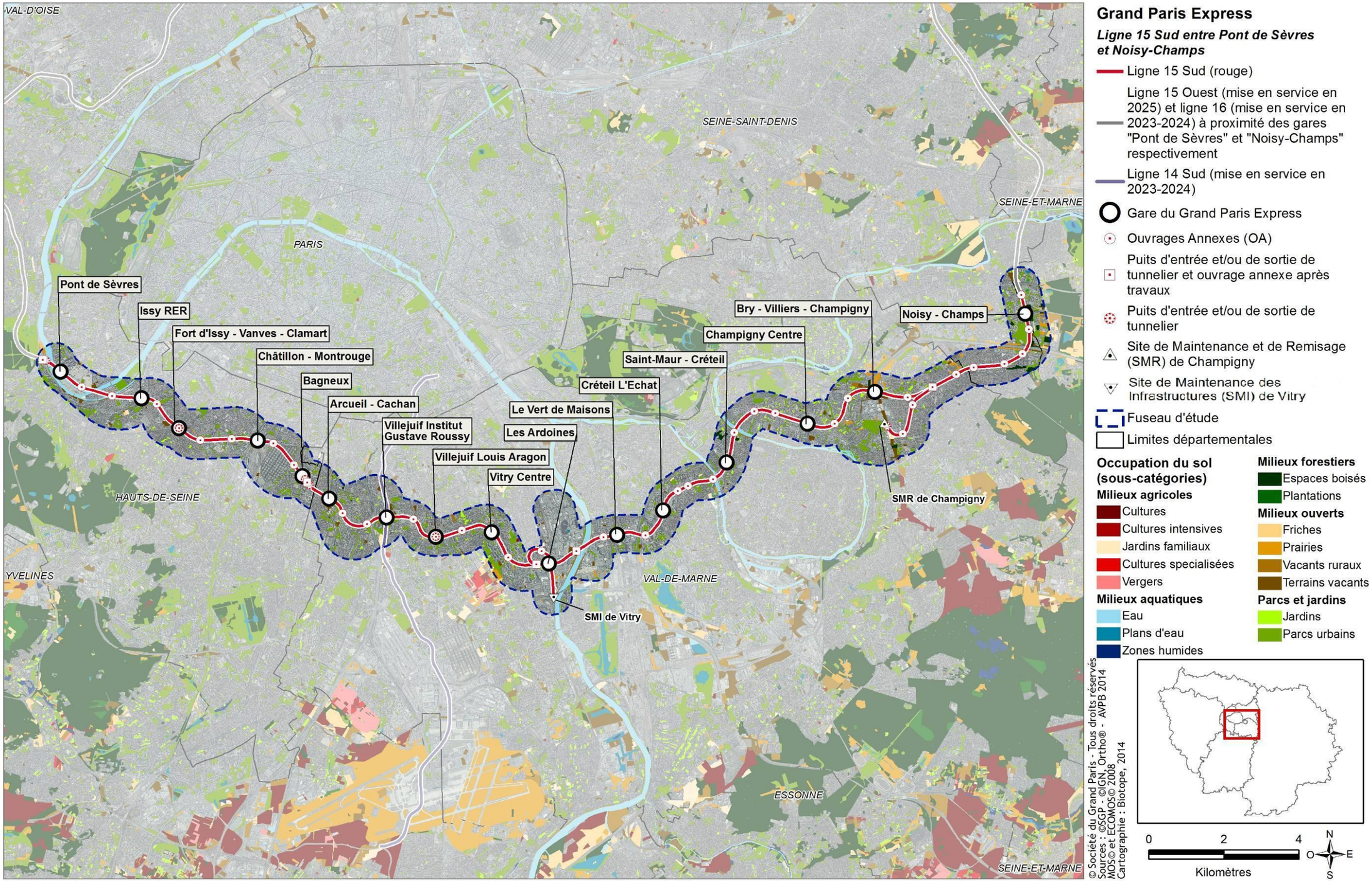
**Surface (en ha) impliquée dans la production de chacun des services écosystémiques identifiés comme potentiellement présents au sein du fuseau d'étude**

| Services écosystémiques / Milieux | | Milieux forestiers | | Milieux aquatiques | | | Milieux agricoles | | | | | Parcs et jardins | | Milieux ouverts | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Espaces boisés | Plantations | Zones humides | Eau | Plan d'eau | Cultures | Cultures intensives | Cultures spécialisées | Jardins familiaux | Vergers | Jardins | Parcs urbains | Friches | Prairies | Terrains vacants | Vacant rural |
| APPROVISIONNEMENT | Production agricole | | | | | | 0 | 1,3 | 0 | | 0 | | | | | | |
| | Cueillette terrestre | | | | | | | | | 15 | | | | | | | |
| | Récolte de bois | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| REGULATION | Ecrêtement des crues | | | 0 | | 2,5 | | | | | | | | 4,3* | 38,9* | 68,1* | 16* |
| | Soutien d'étiage | | | 0 | 101,8 | 2,5 | | | | | | | | | | | |
| | Autoépuration de l'eau | | | 0 | 0 | 2,5 | | | | | | | | | | | |
| | Purification de la qualité de l'air | 33,4 | 0 | 0 | | | | | | | 0 | 39 | 325,7 | | | | |
| | Régulation du climat global | 33,4 | 0 | | | | | | | | 0 | | 325,7 | | | | |
| | Régulation du climat local | 33,4 | 0 | | | | | | | | 0 | 39 | 325,7 | | | | |
| | Contribution à la pollinisation | | | | | | | | | | | 39 | 325,7 | 4,3 | 38,9 | 68,1 | 16 |
| SOCIO-CULTUREL | Paysage | 33,4 | 0 | 0 | 101,8 | 2,5 | 0 | 1,3 | 0 | 15 | 0 | 39 | 325,7 | 4,3 | 38,9 | 68,1 | 16 |
| | Chasse | 0 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | Pêche de loisir | | | 0 | 101,8 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | Sports de nature | 33,4 | | 0 | 101,8 | 2,5 | | | | | | | 325,7 | 4,3 | 38,9 | 68,1 | 16 |
| | Tourisme et loisirs de nature | 33,4 | | 0 | 101,8 | 2,5 | | | | | | | 325,7 | | | | |

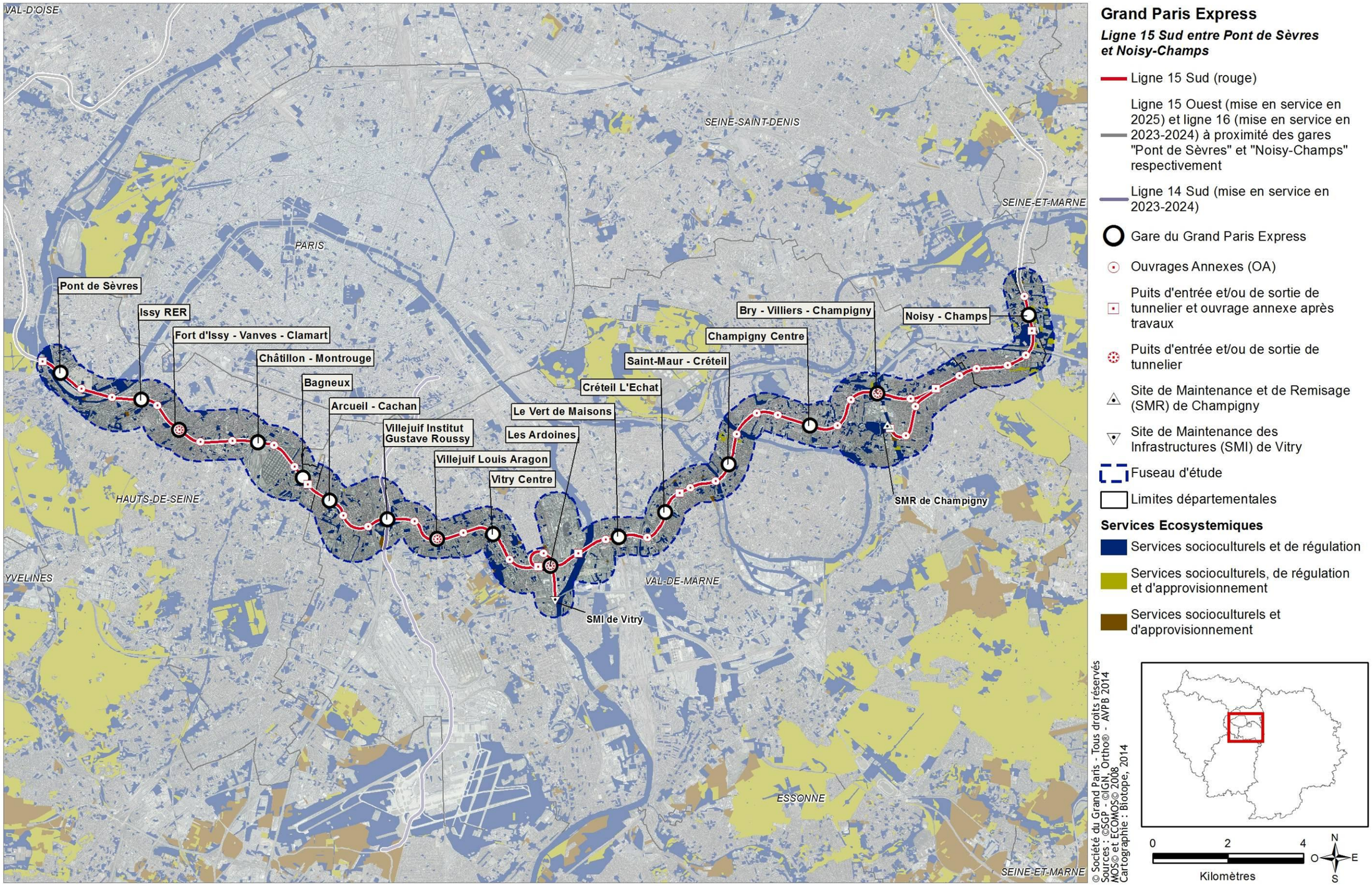
Les valeurs indiquées dans ce tableau peuvent différer de celles du tableau de la page précédente qui présente les surfaces brutes obtenues par extraction des informations contenues dans le MOS. Le tableau ci-dessus est quant-à lui obtenu après traitement des données brutes pour obtenir les surfaces des milieux pour lesquels l'existence des services rendus a été vérifiée.

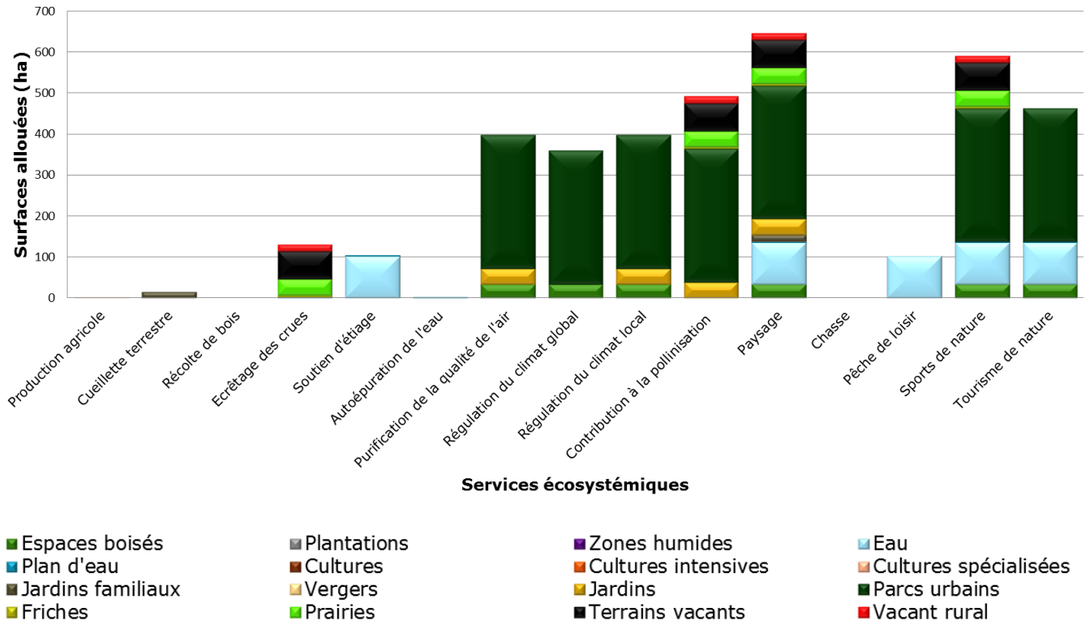
* Les valeurs indiquées sont les superficies maximales présentent en raison de l'absence de données homogènes à l'échelle du sein du fuseau d'étude.

**Typologie d'occupation du sol par sous-catégories retenues pour l'étude des services écosystémiques**



## Services écosystémiques rendus par les milieux (semi)naturels du fuseau d'étude






**Surfaces en hectares relatives aux services écosystémiques fournis par les différents milieux (semi)naturels du fuseau d'étude**

La fourniture de **services d'approvisionnement** par les milieux (semi)naturels est limitée au sein de la Ligne 15 Sud. Seules 4 parcelles de culture intensive sous serre ont été identifiées au travers du MOS, totalisant une surface de 1,3 ha. Par ailleurs et bien que représenté sur une faible superficie, le service de cueillette terrestre rendu par 12 jardins familiaux principalement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (FNJFC), est à souligner. En effet, et au-delà du service d'approvisionnement, ces jardins familiaux jouent un rôle social indéniable auprès des habitants et est un support à la sensibilisation au lien qu'il existe entre la santé, la nutrition et la protection de l'environnement. Le service de récolte de bois n'est, quant-à-lui, rendu par aucun milieux (semi)naturel au sein du fuseau puisque qu'ils ne font pas l'objet d'une exploitation.

A l'échelle du fuseau d'étude, la Seine et la Marne sont les principaux milieux aquatiques participant aux **services de régulation**. Les mares et zones humides présentent dans le fuseau d'étude, et notamment les mares localisées au sein des parcs de la Butte Verte ou des Hautes Bruyères participent également aux services de régulation. Parmi les services de régulation, la Seine et la Marne jouent notamment un rôle de soutien d'étiage mais participent peu à l'épuration des eaux à cause du taux d'artificialisation élevé de leurs berges. *A contrario*, alors que très peu de milieux aquatiques participent au service d'écrêtement des crues au sein du fuseau d'étude, les milieux ouverts jouent, selon leur situation géographique, un rôle en termes d'écrêtage des crues limitant ainsi les risques liés aux inondations. C'est notamment le cas des prairies et terrains vacants situés à proximité de la Seine et inclus dans les zones historiquement inondées par les plus hautes eaux connues (communes de Sèvres, Boulogne-Billancourt, Meudon, Issy-les-Moulineaux, Vitry-sur-Seine, etc.). De même, les prairies et terrains vacants à proximité de la Marne sont situés en zone inondable (communes de Saint-Maur-des-Fossés et de Champigny-sur-Marne). Ces milieux permettent un stockage temporaire de l'eau en période de crue. D'autre part, il est important de souligner que les parcs urbains et les espaces boisés participent aux services de régulation par une amélioration du cadre de vie des citoyens (purification de l'air et régulation du climat local et global). Ils contribuent également à la diversité et à l'abondance des insectes pollinisateurs qui pourront, à leur tour, favoriser les services d'approvisionnement dans des milieux limitrophes.

Ces mêmes milieux contribuent à favoriser le bien-être humain en fournissant un certain nombre de **services socioculturels**, très prisés notamment dans un contexte urbain marqué. Propices à la pratique d'activités sportives et touristiques de plein air, les parcs urbains et espaces boisés représentent des lieux de détente. Ils sont également considérés comme de véritables « cœurs verts » en contexte urbain contribuant ainsi à l'embellissement du paysage. Parmi les milieux aquatiques, la Seine et de la Marne sont des supports à l'activité de pêche de loisir (notamment cyprinidés et carnassiers). Cette activité est encadrée par la fédération interdépartementale de pêche des départements de Paris (75), Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93) et Val-de-Marne (94). Les autres milieux aquatiques, ponctuellement représentés par les plans d'eau, ne sont pas supports à ce service.

**Les parcs urbains sont les milieux (semi)naturels les plus représentés au niveau de la Ligne 15 Sud (57 % des milieux (semi)naturels). Dans un contexte urbain particulièrement dense, ces milieux constituent de véritables « poumons » en cœur de ville, tant pour la qualité de l'environnement de vie des citoyens (apport de services de régulation) que pour les activités sociales qu'ils génèrent (services socioculturels). Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis pas ces milieux.**

## 1.15.2 Impacts et mesures en phase chantier et exploitation concernant les services écosystémiques

### *1.15.2.1 Milieux (semi)naturels impactés par le projet*

L'analyse qui suit est basée sur le postulat que seuls les milieux dégradés en phase chantier ou exploitation voient leurs services écosystémiques impactés par le projet. Cette dégradation est la conséquence de l'emprise au sol du tracé et des éléments connexes.

En phase chantier, la superficie totale des milieux (semi)naturels impactés est inférieure à 20 ha, soit moins de 5 % de la surface totale des milieux (semi)naturels inclus dans le fuseau d'étude. Les milieux (semi)naturels les plus impactés sont les parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau et notamment les parcs départementaux des Hautes-Bruyères et du Plateau ainsi que les boisements et notamment les boisements situés dans le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs puis dans une moindre mesure les terrain vacants et autres milieux ouverts.

En phase d'exploitation, la superficie impactée est moindre qu'en phase exploitation mais la répartition des milieux impactés en phase exploitation suit celle des milieux impactés en phase chantier.

### *1.15.2.2 Services écosystémiques impactés par le projet*

Durant la **phase chantier**, les services d'approvisionnement rendus par les jardins familiaux ainsi que les services socioculturels et de régulation sont impactés par le projet. Ceux fournis par les parcs urbains et les boisements sont les services majoritairement dégradés. Ces impacts conduisent à une diminution des surfaces propices à la pratique d'activités sportives et de plein air ainsi qu'à une diminution des surfaces améliorant le cadre de vie des citoyens par une purification de l'air et une régulation du climat local et global. Néanmoins, cet impact s'élève à moins de 5 % de la superficie totale des parcs urbains disponibles par les citoyens. D'autre part, la dégradation de ces services ne sera que temporaire si des mesures de restauration des milieux (semi)naturels impactés prises suite aux travaux de construction du métro. En ce qui concerne les boisements, les impacts induits par le projet sont concentrés au niveau du secteur d'aménagement de la gare de

Noisy-champs qui concentre plus de 10 % des surfaces boisées à l'échelle du fuseau d'étude notamment en raison de son caractère urbanisé.

A noter qu'un phénomène de report vers des milieux (semi)naturels à proximité (phénomène considéré comme limité compte tenu du contexte urbain de ce tronçon) pourrait être envisagé pour compenser les pertes temporaires des services socioculturels.

En **phase d'exploitation**, les impacts sont très limités. Les services impactés sont globalement identiques en phases exploitation qu'en phase chantier mais dans une moindre mesure.

### *1.15.2.3 Services d'approvisionnement impactés par le projet*

Seul le service d'approvisionnement rendu par les jardins familiaux sera impacté par le projet. Parmi les jardins familiaux présents à l'échelle du fuseau d'étude, le terrain définit comme « Jardin familial » par le MOS et impacté par le projet est une propriété de l'Etat gérée par l'AFTRP (Agence Foncière et Technique de la région Parisienne) pour lequel aucune convention d'occupation précaire n'a été délivrée. La quantification du service de cueillette terrestre n'a donc pas été réalisée.

### *1.15.2.4 Services de régulation impactés par le projet*

Seuls les services d'écrêtage des crues, de purification de la qualité de l'air, de régulation du climat et de contribution à la pollinisation seront impactés par le projet. Toutefois, parmi ces services, seul le service de régulation du climat global a pu être quantifié, faute de données disponibles pour les autres. Il est donc le seul service à être détaillé dans ce paragraphe.

**Impacts du projet sur le service de régulation du climat global**

Au sein du fuseau d'étude, les espaces boisés et renseignés par l'IFN correspondent principalement au parc de la Butte Verte. Les autres milieux participant au service de régulation du climat global correspondent aux espaces boisés et parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau d'étude. Pour ces milieux, un coefficient de recouvrement du sol par des arbres de 30 % a été appliqué.

L'ensemble de ces milieux participent au **stockage d'environ 35 000 t de $CO_2$**.

**Calcul du stock de $CO_2$ par les milieux forestiers de la Ligne 15 Ouest**

| Essence | Surface (ha) | Biomasse sur pied ($m^3$) | Densité | Quantité de bois (t) | Quantité de carbone (t) | Quantité de $CO_2$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Châtaignier | - | 588 | 620 | 466 | 222 | 820 |
| Chêne | - | 3 381 | 690 | 2 887 | 1 419 | 5 249 |
| Frêne | - | 522 | 690 | 461 | 219 | 811 |
| Pins | - | 21 | 530 | 14 | 7 | 25 |
| Autres | - | 809 | 700 | 725 | 344 | 1 273 |
| Milieux hors IFN | 325,3 | - | - | - | - | 27 078 |
| | | | | | **TOTAL** | **35 256** |

Les impacts en phase chantier et exploitation liés au projet sont faibles sur le service de régulation du climat global. En effet, leur valeur est inférieure à 5%.

### *1.15.2.5 Services socioculturels impactés par le projet*

Seuls les services socioculturels rendus par les parcs urbains et les milieux boisés sont impactés par le projet. Ils sont donc les seuls à être détaillés dans ce paragraphe.

Les services socioculturels fournis par les parcs urbains et les milieux boisés peuvent notamment être évalués à travers l'estimation de la densité d'espaces verts communale par habitant. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Densités d'espaces verts par habitant actuelle et variations induites par le projet en phase chantier**

| Communes | Densité d'espaces verts par habitant ($m^2$ /habitant)* | | Gare Grand Paris |
|---|---|---|---|
| | Densité Actuelle ($m^2$/hab) | Variation maximale en phase chantier (%) | |
| Alfortville | 3,2 | - | Le Vert-de-Maisons |
| Arcueil | 6,5 | - | |
| Bagneux | 11,2 | < 5 % | Châtillon-Montrouge ; Bagneux |
| Boulogne-Billancourt | 4,8 | - | Pont-de-Sèvres |
| Bry-sur-Marne | 17,4 | - | |
| Cachan | 9,4 | < 5 % | Arcueil-Cachan |
| Champigny-sur-Marne | 15,4 | < 5 % | Champigny Centre ; Bry/Villiers/Champigny |
| Champs-sur-Marne | 131,6 | < 1 % | Noisy-Champs |
| Choisy-le-Roi | 15,3 | - | |
| Châtillon | 6,2 | - | Châtillon-Montrouge |
| Clamart | 49,0 | - | Fort d'Issy/Vanves/Clamart |
| Créteil | 13,2 | < 1 % | Créteil L'Echat |
| Emerainville | 326,4 | - | |
| Issy-les-Moulineaux | 6,1 | < 1 % | Issy RER |
| Joinville-le-Pont | 10,4 | - | |
| L'Haÿ-les-Roses | 16,4 | - | |
| Le Kremlin-Bicêtre | 2,6 | - | |
| Maisons-Alfort | 7,8 | - | Le Vert-de-Maisons |
| Malakoff | 4,4 | < 5 % | |
| Meudon | 111,2 | - | |
| Montrouge | 2,8 | - | Châtillon-Montrouge |
| Noisy-le-Grand | 55,3 | < 5 % | Noisy-Champs |
| Saint-Maur-des-Fossés | 4,6 | < 1 % | Saint-Maur Créteil |
| Sèvres | 50,7 | < 1 % | |
| Vanves | 6,1 | - | |
| Villejuif | 7,6 | < 10 % | Villejuif IGR ; Villejuif Louis Aragon |
| Villiers-sur-Marne | 8,5 | < 1 % | Bry/Villiers/Champigny |
| Vitry-sur-Seine | 7,8 | < 1 % | Vitry Centre ; Les Ardoines |

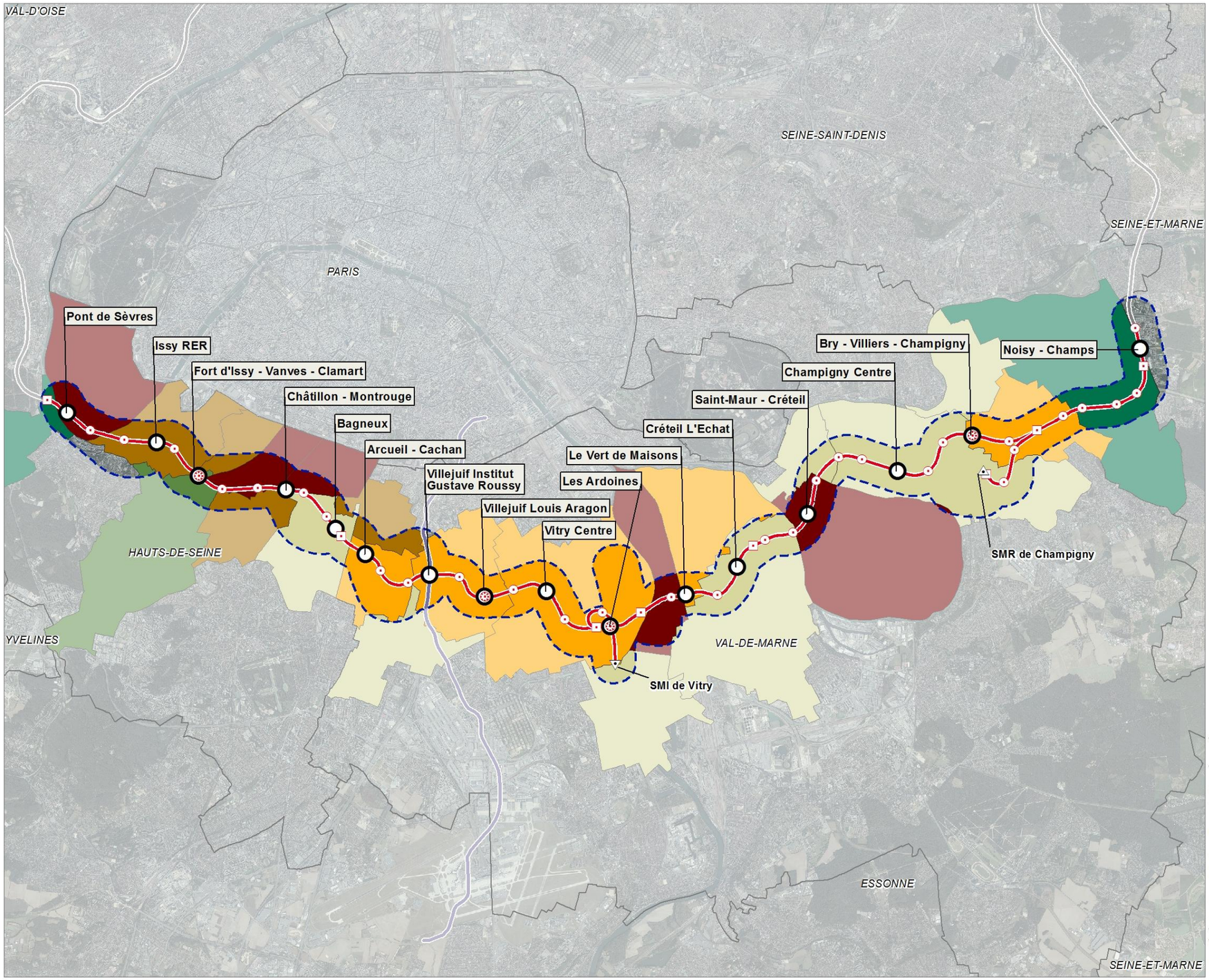
** Les densités qui ne varient pas significativement par rapport à la densité de référence ne sont pas indiquées pour faciliter la lecture du tableau.*

La moitié des communes du fuseau d'étude sont déficitaires en espaces verts (densité inférieure à 10 m²/hab) du fait d'une urbanisation très dense. La faible superficie à l'échelle locale des espaces verts fait qu'il revêtent une grande importance pour les habitants. *A contrario*, six communes, à savoir Champs-sur-Marne, Clamart, Emerainville, Meudon, Noisy-le-Grand et Sèvres ont une densité d'espaces verts supérieure à 25 m²/hab. De telles densités s'expliquent par la présence de nombreux espaces verts de très grandes superficies, en particulier le Parc de Champs, le bois de Clamart, le bois de Célie, la forêt domaniale de Meudon ou encore le parc de la Butte Verte.

En phase chantier et exploitation, aucune diminution significative de la densité d'espaces verts n'est prévue sur l'ensemble du tronçon de la Ligne 15 Ouest (la diminution de la densité d'espaces verts est toujours nettement inférieure à 5 % à l'exception de la commune de Villejuif ou la diminution est inférieure à 10 %). **L'impact de l'emprise chantier du projet sur les espaces verts est donc faible.**

Soulignons par ailleurs que l'implantation de toutes gares sera accompagnée par l'aménagement d'espaces verts. Ainsi les communes actuellement déficitaires en espaces verts verront probablement cette densité légèrement augmenter à la suite de la phase de travaux. Néanmoins, il n'est, à ce stade de l'étude, pas envisageable de quantifier le gain issu de tels aménagements.

## Densités en espaces verts des communes traversées par le fuseau d'étude

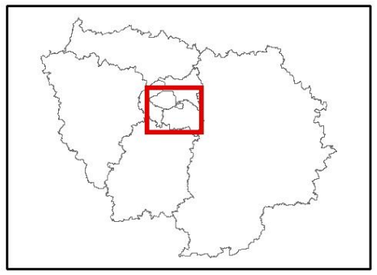



### Grand Paris Express

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
©BD TOPO IGN - INSEE
Cartographie : Biotope, 2014



0 2 4 N O E S

Kilomètres

#### *1.15.2.6 Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser*

L'ensemble des mesures de réduction proposées dans le cadre du volet « Milieux naturels et Paysager » sont compatibles avec les enjeux identifiés au travers de l'étude des services écosystémiques, notamment :

- Limiter l'emprise du chantier ;
- Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles ;
- Remise en état du sol après travaux ;
- Maintien des continuités écologiques ;
- Entretien des sites naturels après remise en état.

Par ailleurs, un phénomène de report vers des milieux (semi)naturels à proximité (phénomène considéré comme limité compte tenu du contexte urbain de ce tronçon) pourrait être envisagé au travers d'une signalisation adaptée pour compenser les pertes temporaires des services socioculturels.

### 1.15.3 Coûts liés aux mesures correctives

Aucune mesure d'évitement, de réduction et de compensation ne sont proposées en plus de celles figurant dans la partie milieu naturel. Pour les coûts des mesures, se référer au paragraphe « Faune – Flore – Habitats naturels ».

### 1.15.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux services écosystémiques

Sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent environ 15 % de la superficie totale du fuseau d'étude soit 646 ha. Le tronçon est donc très urbanisé.

La nature en milieu urbain joue de multiples rôles. Refuges pour un grand nombre d'espèces, ces écosystèmes constituent des espaces relais, du point de vue de la fonctionnalité des trames vertes et bleues. Ils contribuent par ailleurs à l'abaissement de la température, à l'évapotranspiration, atténuent les îlots de chaleur urbains, permettent des économies d'énergie, la séquestration du carbone, la dépollution de l'air et la réduction des niveaux sonores. Enfin, ces espaces participent à un ensemble d'aménités et de services socioculturels (la détente, la découverte de la nature, les activités ludiques et sportives, etc.) témoignant de la richesse de leurs valeurs sociales et favorisant convivialité et mixité sociale. Les attentes en matière de nature en ville et de sensibilité à l'égard du vivant témoignent d'ailleurs très clairement de ce désir de nature en ville.

**Les travaux présentés ici soulignent un impact faible du projet du Grand Paris sur les milieux recensés au sein du fuseau d'étude et donc sur les services écosystémiques qu'ils génèrent**.

En effet, les jardins familiaux à l'origine des services d'approvisionnement ne seront pas affectés à l'exception d'un jardin familial qui sera impacté en phase chantier par le projet. L'impact sur ce jardin n'a toutefois pas été évalué en raison de l'absence de convention d'occupation précaire.
Les parcs urbains, milieux (semi)naturels les plus représentés sur le fuseau d'étude (57 % des milieux (semi)naturels) seront les plus impactés par le projet en phases chantier et exploitation, notamment les petits parcs et espaces verts disséminés dans le fuseau d'étude. Cependant, l'étude réalisée met en évidence des niveaux d'impact relativement faibles et majoritairement temporaires (phase chantier). Ainsi, concernant les services de régulation rendus par ces milieux, et celui de régulation du climat global notamment, seuls de faibles effets ont été révélés par cette étude car l'emprise du projet reste très limitée en surface.

**Les enjeux actuels sont donc limités, en matière d'atteinte aux services écosystémiques. En outre, la construction du métro devrait améliorer l'accessibilité de certains parcs favorisant ainsi l'ensemble des services socio-culturels. Par ailleurs, le projet devrait tendre à une diminution de l'étalement urbain réduisant ainsi les risques de voir disparaître des milieux (semi)naturels, à la faveur de l'expression des services écosystémiques rendus sur le territoire francilien.**

**Impacts et mesures d'accompagnement – Services écosystémiques**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER** | Services d'approvisionnement très limités | Aucun impact sur les services d'approvisionnement | Se reporter au chapitre relatif aux milieux naturels |
| | Services de régulation portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.) et les milieux ouverts présents à proximité de la Seine | Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains | |
| | Services socioculturels portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.) | Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Services d'approvisionnement très limités | Aucun impact sur les services d'approvisionnement | |
| | Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc Rodin, Henri Barbusse, Raspail, etc.) | Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains | |
| | Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains | Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry centre** | Services d'approvisionnement notamment représentés par des jardins familiaux | Aucun impact sur les services d'approvisionnement | |
| | Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.) | Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains | |
| | Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.) | Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains | |
| **Vitry centre – Champigny Centre** | Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux | Aucun impact sur les services d'approvisionnement | |
| | Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.) et les milieux ouverts | Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains | |
| | Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.) | Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains | |
| **Champigny Centre à Noisy-champs** | Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux | Impacts non évalués | |
| | Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.), les milieux ouverts et aquatiques (mares) | Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux boisés et les parcs urbains | |
| | Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.) | Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains | |

*Légende :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Enjeu Faible* | *Enjeu Modéré* | *Enjeu Fort* |
| *Pas d'impact* | *Impact Faible* | *Impact Modéré* | *Impact Fort* |

# 1.16 Agriculture et pédologie

## 1.16.1 Impacts et mesures concernant le milieu agricole

Quatre secteurs à destination agricole ont été identifiés dans l'état initial :

- Situé à 500m du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER
- Situé à plus de 250m du secteur d'aménagement de l'ouvrage Jardin Panoramique
- Situé à proximité immédiate du secteur d'aménagement de la gare Créteil l'Echat mais non inclus dans l'emprise chantier
- Situé à 400m du secteur d'aménagement de l'ouvrage Entrée Rue Louis Marchandise et Avenue Albert Thomas

Ces exploitations ne sont pas en interaction directes avec les secteurs d'aménagement du projet de la Ligne 15 Sud (phase chantier et exploitation). **Au vu de la distance effective entre les zones de culture et les sites d'implantation des ouvrages émergents, le projet ne présente pas d'impact sur l'agriculture.**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est nécessaire dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

## 1.16.2 Impacts et mesures sur les sols - Pédologie

Le projet n'a d'impact sur les sols que dans les zones où il interfère avec la surface du sol. Seules les émergences sont donc concernées. La réalisation du projet engendre la disparition des sols en place au droit des ouvrages émergents et un fort remaniement au droit des zones de travaux.

**Il est cependant faible à nul** compte tenu de la nature des sols concernés : la réalisation de l'état initial a montré que :

- Les sondages géologiques ont montré remblais sont présents en première strate de sous-sol sur la quasi-totalité du tracé : les sols actuels sont donc issus des phases de remblaiement.
- Les sols artificialisés sont également très présents : ces sols sont, soit imperméabilisés (voirie, bâti), soit issus d'aménagement d'espaces verts.
- Les sols naturels identifiés à l'échelle de la Ligne 15sud sont réduits au secteur des gares de Bry-Villiers-Champigny et de Noisy-Champs, où existent encore des espaces naturels boisés de taille significative à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Ces espaces boisés font l'objet de mesures spécifiques de compensation au titre du défrichement décrites dans le chapitre relatif à ce sujet (voir ci-dessus).

Le projet prévoit le réaménagement de certains espaces verts, en particulier au droit des ouvrages annexes dont l'emplacement est initialement un espace vert.

Ce réaménagement ne comporte pas de reconstitution de sol à l'identique car cette opération est impossible : un sol se développe sur plusieurs milliers d'années.

Il comporte cependant au moins un apport de terre végétale et un engazonnement permettant de réamorcer le fonctionnement pédologique.

## 1.16.3 Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Aucune mesure n'est préconisée pour le volet agricole et pédologique. Par conséquent, aucun surcoût au projet n'est à ajouter.

## 1.16.4 Synthèse du volet agriculture et pédologie

Sur l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud, l'impact du projet est faible à nul et aucune mesure spécifique n'est préconisée.

**Synthèse des impacts et mesures concernant l'agriculture et la pédologie**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Agriculture : présence de serres municipales | Aucun impact | Aucune mesure |
| | Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section | | |
| **Issy RER à Arcueil Cachan** | Agriculture : pas d'enjeu sur cette section | Aucun impact | Aucune mesure |
| | Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section | | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble | Aucun impact | Aucune mesure |
| | Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section | | |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Agriculture : Présence de cultures sous serres | Aucun impact | Aucune mesure |
| | Pédologie : Unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible | | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Agriculture : pas d'enjeu sur cette section | Aucun impact | Aucune mesure |
| | Pédologie : Unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible | | |

# 1.17 Paysage, Patrimoine architectural et archéologie

Cette partie traite des impacts et mesures concernant le paysage et le patrimoine protégé à l'échelle du tracé de la Ligne 15 Sud.

Dans un premier temps l'analyse traite des impacts prévisibles du projet sur les sites classés et inscrits, sur les monuments historiques classés et inscrits ou leurs servitudes de protection (périmètre de protection de 500m, périmètre de protection modifié, périmètre de protection adapté ou ZPPAUP le cas échéant). En effet, les codes de l'environnement, du patrimoine et de l'urbanisme prévoient des dispositions particulières pour la préservation de ces sites et monuments, notamment l'intervention des architectes des bâtiments de France, garant de leur préservation. Leur valeur patrimoniale et cette réglementation implique d'avoir une approche spécifique pour ceux-ci.

Ces sites et monuments s'inscrivent également dans un paysage (un territoire perçu par un observateurs par le biais de ses filtres culturaux et sociaux) qu'ils participent à forger. L'analyse des impacts d'un projet sur le paysage passe par l'analyse des modifications éventuelles du territoire (effets visuels, modifications de son fonctionnement) ainsi que par l'analyse des modifications de perception de ce territoire. Dans un second temps, l'analyse des impacts du projet sur le paysage intègre donc l'ampleur des modifications et la cohérence de celle-ci par rapport à la structure et la composition du paysage, mais également par rapport à une perception partagée du territoire.

Enfin, cette partie traite des impacts sur une autre partie du patrimoine culturel protégé éventuellement impacté par le projet et non visible dans le paysage : les vestiges archéologiques.

Considérant que l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud est prévu en souterrain et réalisé en tunnelier, l'évaluation des effets prévisibles du projet sur le paysage et le patrimoine protégé se fera essentiellement à partir du référencement des éléments ponctuels et visibles de l'infrastructure. Ils seront de deux types :

- Les émergences aériennes du réseau qui seront pérennes et dont l'impact est lié aux travaux comme à l'exploitation du réseau :
    - Les gares et les sites de maintenances du matériel roulant ou de maintenance industrielle (SMR et SMI),
    - Les accès pompiers et les puits de ventilation.
- Les installations temporaires liées le phase travaux (puits d'entrées et de sortie des tunneliers, emprises travaux, bases vie, stockage de matériaux, circulation d'engins)

Cette évaluation traduira l'impact de ces éléments ponctuels sur la nature et la configuration des sites, monuments, éléments de paysage et vestiges concernés : contexte (urbain ou naturel), topographie, dégagements visuels, pérennité des éléments protégés…

## 1.17.1 Impacts et mesures sur Patrimoine protégé

### *1.17.1.1 Impact et mesures sur les sites classés et inscrits*

*a. Analyse sur tous les sites du fuseau d'étude*

L'impact sur l'intégrité des sites classés et inscrits est dans un premier temps étudiés si des travaux sont situés à l'intérieur des périmètres protégés. La réglementation prévoit que les modifications de l'état des lieux soient exceptionnelles et soumises à autorisation spéciale et, pour les seconds, soumises à déclaration auprès de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Lorsque le projet est proche, l'impact est indirect et analysé à l'échelle du paysage dans lequel s'inscrit ces sites (cf. chapitre suivant). Cette réglementation n'est pas assortie de la notion de covisibilité.

Le niveau d'impact du projet est apprécié en fonction de l'ampleur des effets du projet par rapport aux caractéristiques du site et mises en perspectives avec les critères ayant prévalus lors de la protection du site et les qualités intrinsèques des sites.

Les deux tableaux ci-dessous synthétisent l'ensemble des impacts sur les sites classés et inscrits au regard des interventions prévues dans le projet.

**Évaluation des impacts du projet sur les sites classés recensés sur le fuseau d'étude**

| Communes concernées | Référence du site classé | Surface (ha) | Impacts prévisibles |
|---|---|---|---|
| Saint-Cloud/Sèvres | Bois de Saint-Cloud et du parc de Villeneuve-l'Etang (N° du site : 6110) | 438.7 | Pas d'intervention prévue sur le périmètre. Le site sera par contre concerné par le tronçon 15 Ouest qui fait l'objet d'une étude d'impact spécifique. |
| Sèvres | Île Monsieur (N° du site : 6125) | 8.8 | Un puits d'entrée de tunnelier ; un ouvrage pour l'exploitation (accès pompiers) et une zone de travaux associée sont prévus sur le site (actuel parking).<br>Le site va donc être impacté pendant les travaux (impacts temporaires) et en phase exploitation.<br>Ce site, classé depuis 1942, a connu des vocations très diverses dans son histoire. Il accueille depuis peu une vaste base nautique qui a entièrement remodelé le site. |
| Sèvres | Domaine de Brimborion (N° du site : 6124) | 12.7 | Pas d'intervention prévue dans ce périmètre. |
| Meudon | Propriété du Monsieur Rodin (Musée Rodin) (N° du site : 1101) | 4.6 | Pas d'intervention prévue dans ce périmètre. |
| Meudon | Parc de la propriété des Tybilles (N° du site : 6083) | 1.9 | Pas d'intervention prévue dans ce périmètre. |
| Meudon | Carrières de craie Arnaudet (souterraines) (N° du site : 7149) | 3.4 | Le tunnel n'entre pas en interaction directe avec ce site et les autres chapitres (géologie, vibrations) démontrent d'incidences |
| Vanves | Parc Frédéric Pic (N° du site : 1101) | 5.3 | Pas d'intervention prévue dans ce périmètre. |

**Évaluation des impacts du projet sur les sites inscrits recensés sur le fuseau d'étude**

| Communes concernées | Référence du site inscrit | Surface (ha) | Impacts prévisibles |
|---|---|---|---|
| Sèvres | Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres<br>(N° du site : 6126) | 4.4 | Ce site n'est pas directement concerné par les travaux mais certains équipements annexes aux installations de chantier de l'ile Monsieur (signalisation, zones de stockage…) pourraient être installés dans ce site. |
| Sèvres/Meudon | Immeubles nus et bâtis<br>Nom usuel : Colline du Brimborion<br>(N° du site : 6091) | 35.2 | Le site est traversé par le tracé sous le pont de Sèvres et sous la route départementale 7.<br>Aucun aménagement émergeant n'est prévu à l'intérieur du périmètre du site, mais certains équipements annexes aux installations de chantier de l'ile Monsieur (station de traitement des eaux, stockages…) pourraient être installés dans ce site. |
| Sèvres/Meudon | Bois de Meudon et Viroflay et leurs abords<br>(N° du site : 6023) | 1430 | Pas d'intervention prévue sur le périmètre. |
| Saint-Maur-des-Fossés | Quartiers anciens<br>(N° du site : 6478) | 7.5 | Pas d'intervention prévue sur le périmètre. (Ouvrage et travaux envisagés à proximité mais hors périmètre) |

*b. <u>Zoom sur le site classé de l'Ile de Monsieur</u>*

Ainsi, un site classé (l'Ile Monsieur) et deux sites inscrits (« Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres » et « Immeubles nus et bâtis ») sont potentiellement impactés par le projet.

Malgré la recherche de solutions alternatives, sur l'Île Monsieur est prévue l'installation d'un ouvrage nécessaire aux travaux de construction du réseau souterrain (puits d'entrée de tunneliers, quai de transbordement, base vies, zones de stockage et de traitement des eaux) et in fine d'un ouvrage pour l'exploitation (accès pompiers et ventilation). Le site risque d'être fortement impacté par le projet.

Les ouvrages sont toutefois prévus sur un parking appartenant à la base nautique qui a récemment remodelé les caractéristiques et composantes du site classé. Un dossier de demande d'autorisation de travaux sur le site classé sera élaboré et la demande sera instruite spécifiquement conformément à la réglementation des sites classés. Les mesures proposées pour réduire les impacts pendant les travaux y seront développés, en assurant la mise en état du site après chantier et l'intégration des ouvrages pérennes.

**Le dossier de demande d'autorisation de travaux en site classé réalisé pour le site de l'Ile de Monsieur concerne donc les travaux prévus dans le cadre de la ligne 15 Sud pour la réalisation d'un ouvrage annexe**.



**Périmètre de protection de l'Ile Monsieur**



**Ile Monsieur (source : site officiel Ile Monsieur)**

Concernant les autres sites, le site inscrit du « Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres » est un espace de transition, principalement occupé par des infrastructures routières ou ferroviaires : tramway (T2), lignes et arrêts de bus, réseaux routiers se partagent les lieux. Il s'étale sur environ 4 ha. Signalé à titre d'information, ce site englobe l'espace public autour du site classé de l'ile Monsieur. **Il pourrait être concerné marginalement (au niveau de la RD7) par la signalétique de chantier et l'aménagement des accès.**

Le site inscrit « Immeubles nus et bâtis » est un espace urbain de transition structuré sur le coteau de Bellevue, entre la Seine, la Colline Brimborion et le Domaine National de Saint-Cloud. Occupé par des immeubles et les berges de Seine, il s'étend sur 35 ha environ. Le Tramway (T2), des routes et réseaux routiers et un espace verts longiligne occupent les bords de Seine relativement artificialisés par ces aménagements**. Ce site pourrait être concerné par des équipements annexes aux installations de chantier principales situées dans le site classé de l'île Monsieur** : installations de traitement des eaux sur les quais, au sud du Pont de Sèvres.

La mise en œuvre de mesures permet de limiter la perception des installations de chantier. Elles s'intégreront dans la composition d'ensemble du site classé de l'île Monsieur sans altérer notablement les vues sur le coteau de Saint-Cloud. Le projet **est donc compatible avec l'image du site et les objectifs de classement.**

Voici quelques orientations qui ont d'ores et déjà été retenues :

- Limitation des emprises et maintien des usages et des capacité d'accueil du site,
- Passage en souterrain (micro tunnelier) entre le puits d'accès au tunnel et le quai de transbordement,
- Maintien de la végétation structurante permettant de filtrer les vues depuis les espaces fréquentés, la rive droite de la Seine ou depuis les monuments historiques,
- Maintien et restauration de la continuité des cheminements,
- Soin particulier dans l'aménagement des palissades de chantier en cohérence avec la palette de couleur utilisé pour l'aménagement du centre nautique,
- Limitation de la signalétique,
- Utilisation de grues de couleur sombres, unies pour éviter qu'elles n'apparaissent en contraste devant la masse boisée sombre et homogène du parc de Saint-Cloud depuis la rive droite et d'aspect soignée (aspect irréprochable, pas de logo, pas de décoration…),
- Installation des tuyaux dans les caniveaux intégrés dans la structure des cheminements,
- Intégration des ouvrages (trappes et grilles de ventilation) dans un principe de réaménagements global du parking de l'ile Monsieur en évitant les éléments saillants (intégration des ouvrages dans des édicules ou dans des mouvements de terrains adaptés).

Les éléments présentés dans le dossier de demande d'autorisation de travaux en site classé, montrent qu'il sera possible d'intégrer les ouvrages dans un parti d'aménagement semblable avec l'aspect actuel du site. Le projet permet donc une restauration du site après la phase chantier.

Ces principes seront intégrés dans les phases ultérieures de conception. L'aspect des ouvrages d'exploitation seront soumis à la validation de l'état lors de l'instruction du dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux nécessaire pour la réalisation des travaux de la ligne 15 ouest.

Au regard des mesures envisagées, de la visibilité de ces installations depuis des sites remarquables (Domaine National de Saint-Cloud) ou très fréquentés (Pont de Sèvres et routes voisines), les impacts du projet sur le site classé de l'Ile Monsieur et les sites inscrits voisins sont modérés en phase travaux et faible en phase exploitation.

**Pour l'ensemble des autres sites classés et inscrits, aucun ouvrage ou travaux de nature à modifier l'état des lieux ne sont prévus dans les périmètres des sites. Le projet n'a donc aucun impact sur l'intégrité patrimoniale de ces sites.**

### *1.17.1.2 Impact et mesures sur les monuments historiques*

L'objectif du réseau de transport public urbain étant de desservir les centralités et les milieux habités, le projet s'approche donc plus ou moins près des monuments historiques protégés.

Le principe qui a prévalu depuis les premières phases d'élaboration du projet, notamment dans le choix du fuseau lors des études préliminaires et plus spécifiquement lors des études d'avant-projet sommaire, est celui de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé. De plus, sur la totalité de la Ligne 15 Sud, le principe de construction en souterrain du réseau de transport public permet de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

*a. Impacts et mesures sur les monuments historiques directement impactés par le projet*

Les périmètres de protection de nombreux monuments historiques classés et inscrits sont traversés et concernés par le passage du réseau de transport public de la Ligne 15 Sud, **toutefois seul trois ouvrages sont susceptibles l'altérer directement un monument historique.**

**Monuments historiques impactés assez directement par le projet**

| Nom | Statut | Commentaires | Impacts prévisibles |
|---|---|---|---|
| **Commune de Cachan** | | | |
| Hôtel de Ville | Inscrit | L'édifice, inauguré en 1935, se compose de volumes de briques couverts de toits terrasses et s'articulant autour d'un beffroi. Il marque l'autonomie de Cachan après sa scission avec Arcueil.<br>L'inscription, par arrêté du 11 mars 2002, protège les façades et toitures, le vestibule des pas perdus ; le grand escalier, la salle de fêtes et mariages et celle du conseil, ainsi que le Square de la Libération et le sol de la parcelle R.181 (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication). | Un ouvrage annexe et la zone de travaux associée sont envisagés sur le square Charles de Gaulles inclus dans la parcelle protégée au titre des monuments historiques.<br>Une partie du monument historique inscrit risque donc d'être altéré. |
| **Commune de Vitry-sur-Seine** | | | |
| Hôtel particulier | Inscrit (façades et toitures) | Situé au 1 rue Edouard Tremblay et datant du XVIIème siècle, bénéficie d'une inscription par arrêté du 10 février 1969. Les éléments protégés sont les toitures et les façades (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication). À la fin des années 80, un bâtiment contemporain a été adossé à l'hôtel particulier et l'ensemble forme la bibliothèque municipale Nelson Mandela de Vitry. | Le projet de gare « Vitry-Centre » se situe sur la parcelle voisine de l'immeuble protégé, les interrelations visuelles seront très fortes |
| **Commune de Maisons-Alfort** | | | |
| Cité HBM du Square Dufourmantelle | Inscrit | La cité date des années 30 et est constituée d'un ensemble de 600 logements sociaux, répartis dans plusieurs bâtiments en brique influencés par l'architecture viennoise du début du XXème siècle. Sur le modèle des cités closes, les bâtiments sont distribués le long d'un grand axe ponctué par un square d'agrément central, de quatre cours principales et de nombreuses cours secondaires reliées les unes aux autres par des porches et des passages voûtés. Située au niveau du Square de Dufourmantelle, la cité est délimitée par la rue Jean Jaurès, la rue de Rome, l'avenue de la Liberté et le | Le projet de gare « Le-Vert-des-Maisons » se situe sous et à côté du monument protégé, les interrelations visuelles seront très fortes et les incidences indirectes doivent être précisées |

| Nom | Statut | Commentaires | Impacts prévisibles |
|---|---|---|---|
| | | square Gabriel-Fauré.<br>Les façades et les toitures de l'ensemble des bâtiments de la cité, ainsi que le sol de la parcelle et la sculpture de Maurice Saulo située au centre des espaces communs bénéficient d'une inscription au titre de monuments historiques par arrêté du 27 Juin 2007. (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication). | |

**Le projet concerne potentiellement trois monuments historiques inscrits.**

**Hôtel de Ville de Cachan**

Dans le cadre de la réalisation de l'infrastructure, deux interventions sont à distinguer :

- Lors du chantier, l'utilisation comme zone de chantier d'une partie du square périphérique,
- Lors de l'exploitation de la ligne, la présence d'un accès pompiers souterrain avec une émergence (grille de ventilation).

L'ensemble de la parcelle étant inscrite, une attention particulière sera prise dans l'élaboration des études concernant l'insertion de l'ouvrage annexe (nivellement, matériaux) et l'occupation du site pendant le chantier. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé au développement du projet notamment pour préciser l'intérêt de la reconstitution du square dans l'esprit du parti d'aménagement actuel très cohérent avec l'architecture de l'Hôtel de Ville.

Le cas échéant, il conviendrait éventuellement de préserver ou déposer les éléments architecturaux du square (préau, statuaire et sol du bassin) afin de permettre une remise en l'état. La réflexion intégrera l'avenir du rand de peupliers constituant la limite du square.

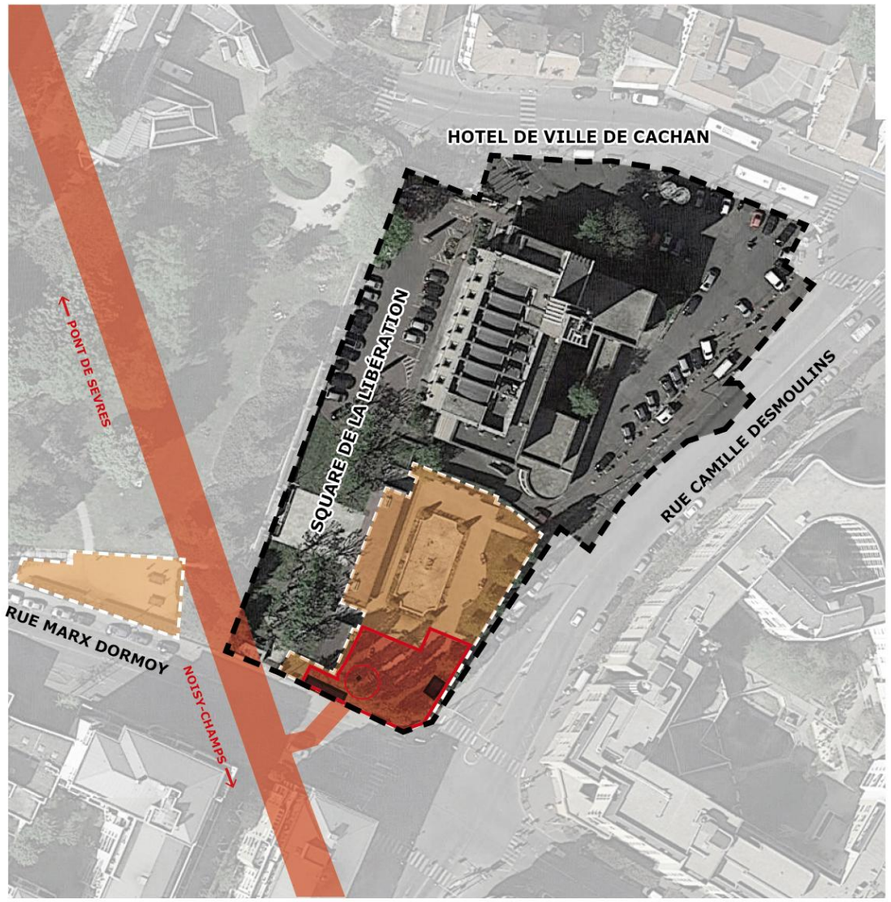
Dans tous les cas le square sera réaménagé en intégrant le nouvel ouvrage au parti d'aménagement.





**Square Général de Gaulle et Hôtel de Ville, Cachan**

**Emprise OA « Square Général de Gaulle »**




Emergences en surface (trappe d'accès, grille de désenfumage)

Emprise protection Hôtel de Ville de Cachan (parcelle cad. R181)

Emprise souterraine de l'ouvrage et des tunnels

Emprise définitive de l'ouvrage (s=~370 m²)

Emprise du chantier (s=~1400 m²)

### Hôtel particulier à Vitry-sur-Seine

Le tunnel passera sous le monument historique inscrit, la gare est construite sur les parcelles voisines, de l'autre côté de la rue Edouard Tremblay. Il n'y a donc pas d'effet direct sur le monument et les éléments protégés (toiture et façades).

Le chapitre spécifique aux vibrations évalue l'incidence du projet sur le monument historique au même titre que sur les autres bâtiments.

Du fait de la proximité des emprises travaux de la gare et du monument historique, les interrelations visuelles seront directes et fortes, notamment durant la phase travaux. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé lors des études opérationnelles. Comme le montre les esquisses du projet de gare ci-après, le projet pourra, en phase exploitation, mettre en valeur le bâtiment avec le réaménagement du Parc du Coteau et la revalorisation de l'usage de la Rue Edouard Tremblay.





**Rue Edouard Tremblay et Hôtel Particulier de Vitry-sur-Seine adossé à la bibliothèque**







Emprise protection monument historique Hôtel Particulier (toitures et façades)
Emprise souterraine de la Gare et des tunnels
Bâtiment à démolir

Emprise protection monument historique Hôtel Particulier (toitures et façades)

**L'emprise sous-terraine de la gare, du parc au-dessus et la localisation du monument historique inscrit**

Le projet n'a pas d'impact direct sur l'hôtel particulier de Vitry-sur-Seine, monument historique inscrit. Les impacts en phase chantier sont modérés au regard de l'intérêt du bâtiment et de l'importance des perspectives existantes. En phase exploitation, la qualité architecturale de la gare, la valorisation de la rue Edouard Tremblay devraient mettre en valeur le monument historique ce qui est un impact positif.

### Cité HBM du Square Dufourmantellle à Maisons-Alfort

Une partie de la Gare sera aménagée en souterrain sous la parcelle, les bâtiments et le square inscrits monuments historiques. Le reste de la gare sera aménagé et émergera de l'autre côté de l'avenue de la Liberté.

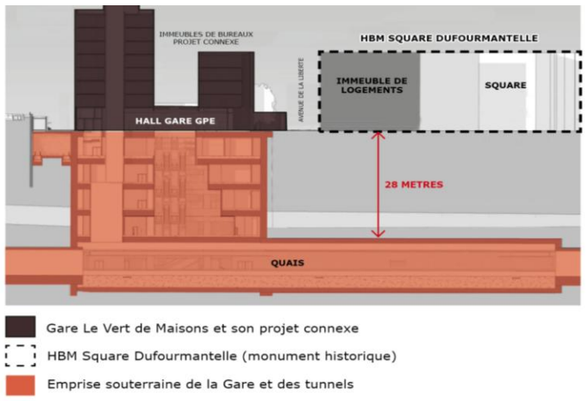
Le projet n'a pas d'effet direct sur la pérennité du monument historique et les impacts liées aux nuisances éventuelles du projet (bruit, vibration…) sont traitées dans les chapitres spécifiques.





**La Cité HBM du Square Dufourmantelle**




Gare Le Vert de Maisons et son projet connexe
HBM Square Dufourmantelle (monument historique)
Emprise souterraine de la Gare et des tunnels

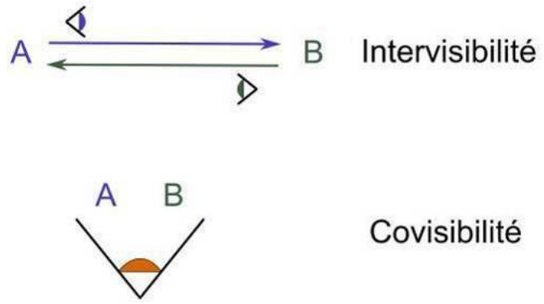
**L'emprise sous-terraine de la station, et la localisation du monument inscrit**

Même si les interrelations visuelles entre le chantier puis la Gare et le monument sont directes et fortes, les impacts en phase travaux puis exploitation sont modérés au regard de la qualité du monument, de la trame urbaine et des perspectives existantes. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé lors des études opérationnelles.

### b. *Impacts et mesures sur les monuments historiques ayant des relations visuelles avec le projet*

La réglementation sur les monuments historiques règlemente la modification des monuments protégés, elle instaure également une servitude afin de maitriser la forme urbaine et l'aspect de l'environnement des bâtiments, afin de préserver une certaine cohérence architecturale et si nécessaire les perspectives monumentales ou la composition dans laquelle s'inscrit le monument.

En complément de l'impact sur la pérennité des monuments historiques, il est donc nécessaires d'évaluer les impacts du projet dans le périmètre de protection des monuments historiques prévu par la réglementation dans l'article L.631-30 du code du Patrimoine (distance de 500 m autour de l'immeuble protégé, ou périmètre de protection modifié PPM). Ces impacts pourront être issus de deux types de relations visuelles qui seront distinguées : le projet (l'ouvrage) est visible depuis le monument et réciproquement (intervisibilité) ou le monument et le projet sont visibles simultanément depuis le lieu précis (covisibilité).




Pour évaluer ces relations visuelles, la méthode utilisée a constitué en premier lieu à analyser la potentialité au moyen d'une pré-analyse cartographique. Cette première analyse a permis de faire apparaître que certaines gares et quelques autres émergences du réseau sont situées dans 31 périmètres de protection de monuments historiques touchés par le fuseau. Toutefois, les particularités topographiques de terrain ainsi que les éléments existants non cartographiés des sites à étudier rendent difficile l'appréciation des possibilités réelles de relations visuelles. Cette première approche a donc a été complétée d'une analyse formelle de terrain *in situ*.

Pour chaque monument dont le périmètre de protection intercepte un élément émergeant du projet (gare, ouvrage…) ou une zone de travaux associée, la potentialité de relations visuelles est mesurée selon un degré de perception forte, moyenne, faible ou inexistante qui concerne aussi bien l'inter visibilité que la co-visibilité.

Le tableau suivant reprend liste des monuments historiques concernés par le tronçon d'ouest en est et permets de préciser l'importance des relations visuelles entre les monuments et les éléments du projet.

Dans la traversée de ces périmètres, la nature et l'importance de l'impact du projet prévu en souterrain sont étroitement liées :

- aux caractéristiques intrinsèques du monument potentiellement impacté et de ses abords (position dominante, végétation existante, tissu bâti environnant, perceptions existantes dans l'environnement actuel…) ;
- aux caractéristiques techniques et architecturales de la gare ;
- à la restructuration urbaine subséquente à la nouvelle centralité créée par la gare, mais qui ne sont pas sous maîtrise d'ouvrage de la SGP (impacts indirects) ;
- aux impacts temporaires de réalisation des travaux.

Les monuments protégés sont généralement situés dans des tissus bâtis denses, dans des sites relativement plats où les perspectives dégagées s'ouvrant sur les futures gares sont extrêmement rares. Pour intervenir dans le champ visuel d'un monument protégé, l'article L621-2 du Code du Patrimoine, il faut que la gare ou les ouvrages annexes soient implantés à proximité immédiate du monument historique protégé ou bien, être situé en position dominante.

**Évaluation des relations visuelles entre les zones de chantier du projet et les monuments historiques**

| Zone de travaux | Monuments | Statut | Covisibilités et intervisibilités | Caractérisation de la relation visuelle |
|---|---|---|---|---|
| Sèvres | | | | |
| OA Ile Monsieur (Puits d'attaque) | Manufacture Royale de Porcelaine (ancienne) | Inscrit | MODEREES | Inter visibilité permise par la proximité de l'ouvrage annexe et du bâtiment de la Manufacture.<br>Inter visibilité modérée, en phase chantier, en fonction de la conservation des arbres situés aux alentours du terrain d'implantation du puits d'attaque.<br>Co-visibilité possible depuis le Pont de Sèvres notamment. |
| Gare « Pont de Sèvres » | Immeuble 11 place de la Libération | Partiellement inscrit | MODEREES | Inter visibilité permise par la réciprocité des vues rive à rive au travers de la Seine, filtrée par la végétation arborée en rive gauche.<br>Co-visibilité possible depuis la rue Troyon.<br>Ce constat pourrait évoluer en fonction du projet réalisé sur l'Île Seguin qui s'interpose mais est pour le moment nue et sans végétation. |
| | Immeuble 17 Grand Rue | Partiellement inscrit | MODEREES | |
| | Collège Arménien | Partiellement Inscrit | MODEREES | |
| | Cristallerie ou Manufacture des Cristaux de la Reine | Partiellement Inscrit | MODEREES | |
| Meudon | | | | |
| OA ZAC SAEM | Maison de plaisance de J.J. Huvé | Classé | AUCUNES | Le monument historique concerné est situé dans un tissu bâti dense et n'a pas de visibilité sur la Seine. |
| Issy-les-Moulineaux | | | | |

| Zone de travaux | Monuments | Statut | Covisibilités et intervisibilités | Caractérisation de la relation visuelle |
|---|---|---|---|---|
| Gare « Issy RER » | Ancien château des Conti | Partiellement inscrit | AUCUNES | L'élément protégé concerne la fontaine aux dauphins située au fond du jardin du 3 rue Marcelin Berthelot. |
| OA Parc Henri Barbusse | Ancien château des Conti | Partiellement inscrit | AUCUNES | L'ouvrage annexe est situé dans le Parc Henri Barbusse (contexte boisé). |
| | Palais des Arts et des Congrès | Partiellement inscrit | AUCUNES | |
| Châtillon | | | | |
| OA Square Malleret Joinville (Malakoff) | Église Notre Dame du Calvaire | Classé | MODEREES | Dans ce contexte urbain, le bd de Vanves (RD 72) ouvre une perspective unique mais bien cadrée entre l'église et l'ouvrage, rendant possible ponctuellement l'inter visibilité et une co-visibilité indirecte. |
| Arcueil et Cachan | | | | |
| Gare « Arcueil-Cachan » | Aqueduc des eaux de Rungis | Inscrit | MODERRES | L'aqueduc est, par sa taille, très marquant dans le paysage urbain, ce qui l'expose à une co-visibilité avec le projet.<br>Toutefois, les possibilités de co-visibilité recherchées sur site sont limitées au quai de la gare RER de Cachan.<br>Celles-ci interviendront donc dans un contexte ferroviaire déjà marqué (gare prévue accolée à l'existante). |
| | Maison Renaissance (Ancien fief des Arcs) | Classé | AUCUNES | Ces édifices et vestiges de taille modeste sont inclus dans des contextes urbains ou boisés qui ne permettent pas de relation visuelle avec la gare dans la mesure où celle-ci ne domine pas en hauteur le bâti du secteur. |
| | Aqueduc Gallo-Romain (restes) | Classé | AUCUNES | |
| | Maison Eyrolles | Inscrit | AUCUNES | |
| | Hôtel de ville | Inscrit | AUCUNES | |
| | Hospice Raspail (Ancien) | Inscrit | AUCUNES | |
| OA Square Général de Gaulle | Maison Eyrolles | Inscrit | AUCUNES | Demeure située en contexte boisé. |
| | Hôtel de Ville | Inscrit | FORTES | L'accès pompier est prévu sur le sol de la parcelle cadastrée R181 et le Square de la Libération protégés avec l'Hôtel de Ville. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes.<br>L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé |
| | Hospice Raspail | Inscrit | AUCUNES | Cet édifice relativement proche de l'accès pompier et de la zone de travaux est relativement bien protégé des relations visuelles grâce à son écrin boisé. De plus, la partie protégée est située à l'intérieur du bâtiment (salle de billard). |
| Villejuif | | | | |
| OA Jules Joffrin | Eglise Saint-Cyr-Sainte-Juliette | Inscrit | AUCUNES | Ouvrage prévu dans une impasse de quartier pavillonnaire isolée du monument. |
| Gare « Villejuif Louis Aragon » | Église Saint-Cyr-Sainte-Juliette | Inscrit | AUCUNES | Projet de gare envisagé sur une avenue encadrée de bâtiments R+2 à R+4 contigus, ne laissant pas de perspective ouverte en direction des monuments protégés. |
| | Ancien hôtel de la Capitainerie des Chasses | Inscrit | AUCUNES | |
| Vitry-sur-Seine | | | | |
| Gare « Vitry-Centre » | Hôtel particulier | Inscrit | FORTES | Le projet de gare est prévu face à l'hôtel particulier, sur le Parc du Coteau. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes.<br>L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé |
| | Église Saint-Germain | Classé | AUCUNE | L'Église bénéficie d'un périmètre de protection modifié qui ne comprend pas le site du projet de gare. |
| Maisons Alfort | | | | |
| Gare « Le Vert-des-Maisons » | Cité HBM du square Dufourmantelle | Inscrit | FORTES | Le projet de gare est prévu en parti sur le sol de la parcelle protégée. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes.<br>L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé |
| | Groupe Scolaire Jules Ferry | Inscrit | AUCUNES | Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet de gare et l'édifice ne permettent pas de relation visuelle. |
| Saint-Maur-des-Fossés - Joinville-le-Pont | | | | |
| OA Impasse Abbaye | Abbaye de Saint-Maur (ancienne) | Classé | AUCUNES | Du site de l'abbaye ne subsiste que les sols, vestiges et substructions qui sont protégés. Le site est aujourd'hui occupé par un espace vert et par différents bâtiments récents, non protégés. Les éléments protégés ne sont pas de nature à entretenir des relations visuelles avec l'ouvrage projeté. |
| | Église Saint-Nicolas | Classé | AUCUNES | Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet d'ouvrage et les édifices ne permettent pas de relations visuelles. |
| | Hôtel de Largentière (ancien) | Inscrit | AUCUNES | Demeure située en contexte boisé. |
| | Château de Parangon | Inscrit | AUCUNES | Le Château de Parangon bénéficie d'un périmètre de protection modifié qui ne comprend pas le site |

| Zone de travaux | Monuments | Statut | Covisibilités et intervisibilités | Caractérisation de la relation visuelle |
|---|---|---|---|---|
| | | | | d'implantation de l'ouvrage annexe. |
| Champigny-sur-Marne | | | | |
| OA Rond-point du Colonel Grancey Champigny | Église Saint-Saturnin | Classé | AUCUNES | Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet d'ouvrage et l'édifice ne permettent pas de relation visuelle. |

A la lecture du tableau précédent, plusieurs secteurs ou monuments protégés sont concernés par des relations visuelles significatives avec les éléments du projet.

Concernant les **installations de chantier et ouvrages dans le site de l'ile Monsieur**, le site a été classé pour la préservation des perspectives vers et depuis le Domaine de Saint-Cloud (bien qu'aucune servitude de protection ne soit associées à ce monument historique). Les impacts sur celui-ci et sur la Manufacture de Porcelaine sont donc très liés aux impacts sur le site classé. L'impact du chantier sur les arbres qui participent à la qualité de la composition est donc particulièrement important notamment en phase chantier. Des mesures spécifiques seront intégrés dans le dossier de demande d'autorisation de travaux dans le site classé (cf. chapitre précédent). En phase exploitation, l'ouvrage intégré dans le site classé, ne devrait plus être perceptibles ou en covisibilité avec les différents monuments historiques.

Au niveau de la gare « Pont de Sèvres », les relations visuelles sont permises par la réciprocité des vues rive à rive au travers de la Seine. Toutefois, la gare est prévue dans un secteur très artificialisé, ne participant pas à la mise en valeurs des monuments (contexte de nœud routier) et quartier en cours de restructuration. L'impact du projet, à la fois pendant les travaux et l'exploitation, sera faible.

En ce qui concerne la gare « Arcueil-Cachan », les possibilités de relations visuelles avec l'ancien aqueduc sont limitées à une co-visibilité indirecte, localisée au niveau des quais de la gare RER, qui sont surélevés par rapport au niveau du terrain naturel. Elles interviennent dans un contexte ferroviaire très marqué. L'introduction d'une nouvelle gare accolée à l'existante n'aura un impact que très faible sur le monument protégé.

Enfin, un projet d'accès pompiers à Malakoff entre potentiellement en co-visibilité indirecte et en intervisibilité avec l'église classée de Châtillon. Il est important de préciser que la partie supérieure des ouvrages annexes est prévue au plus proche du terrain naturel. L'ouvrage devrait donc être très peu perceptible. L'impact concernera donc principalement la phase chantier, avec des impacts qui s'annoncent temporaires (travaux) et pérennes (destruction d'arbres). Au regard de l'éloignement du monument et de l'ouvrage (environ 450 m), les impacts seront très faibles.

À la lecture du tableau précédent, les seuls monuments concernés par des relations visuelles fortes avec les éléments du projet correspondent à ceux pour lesquels une menace sur la pérennité du monument protégé a été étudiée précédemment. Ces monuments seront exposés à une inter visibilité et une co-visibilité directe et immédiate avec le projet, tant en phase travaux qu'en phase d'exploitation.

Par ailleurs quelques monuments présentent des risques de relations visuelles modérées avec le projet, notamment **au niveau de l'Ile Monsieur, de la gare « Pont de Sèvres » et « Arcueil-Cachan » et de manière plus anecdotique au niveau de l'ouvrage annexe à Malakoff.**

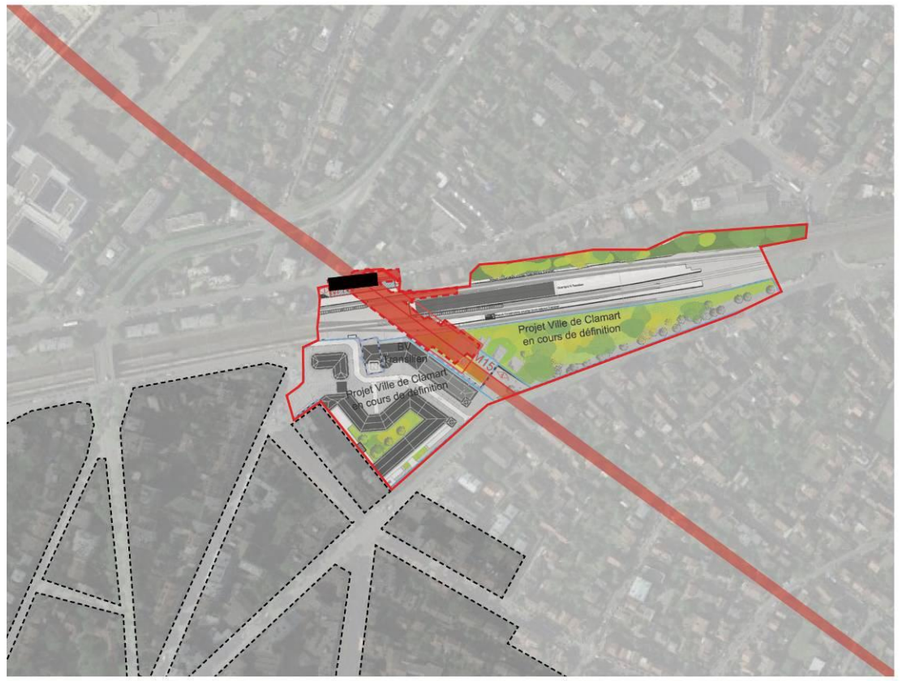
Le gare « Fort-d'Issy-Vanves-Clamart » est situé en limite de la ZPPAUP de Clamart dont le zonage se substitue à la servitude des monuments historiques inclus dans celle-ci. Comme évoqué dans l'état initial les monuments sont situés hors fuseau à plus de 500m. Par ailleurs, la gare étant en dehors de la ZPPAUP, il n'y a pas de servitude sur celle-ci. Enfin, dans le respect de la charte architecturale et paysagère de construction des gares du Grand Paris, le programme architectural de la gare respecte l'identité du quartier protégé préexistant voisin.

### c. *Mesures d'évitement*

Le principe qui a prévalu depuis les premières phases d'élaboration du projet, notamment dans le choix du fuseau lors des études préliminaires, est celui de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

De plus, sur la totalité du projet, le principe de construction en souterrain du métro permet d'éviter l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

Toutefois, du fait de la superposition de nombreuses contraintes et du nombre de monuments historiques présents sur certains secteurs, le principe d'évitement appliqué n'a pas permis de supprimer tous les enjeux liés aux monuments historiques.




**Esquisse du projet de gare par rapport à la ZPPAUP de Clamart**

*d. Mesures de réduction*

Les mesures de réduction ou de suppression d'impact consistent en des préconisations sur l'installation de palissades dans le but de réduire un impact visuel temporaire ou pour la gestion d'autres nuisances identifiées telles que les poussières, le bruit…. liés aux opérations de la phase travaux ou des installations annexes (bases vie, zone de dépôt…).

Afin de limiter les effets en phase d'exploitation, les mesures de réduction consistent en un soin particulier à l'étude architecturale et à l'insertion paysagère de ces émergences. Dès la conception architecturale et le design des équipements, le projet se veut porteur de modernité et de renouveau urbain. Il devra donc s'affirmer dans ce sens, dans le respect de l'existant. Le traitement paysager des abords par plantation de masses boisées lorsque le site est à dominante naturelle et boisée peut y contribuer.

Pour les monuments historiques classés, ces mesures devront être présentées en amont à l'Architecte des Bâtiments de France afin de recueillir son avis sur l'efficacité des mesures proposées et ses préconisations éventuelles. Pour les monuments historiques inscrits, il pourra également être associé. Cette précaution permettra réduire au maximum l'impact du projet sur le patrimoine protégé.

### *1.17.1.3 Coûts liés aux mesures d'accompagnement*

Le coût des mesures est difficilement quantifiable car il est intégré au coût des travaux (effort de conception, recueil en amont de l'avis de l'ABF, cicatrisation du chantier,...). Ce sont des mesures qui jouent sur la qualité du projet et de sa mise en œuvre principalement, sans rajouter de composante au projet.

### *1.17.1.4 Conclusion des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine protégé*

La démarche d'évitement a permis de limiter très fortement les impacts sur les monuments historiques. Toutefois l'ouvrage annexe « Square Charles de Gaulle » est aménagé dans l'emprise du monument historique inscrit, la parcelle attenante à l'Hôtel de Ville de Cachan. Le square sera détruit et pourra être réaménagé à l'issue des travaux.

Les gares de « Vitry-Centre » et « Le Vert de Maisons » seront construites aux abords immédiats de monuments historiques également inscrits. Les projets urbains associés intègrent l'existant et donc la présence de ces monuments.

Certains éléments de projet entre en covisibilité avec des monuments historiques. La démarche d'insertion du chantier et des ouvrages sur le site classé de l'Ile Monsieur permet d'en limiter fortement les effets sur la manufacture royale de porcelaine. L'aménagement de la gare de Pont de Sèvres bien que réalisé dans le champ de covisibilité de plusieurs monuments n'altère par leur monumentalité ni leur perception. A l'inverse, lorsque les travaux seront terminés, le quartier de Pont de Sèvre revalorisé devrait renforcer l'attrait de ce secteur. L'ouvrage du square Malleret Joinville (à Malakoff) ou la gare Arcueil Cachant bien que situés dans l'aire de covisibilité de monuments historiques n'auront que très peu d'effet sur celles-ci et les démarches de conception soignées ou de bonne tenue des chantiers suffiront à limiter leurs impacts.

Enfin concernant les sites classés et inscrits, seul le site classé île de Monsieur est impacté par le projet et fait l'objet d'une demande d'autorisation de travaux. La mise en place de mesure s'intègre dans la composition d'ensemble du site classé de l'île Monsieur sans altérer notablement les vues sur le coteau de Saint-Cloud. Le projet **est donc compatible avec l'image du site et les objectifs de classement du site de l'île de Monsieur.**

### 1.17.2 Impacts et mesures sur le paysage

En matière de paysage, l'analyse des effets du projet consiste en l'analyse des modifications et effets visuels, et éventuellement de la modification de l'identité d'un territoire ou de sa perception.

Les variantes du tracé sont prévues en souterrain, les effets visuels en phase exploitation sont donc majoritairement faibles. Néanmoins, il s'agira d'identifier et d'étudier :

- Les effets visuels en phase chantier, qui seront principalement ponctuels et temporaires ;
- Les effets visuels des émergences de la Ligne 15 Sud qui jalonnent le tracé (gares, ouvrages annexes,...). Ces effets seront permanents mais ponctuels et limités à des vues immédiates compte tenu de leur faible émergence visuelle et du contexte urbain.

Comme pour l'étude des impacts des sites et monuments protégés, il est distingué autant que possible l'étude de l'impact en phase chantier et en phase exploitation

#### *1.17.2.1 Impact généraux en phase chantier*

Le tracé étant en souterrain, les effets visuels en phase travaux sont liés :

- aux emprises nécessaires aux travaux de réalisation des puits, des gares, ouvrages annexes et sites industriels ;
- aux plateformes de stockage des matériaux extraits par le tunnelier;
- aux plateformes de stockage des machines, des outils, etc. ;
- aux locaux dédiés au personnel ;
- à la circulation des engins sur les zones de travaux et sur les voies d'acheminement.

Le contexte étant essentiellement urbain (résidentiel ou industriel), les effets visuels du projet sont souvent limités par la présence des immeubles voisins ou de la végétation (alignements urbains, parcs et jardins…). Toutefois, les travaux s'insérant dans un tissu urbain dense, leurs abords sont généralement très fréquentés et sensibles aux nuisances (bruits, poussières, modification de la circulation…). Ces nuisances traitées spécifiquement dans des chapitres dédiés peuvent cependant agir sur la perception du paysage d'une manière globale (cf. dégradation de l'image de la perception d'un site ou d'un quartier).

Les impacts globaux du projet sur le paysage, en phase chantier sont faibles, localisés au niveau des émergences (gares et ouvrages annexes). Dans certains sites ou secteurs plus sensibles (ensembles remarquables, parcs et jardin …) les impacts en phase chantier peuvent être plus importants. Ils sont spécifiquement détaillés ci-après en parallèle des impacts en phase exploitation.

#### *1.17.2.2 Impacts des gares et des sites industriels (SMR et SMI)*

L'ensemble des gares ont été conçues à partir du **référentiel de conception établi** par la Société du Grand Paris. Il contient en particulier **la Charte d'architecture établi par le cabinet d'architectes Jacques Ferrier** qui décrit le cahier des charges global de l'ensemble des gares.

La Charte permet de formaliser et de partager les ambitions de conception. Elle a été conçue pour offrir plusieurs niveaux de lecture :

- un organigramme général,
- la définition détaillée des objectifs et des principes par thème et par ensemble fonctionnel.

Elle donne trois objectifs fondamentaux s'articulant sur une échelle différente:

- créer à l'échelle de la ville une identité partagée entre la ville et le réseau. L'ensemble des gares se présentent ainsi comme une « collection » de repères,
- concevoir à l'échelle du bâtiment, des gares urbaines, ouvertes sur la ville et les quartiers. La gare est conçu comme un équipement public de proximité capable de connecter le réseau ferré de transports en commun à d'autres modes de transport,
- imaginer à l'échelle de l'homme, des gares humaines, en partant de l'expérience des voyageurs à travers ses perceptions sensorielles.

A ces objectifs fondamentaux répondent quatre objectifs de conception :

- présence affirmée de la gare dans la ville
- parcours intuitif et sensible
- sobriété de l'architecture
- mise en scène de la mobilité

Toutes les gares prennent place dans un contexte urbain qui favorise leur insertion paysagère. La densité du tissu bâti en limitera l'émergence visuelle. Les vues seront limitées aux abords immédiats et rapprochés. Par contre les impacts indirects et notamment la recomposition urbaine autour des gares (impacts indirects du projet) peut induire une mutation des paysages urbains (restructuration, modernisation…). Ils seront notamment évalués au travers des études environnementales menées dans le cadre des CDT. A l'échelle des aires urbaines considérées et de la petite couronne, ces impacts sur le paysage seront toutefois modérés. Ces travaux de recompositions urbaines peuvent être une opportunité de modernisation et de reprise des espaces publiques.

Par ailleurs, le projet de métro visant à assurer des connexions avec le réseau existant, de nombreuses gares du projet sont prévues dans des contextes ferroviaires déjà marqués. C'est le cas des gares suivantes : « Issy RER », « Fort d'Issy-Vanves-Clamart », « Châtillon-Montrouge, « Arcueil-Cachan », « Les Ardoines », « Le Vert-de-Maisons », « Créteil l'Echat », « Saint-Maur-des-Fossés », « Bry-Villiers-Champigny », et « Noisy-Champs ». Ce contexte favorise plus encore l'intégration des gares.

Toutefois, trois sites de gares présentent des enjeux paysagers particuliers soit au regard du contexte patrimonial (gare de « Pont de Sèvres ») soit en raison de la présence d'espaces semi-naturels (parcs urbains) comme à « Villejuif Institut Gustave Roussy » et « Noisy-Champs »

Afin que chacun puisse apprécier les effets des gares, les projets d'aménagement des 17 gares sont présentés à la suite d'Ouest en Est, en développant le projet et en présentant plus particulièrement son impact paysager. Ces projets toujours à l'étude pourront faire l'objet d'ajustement mais ils permettent d'apprécier l'impact général des gares sur le paysage. Cette présentation est complétée par une analyse des sites de maintenance.

### 1.17.2.3 Gare Pont de Sèvres

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

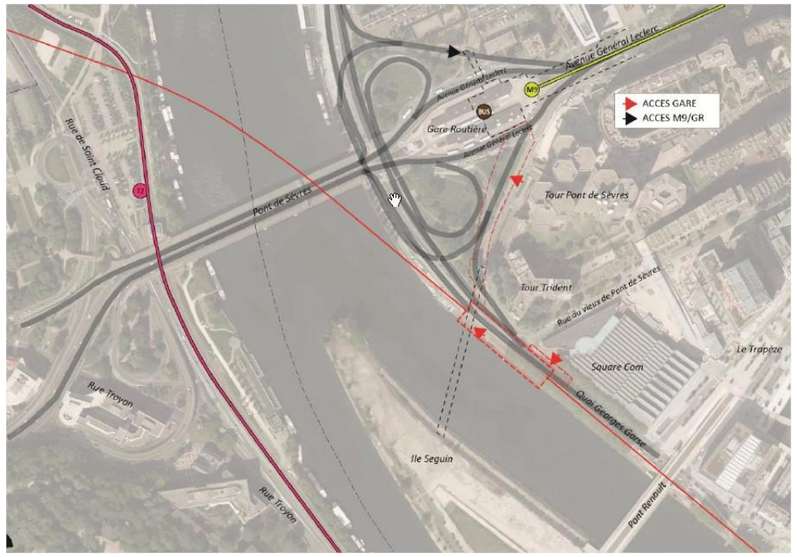
Le terrain de la future gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du GPE est situé à l'ouest de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine. Il est localisé sur la rive droite de la Seine, au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, en limite de Sèvres.

La gare de « Pont de Sèvres » s'inscrit dans un environnement caractérisé par la RD1 et un réseau viaire complexe, par les grands immeubles du quartier Pont de Sèvres (City Lights GE, Trident, Square Com), par la Seine et la proximité de l'Ile Seguin.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Agence Duthilleul. Implantée au bord de la Seine, côté rive droite, sous les voies routières de la RD1, quai Georges Gorse, la gare se connecte directement au terminus ouest de la ligne 9 du métro de Paris et à la gare routière. Elle est composée de **deux ouvrages souterrains** (la boîte de la gare de la ligne 15 du réseau GPE et le hall de correspondance avec le M9 et la gare routière) et de **deux émergences** (l'accès principal au pied des tours GE au nord, au sud ; l'accès secondaire devant le bâtiment Square Com, et en rive de Seine. Une mesure conservatoire pour une liaison avec la future passerelle vers l'Ile Seguin).

Le quartier du Pont de Sèvres fait l'objet d'une grande opération de restructuration. Des opérations ambitieuses sont engagées pour requalifier, redonner vie et attractivité à cet environnement : les tours du Pont de Sèvres avec le projet CityLights, la Cité musicale de l'Ile Seguin et le Trapèze (quartier de programmation mixte en cours de réalisation, face à l'Ile Seguin).




**Plan d'implantation de la Gare Pont de Sèvres (Atelier Duthilleul)**



**Perspective de la gare et de son accès principal (Atelier Duthilleul)**





**Chantiers en cours de l'Ile Seguin et des immeubles City Lights**

La gare Pont-de-Sèvres présente un enjeu visuel car c'est l'une des gares prévues en site paysager sensible. Elle est implantée à proximité immédiate du nœud routier RD1 (voie sur berge en rive droite) et RN10. La gare « Pont de Sèvres » de la ligne 9 est à ce niveau.

Le projet de gare proposé à ce jour par le cabinet d'architecture Duthilleul et le groupement d'ingénieurs SETEC TPI/INGEROP, s'intègre au mieux au contexte urbain par le biais d'une proposition de gare souterraine sous le quai Georges Gorse.

Cette gare bénéficiera d'un traitement architectural qui l'intègre au mieux dans un contexte de renouvellement urbain en lien avec les usines Renault.

L'organisation générale actuelle du quai n'est modifiée qu'à la marge. L'impact de la nouvelle gare sera donc faible et accompagne la restructuration du quartier.

### 1.17.2.4 Gare Issy RER

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Issy RER » du GPE ligne 15 se situe à Issy-les-Moulineaux dans le quartier Val de Seine / Les Arches, situé à l'ouest du centre-ville. La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

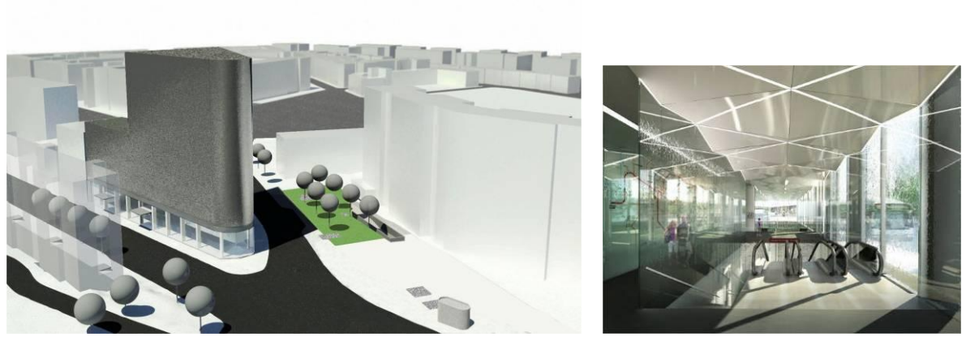
La gare est prévue au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un environnement bâti dense à l'angle de deux voies à forte déclivité ; la rue Aristide Briand présente un dénivelé de 1.80 m sur la longueur de la gare souterraine et sur la longueur de l'émergence et l'avenue de Verdun présente un dénivelé de 0.50 m sur la longueur de l'émergence.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Brunet Saunier. La gare est organisée en deux volumes distincts la position du volume de l'émergence n'est pas à l'aplomb par rapport au volume enterré de la boite quai. L'émergence est inscrite sur une parcelle exigüe et respecte les alignements du bâti existant, c'est un lieu public accessible depuis les deux voies et largement vitré. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié afin de permettre à terme l'intégration en rez-de-chaussée d'une future opération connexe, qui pourra intervenir à l'horizon de mise en service de la gare.




**Plan d'implantation de la Gare Issy RER (Agence Brunet Saunier)**



**Perspective indicative de l'émergence et de son accès à la nef (Agence Brunet Saunier)**

La gare s'insère dans un site urbain dense. De ce fait, l'impact paysager de la gare est faible.

### 1.17.2.5 Gare Fort d'Issy – Vanves – Clamart

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Fort d'Issy –Vanves-Clamart » est localisée principalement sur la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy-les-Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare de Transilien de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF actuel. Le terrain est proche du centre-ville (au sud) mais également de l'éco-quartier de Fort d'Issy (au nord-ouest).

La gare sera implantée sur des parcelles aujourd'hui occupées, dont les maisons d'habitations seront démolies pour l'arrivée de la gare. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé principalement de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs assez hauts du côté de Clamart (R+7). La topographie du terrain est en forte déclivité au droit de l'émergence le long de la rue du Clos Montholon (3m de dénivelé sur la longueur du site).

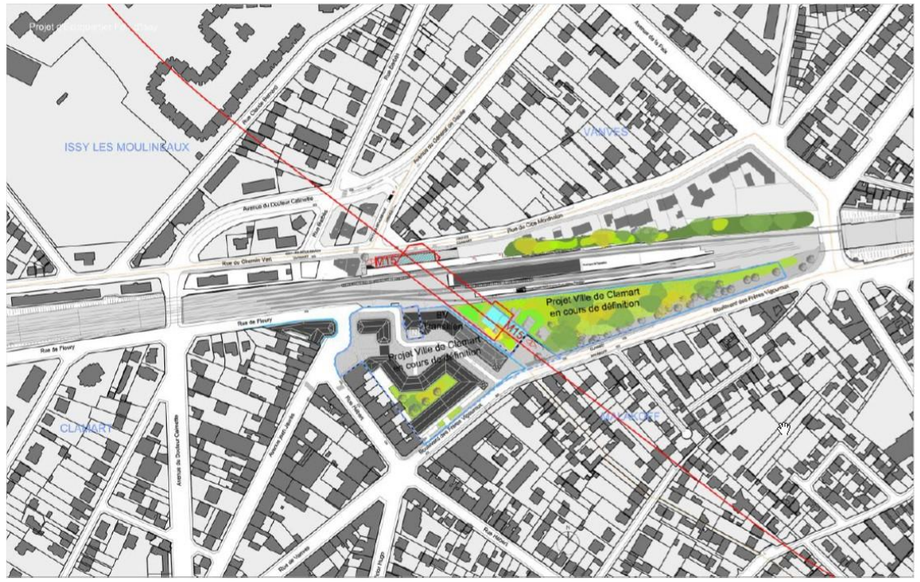
b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'implantation de la gare suppose une modification du terrain au niveau des entrées de la gare pour l'aménagement de parvis qui permettront l'inter modalité. L'émergence au nord suppose la démolition de 3 maisons individuelles et l'émergence au sud suppose une modification du terrain (talus à planifier).

L'émergence côté Issy se présente sous forme d'une grande halle posée sur le quai latéral du Transilien et formée d'une surface courbe le long de la rue du Clos Montholon. Côté Clamart, la configuration du nouveau quartier façonne le site de sorte que la volumétrie de la boîte gare émerge de la topographie nouvellement créée en s'insérant entre l'aménagement de l'espace public, permettant la liaison avec la place de la gare existante et le talus, permettant l'accès à l'un des bâtiments du programme du nouveau quartier depuis le boulevard des Frères Vigouroux.

La gare étant presqu'exclusivement souterraine du fait de la configuration du site, en particulier de l'existence du talus de l'ancienne emprise SNCF, l'impact paysager de la gare est faible.

La configuration générale du site n'est pas modifiée. Seul le projet d'aménagement de l'écoquartier va modifier l'aspect paysager du site dans le respect des enjeux de la ZPPAUP voisine.




**Plan d'implantation de la Gare Fort-d'Issy-Vanves-Clamart (Philippe Gazeau Architecte)**






**Perspectives d'aménagement du site et de l'émergence côté Issy (Philippe Gazeau Architecte)**

### 1.17.2.6 Gare Châtillon-Montrouge

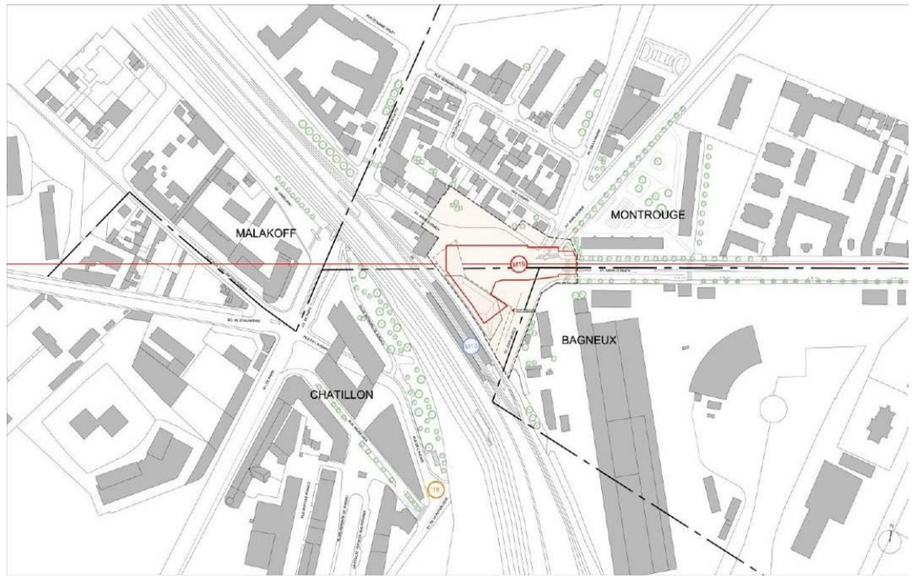
a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare « Châtillon-Montrouge » est au croisement de 4 villes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le terrain où se situe la gare présente un dénivelé d'un mètre d'ouest en est et de deux d'ouest au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transport (Tramway T6, station Terminus M13 et gare de métro M15). Les bâtiments qui composent la place de la gare sont assez vétustes et ne sont pas à la hauteur de l'ambition affichée par la ville et la SGP. La gare s'inscrit en effet dans un **territoire dont le front bâti est assez hétéroclite** (petit habitat pavillonnaire, site de maintenance SNCF, zone tertiaire et habitat dense).

Le terrain du projet se situe sur l'actuelle gare routière de Châtillon et comprend également les parcelles faisant face le long de l'avenue Marx Dormoy. Il est bordé au sud par le faisceau de voies ferrées et l'avenue Jean Jaurès. Le territoire n'est pas très végétalisé, seuls quelques arbres sont plantés sur le parvis de la gare routière. Afin de libérer l'emprise nécessaire pour la construction de la gare et l'aménagement du parvis, plusieurs constructions seront détruites : un immeuble de bureaux en R+3, 5 pavillons d'habitations, le café de la gare, un immeuble de bureaux en R+5 et une maison sur l'avenue Jean Jaurès.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare « Châtillon-Montrouge » a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Périphériques Architectures. Le projet s'organise principalement au sud de la gare routière. L'entrée de la gare s'effectue au rez-de-chaussée du bâtiment voyageur. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié pour permettre à terme, l'implantation potentielle d'un projet connexe. Les façades du rez-de-chaussée du bâtiment gare sont vitrés toute hauteur. La toiture ou auvent en habillage céramique émaillé marque le seuil de l'entrée de la gare.




**Plan d'implantation de la Gare Châtillon-Montrouge (Périphériques Architectures)**



**Perspectives indicatives d'insertion de la gare et vues diverses (Périphériques Architectures)**

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée.

L'impact paysager de la gare est donc faible.

### 1.17.2.7 Gare Bagneux

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

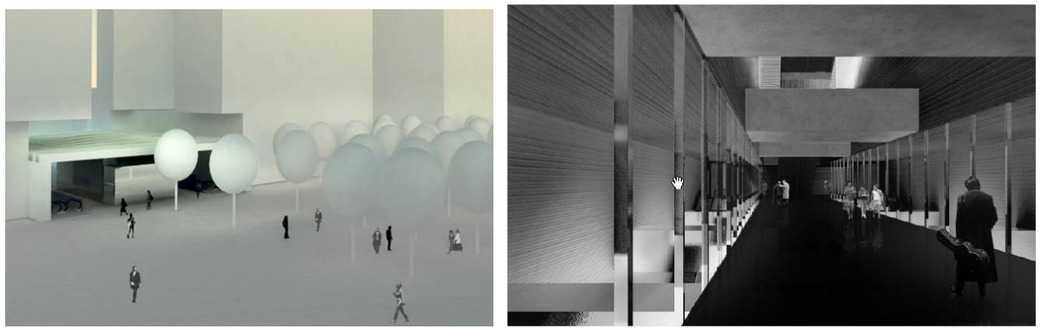
La gare de « Bagneux » se trouve à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur à Bagneux. Cet emplacement est attenant au futur pôle d'échanges du terminus de la ligne 4 du métro. La gare GPE s'inscrit dans le vaste programme de restructuration urbaine et de réaménagement de la ZAC Victor Hugo (futur éco-quartier aux programmes divers).

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Atelier Barani. La gare est implantée dans un nouvel ilot, essentiellement constitué d'un parvis plutôt minéral. Le projet de la gare permet la construction d'un projet connexe potentiellement constitué de plots de logements de part et d'autre de la gare. Par ailleurs, le nivellement quasiment plat favorise la flexibilité des usages dans l'espace public. L'entrée de gare, positionnée au centre du terrain, est encadrée au nord et au sud par les socles du futur projet connexe.




**Plan d'implantation de la Gare Bagneux(Atelier Barani)**



**Perspective d'insertion de la gare et vue intérieure (Atelier Barani)**

La gare étant intégrée dans un ilot urbain d'une zone fortement urbanisée, l'impact paysager est faible.

### 1.17.2.8 Gare Arcueil-Cachan

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Arcueil-Cachan » se situe dans la commune de Cachan, située elle-même à 2 km de la Porte d'Orléans. A l'échelle du territoire, la vallée de la Bièvre marque fortement la topographie de la ville de Cachan placée entre deux coteaux. Le terrain de la gare se situe au droit du passage sous la ligne ferroviaire, dans une zone de transition (quartier la gare) entre le quartier pavillonnaire de Lumières à l'Ouest des voies RER, la frange d'extension urbaine du quartier de la Mairie à l'ouest et les grandes parcelles aérées des campus universitaires (ESTP/ENS/IUT) au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier et à créer une nouvelle polarité autour du nouveau projet d'infrastructure.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Ar-thème Associés. La gare se situe à l'angle de l'Avenue Carnot et de l'avenue Léon Eyrolles. Elle est située le long des emprises du RER afin d'organiser la correspondance intermodale. Les deux avenues sont plantées, avenue Carnot avec une rangée de platanes au nord et une rangée d'érables taillés en rideau et avenue Eyrolles un alignement de févriers d'Amérique (Gleididsias).

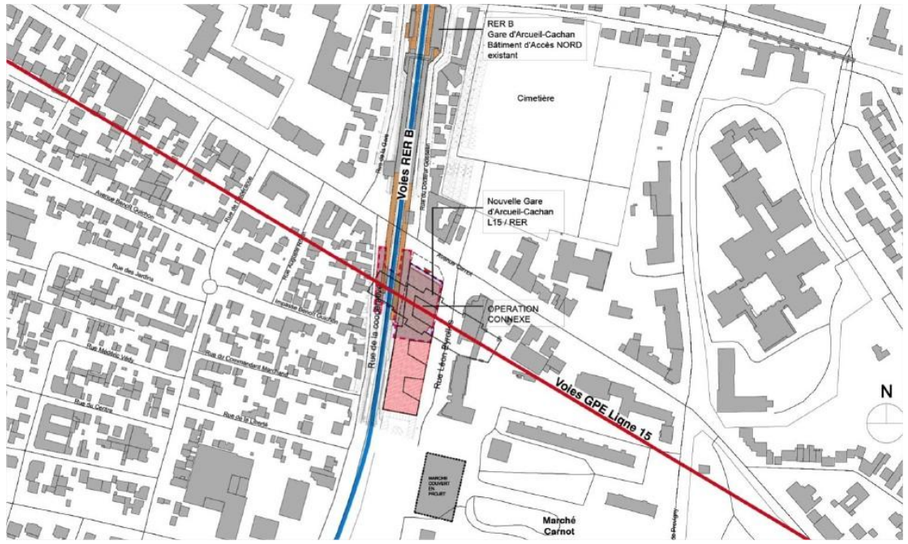
Le foncier acquis par la SGP longeant les voies du RER peut permettre l'implantation du bâtiment voyageur sur l'emprise de l'ancien marché couvert. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de la mise en service de la gare la création d'un ensemble immobilier sur ce secteur.



**Perspective indicative de l'insertion de la gare et de l'aménagement futur du site et façade Est et Nord (Ar-Thèmes Associés)**

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée.

L'impact paysager de la gare est donc faible à faible.




**Plan d'implantation de la Gare Arcueil-Cachan (Ar-thème Associés)**

### 1.17.2.9 Gare Villejuif IGR

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Située entre les vallées de la Seine et de la Bièvre, sur le plateau de Longboyau, Villejuif est le point culminant du département du Val-de-Marne et l'un des points les plus hauts de la première couronne parisienne. La configuration topographique, entre coteaux et vallées divise la ville en deux entités géographiques (le Haut-Villlejuif, sur le plateau, et le Bas Villejuif, sur les versants). Le site retenu pour la construction de la gare se développe sur la frange Ouest, à proximité immédiate du Parc des Hautes Bruyères, de l'IGR et du centre-ville. Le projet concourt aux côtés d'éléments bâtis très hétérogènes de grande échelle (les murs de soutènement de l'A6, l'IGR haut de 18 étages, le viaduc de Cachan). Ces points de rupture dans le tissu urbain se verront rééquilibrés par la ZAC campus Grand Parc qui prévoit l'aménagement d'un quartier mixte.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Dominique Perrault Architecture. La Gare de Villejuif a été imaginée comme un espace à l'air libre révélant son infrastructure dès l'entrée. La toiture est composée de deux cercles superposés, le plus bas, côté parc définit l'échelle des piétons, le plus haut côté IGR celle de l'intermodalité, de la ville. Le parvis se décline de manière concentrique depuis le centre du puits jusqu'à la rue Edouard Vaillant et le parc des Hautes Bruyères. La limite avec le Parc des Hautes Bruyères est traité par l'agence TVK et TER. Les espaces libres proches de la gare seront essentiellement minéralisés.



**Insertion Gare Villejuif IGR (avant/après)**



**Existant**



**Projet**

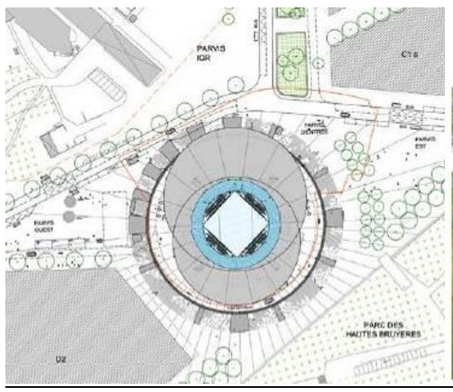
La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est implantée dans un site périurbain ouvert, faiblement urbanisé et présentant plusieurs espaces délaissés. La gare est située en bordure du plateau Est de la vallée de la Bièvre. Elle se retrouve à la charnière de plusieurs ensembles structurant :

- A l'Ouest, l'autoroute A6
- Au Sud, le parc des Hautes Bruyères qui entoure l'ancienne redoute militaire du même nom
- Au nord l'Institut Gustave Roussy (pôle de cancérologie)
- A l'Est, un tissu mixte activités – logements en cours.

La Zone d'aménagement concertée (Opération Campus Grand Parc) prévue autour de la future gare (voir simulation documents graphiques) devrait renforcer la cohérence de l'ensemble.

Le bâtiment gare aura donc un impact visuel important dans ce contexte ouvert et par endroit faiblement investi. Néanmoins l'aménagement étant situé en limite du parc, à proximité d'un secteur faiblement investi, il permettra de mieux qualifier les espaces. Le choix d'une équipe de concepteur de renommée donnera également un impact positif au quartier en créant un bâtiment repère de qualité. Par ailleurs, les démarches de conception s'attachant à préserver l'articulation entre l'espace public autour de la gare et le parc voisin.

**Plan masse et vue aérienne Gare Villejuif IGR (Dominique Perrault Architecture)**




**Vue en plan**



**Vues en perspectives**

### 1.17.2.10 Gare Villejuif Louis Aragon

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Villejuif Louis Aragon » se situe au sud-est de la commune de Villejuif, proche de la commune de Vitry, dans un environnement urbain dense. Elle vient s'implanter au nord de l'îlot dit « Aragon », à la place des bâtiments démolis le long de la rue du même nom.

Le terrain est proche du centre-ville mais également de la ZAC Aragon et de l'hôpital Guiraud. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs assez hauts (jusqu'à R+8). La topographie du terrain est globalement plate et descend vers la pointe de l'ilot au Nord.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'émergence de la gare se positionne en limite de parcelle, le long de l'avenue Louis Aragon. Elle est composée d'un seul volume de 7m de haut abritant les deux accès de la gare. Elle se présente sous la forme d'une grande halle rectangulaire aux angles arrondis entourant un grand vide ouvrant vers l'intérieur de la gare. Le parvis de la gare se déroule tout autour de l'émergence pour la mettre en valeur et favoriser les cheminements piétons. L'ensemble des façades est traité en éléments verriers présentant différents aspects et formant plusieurs strates.




**Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (Philippe Gazeau Architecte)**



**Perspectives d'aménagement du site et de l'entrée de gare (Philippe Gazeau Architecte)**

La gare est entièrement souterraine et adossé à un bâtiment existant. L'impact paysager de la gare est donc faible.

### *1.17.2.11 Gare « Vitry Centre»*

*a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Vitry Centre » est située dans un secteur actuellement dépourvu de réseau ferré. Le territoire qu'elle est appelé à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le MAC-VAL, théâtre Jean Vilard, bibliothèque Nelson Mandela). Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur l'avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC. En bordure de l'entrée principale du parc du Coteau, la « Maison des Lierres» (bâtiment en U), sera démoli afin de faciliter l'accessibilité et la visibilité de la future gare.

*b. Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture King Kong. La gare souterraine projetée se situe principalement sous la partie est du parc du Coteau. Le soulèvement du parc grâce à une voûte se fait à l'intersection de la rue E. Tremblay avec l'avenue Maximilien-Robespierre. La prolongation du parvis extérieur permet de rejoindre le bâtiment voyageur par une pente douce. Le hall d'accueil, à la toiture végétalisée, s'avance ainsi vers l'avenue, où il assure la vocation de repère urbain.




**Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (cabinet d'architecture King Kong)**



**Perspective d'insertion de la gare (cabinet d'architecture King Kong)**

L'emprise de la gare est située sur la partie Est de l'emprise du parc du Coteau. Le bâtiment existant en pignon le long de l'Avenue Maximilien Robespierre est démoli. Le projet architectural reconstitue la partie du parc détruite par les travaux. L'entrée du bâtiment voyageurs est prévue sur l'avenue. Même si une partie du parc et ses plantations sont détruites pour la réalisation, l'ensemble sera reconstruit. La suppression du bâtiment existant valorisera le parc qui était jusqu'à présent enclavé, la rue E. Tremblay et indirectement le monument historique.

L'impact des travaux sera important sur le parc mais après mise en service, la gare assez discrète va renforcer la qualité de ce secteur. L'impact paysager de la gare est donc plutôt positif.

### 1.17.2.12 Gare Les Ardoines

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Les Ardoines » se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Elle dessert un tissu urbain contrasté, industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest, voué à se transformer en profondeur dans le cadre du projet de la ZAC Gare des Ardoines. Les parcelles où s'implante la future gare sont actuellement occupées par des hangars voués à la démolition.

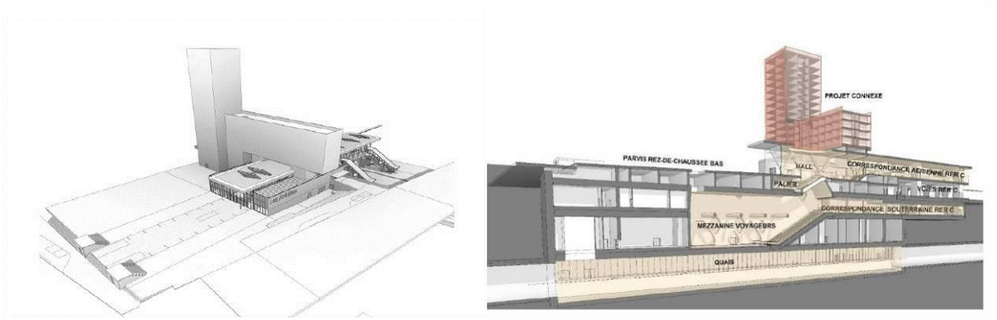
Le site de la gare situé à l'ouest du réseau ferré est entièrement coupé des territoires Est auxquels il n'est relié que par trois passerelles privées. Pour pallier à cette situation de coupure, l'EPA prévoit la réalisation d'un franchissement des voies ferrées immédiatement au sud de la future gare.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre. Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare avec le projet urbain et un projet connexe en surplomb regroupant des logements étudiants et une résidence « service », le deuxième impliquant toujours la réalisation de la gare avec le projet urbain mais sans le projet connexe.

Dans la première hypothèse, la gare s'implante en partie haute du parvis. Le volume de son émergence épuré et allongé est perceptible dans le paysage urbain.. Les structures de la gare sont dimensionnées et implantées de manière à reprendre la descente de charge du bâtiment pont qui l'enjambe.

Dans la deuxième hypothèse, la gare conserve son autonomie de fonctionnement et l'homogénéité de sa volumétrie grâce à une intégration précise des structures de reprise du bâtiment pont dans la gare.

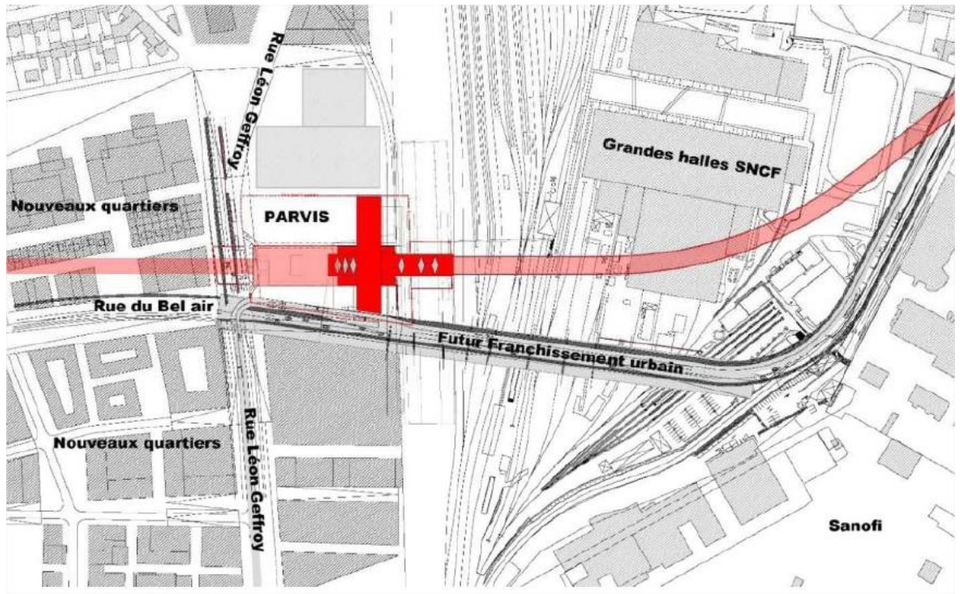



**Projet de gare (Cabinet d'architecture Valode&Pistre)**

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement. Cependant, ce proche environnement est fortement industriel. L'impact paysager est donc faible voir plutôt positif dans la configuration actuelle de cette zone.

Le projet de ZAC des Ardoines prévoit une évolution significative de cet environnement proche. Cette évolution prenant en compte la future gare, elle sera intégrée paysagèrement au projet.

L'impact paysager de la gare est donc faible à positif.




**Plan implantation Gare Les Ardoines (cabinet d'architecture Valode&Pistre)**

### 1.17.2.13 Gare Le Vert de Maisons

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Vert de Maisons » se trouve à l'est des voies du RERD et de la gare actuelle de Vert de Maisons. Elle est située sur la commune de Maisons-Alfort en limite de la commune d'Alfortville (ouest des voies du RERD).

Ce quartier est marqué par un urbanisme de plusieurs périodes : années 30 avec la Cité et le Square Dufourmantelle, dont une partie est un monument classé, années 70 avec des immeubles typiques et années 90-2000 avec quelques immeubles récents. Cette diversité donne un paysage urbain assez disparate et compartimenté.

La gare du Grand Paris Express s'inscrit dans un paysage immédiat formé par la Cité Dufourmantelle et un immeuble récent, accompagnés de friches.

Le parti architectural retenu conforte le compartiment récent du paysage urbain. Il tient compte cependant de l'existence de la Cité Dufourmantelle, à la fois très proche (de l'autre côté de la rue) et suffisamment éloignée pour que l'intégrité paysagère soit préservée.

Les enjeux de cette gare résident dans cette proximité du Monument historique.

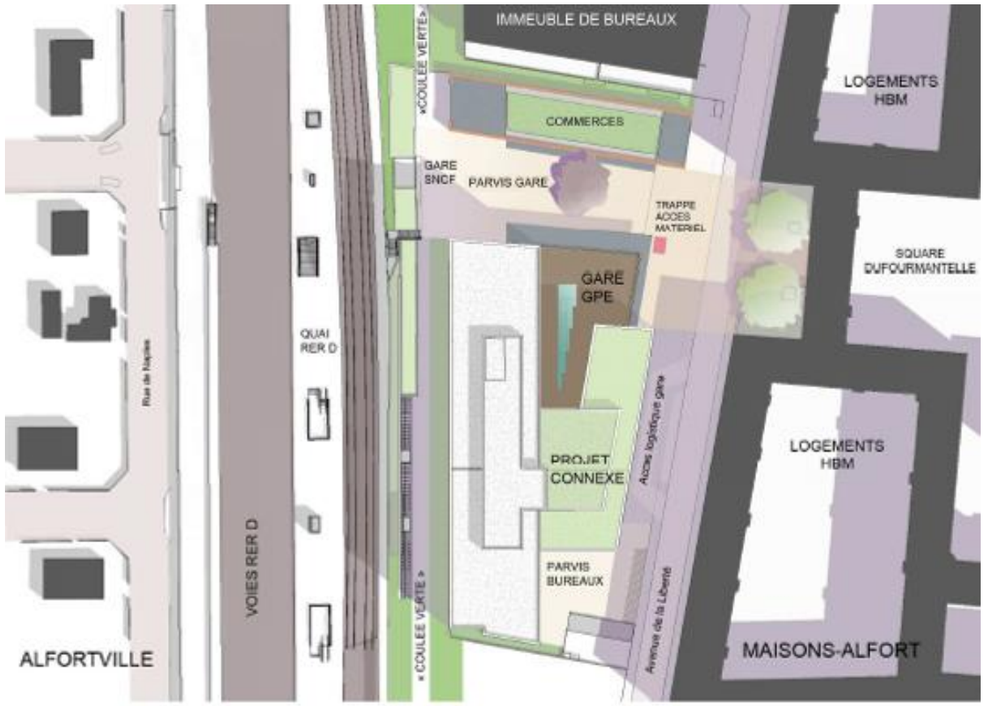
b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE.

L'architecture de la gare, intégrée à un projet immobilier tiers ,tiers, vise à développer des continuités spatiales neutres et homogènes afin d'en insérer le fonctionnement dans le fonctionnement actuel.

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et intégrée à un projet de bâtiment. Le bâtiment de la gare ne sera quasiment pas visible.

L'impact paysager de la gare est donc faible.




**Plan implantation Gare Vert de Maisons (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)**




**Perspective d'implantation (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)**

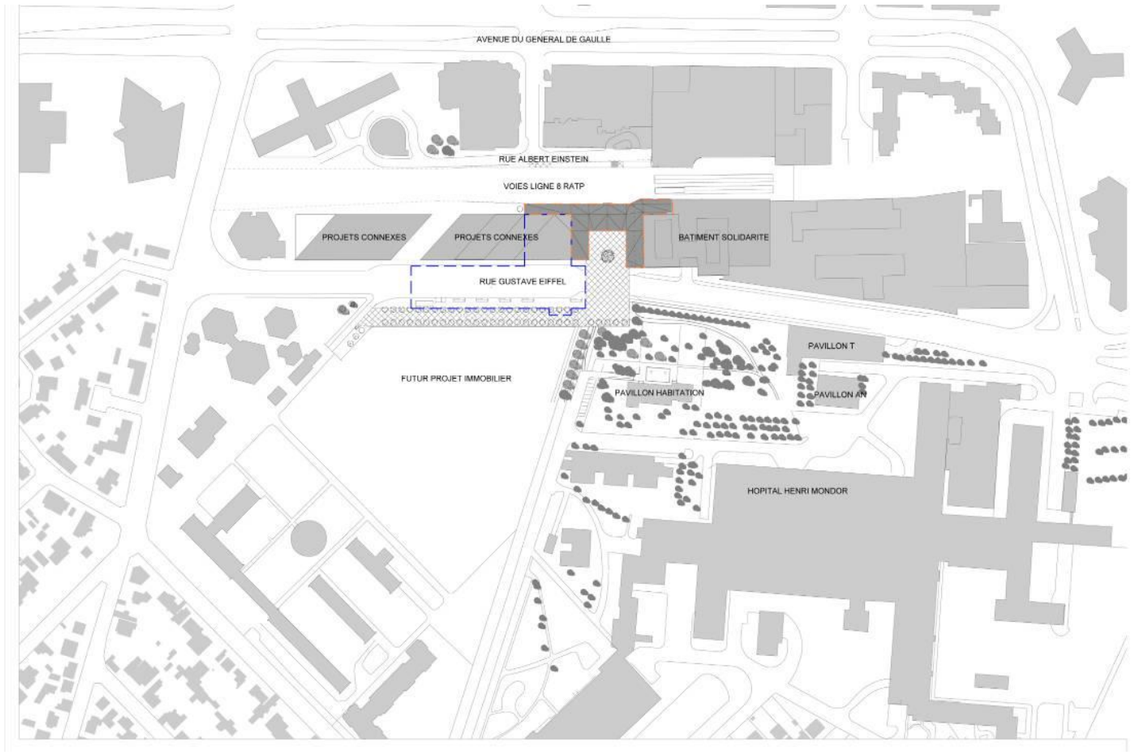
### 1.17.2.14 Gare Créteil l'Echât

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât qui manque d'identité, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.

b. *Présentation du projet architectural*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.




**Plan implantation Gare Créteil l'Echat (cabinet d'architecture ANMA)**



**Perspective d'implantation et vue extérieure (cabinet d'architecture ANMA)**

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et dans le bâti existant. La gare a été étudiée afin de rendre possible à terme, l'édification d'un projet connexe potentiel. Le bâtiment de la gare s'intègre dans son environnement urbain futur, et de ce fait l'impact paysager de la gare est donc faible.

### *1.17.2.15 Gare « Saint-Maur Créteil»*

*a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Saint Maur Créteil » se situe au nord de la gare RER actuelle de Saint Maur Créteil, à Saint Maur des Fossés. Elle dessert quartier très dense à dominante pavillonnaire et de bâti peu élevé.

La gare s'implante sur le parvis de la gare actuelle occupé par un parking souterrain. La future gare est accolée au talus des voies actuelles du RER. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de mise en service de la gare, la réalisation, d'un projet connexe potentiel de part et d'autre de la gare.

*b. Présentation du projet architectural*

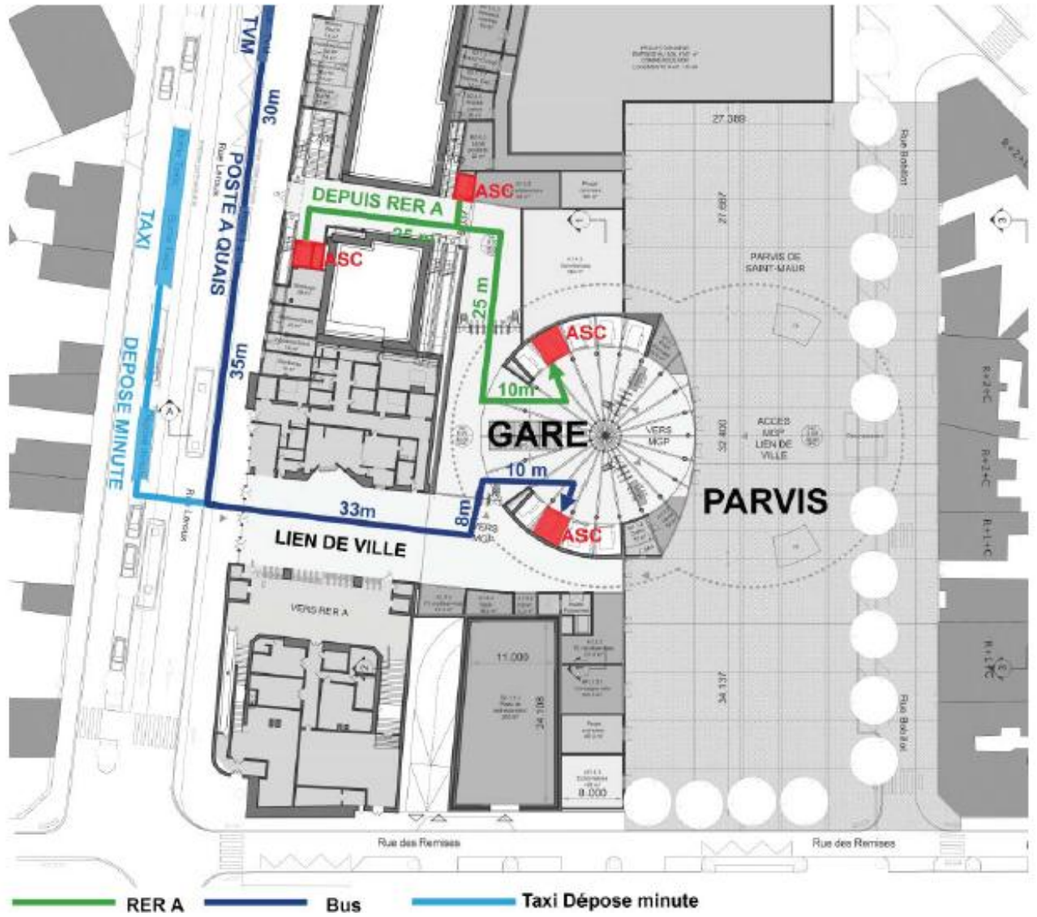
Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre.

Le scénario gare profonde est le scénario privilégié. Le bâtiment extérieur ne change pas. Il est implanté sur le parvis actuel de la gare et est accolé au talus des voies actuelles.

Ce bâtiment de forme rond tronqué laisse la place à un parvis plus restreint mais qui garde des fonctions similaires, essentielles dans la liaison avec le quartier voisin.



**Vue depuis le parvis de la gare de Saint Maur Créteil** (Source : Société du Grand Paris)




**Plan implantation Gare Saint Maur Créteil et liaison avec la gare RER (SYSTRA)**

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement très dense. L'impact paysager de la gare est donc faible.

### 1.17.2.16 Gare Champigny Centre

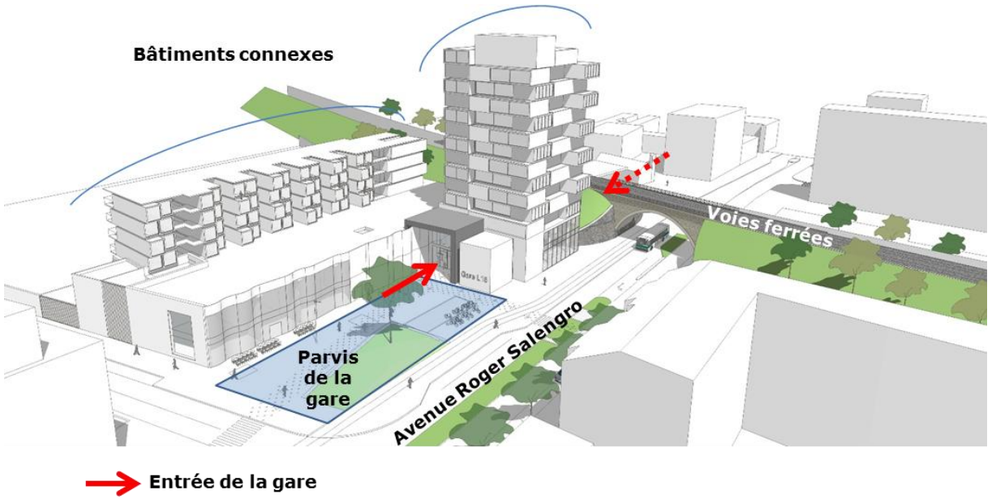
a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Champigny centre » se situe dans le cadre de l'Avenue Roger Salengro, l'une des principales artères de la commune de Champigny-sur-Marne.

Elle dessert un tissu urbain à dominante pavillonnaire et bâti peu élevé résidentiel, voué à muter à terme, au moins autour de la gare.

b. *Présentation du projet architectural*

La gare est construite sur une emprise résultant de démolitions. Cette gare, assurant la connexion de la Ligne 15 Sud avec la ligne 15 est (orange sous maîtrise d'ouvrage STIF) est implantée dans un environnement nouveau. Le bâtiment peu élevé s'insère parfaitement dans le bâti existant lui-même peu élevé. Sa forme en parallélépipède rectangle s'associe très bien à la forme urbanistique de l'Avenue Roger Salengro, voie très large dont la requalification est prévue.




**Perspective de la gare – Vue depuis l'Ouest** (Source : Société du Grand Paris)



**Vue depuis la mezzanine 1** (Source : Société du Grand Paris)

### 1.17.2.17 Gare Bry-Villiers Champigny

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Bry-Villiers-Champigny » se situe au nord du faisceau de voies du RER E et en bordure de la RD10 sur la commune de Champigny sur Marne.

Sur le plan paysager, ce terrain occupe le versant nord d'un vallon au fond duquel circulent les voies ferrées. La future gare occupe une grande partie de ce versant.

b. *Présentation du projet architectural*

Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare sans le projet connexe, le second proposant la réalisation de la gare avec un projet connexe.

Le plan d'implantation général de la gare est le même dans les deux scénarios : en bas de versant, à proximité des voies.

Le projet connexe, constitué d'un bâtiment tertiaire en 3 parties apporte de la hauteur à l'édifice de la gare le long de la RD10.

La gare se situant dans un environnement en forte évolution et marqué par des grandes surfaces commerciales, le type de bâtiment envisagé reste dans la typologie générale, nettement améliorée cependant par le parti architectural.



**Plan implantation Gare Bry Villiers Champigny sans projet connexe (SYSTRA pour SGP)**

Le bâtiment de la gare reste dans les proportions des bâtiments voisines et s'insère donc bien dans le paysage futur. L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'impact paysager de la gare elle-même est faible car le bâtiment reste proportionné au bâti existant, les vues étant limitées au très proche environnement. L'impact du projet avec le projet connexe est un peu plus fort à cause de la forme envisagée pour le projet connexe. Cet impact reste toutefois faible au regard de la qualité de l'urbanisation environnante actuelle. L'impact paysager de la gare est donc faible.



**Vue à titre indicatif du projet connexe** (Source : Société du Grand Paris)

### 1.17.2.18 Gare Noisy-Champs

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Noisy-Champs » se situe à l'ouest de la gare actuelle du RER A et à cheval sur les voies : la Ligne 15 Sud passe en dessous des voies du RER mais la superstructure de la gare se trouve au-dessus.

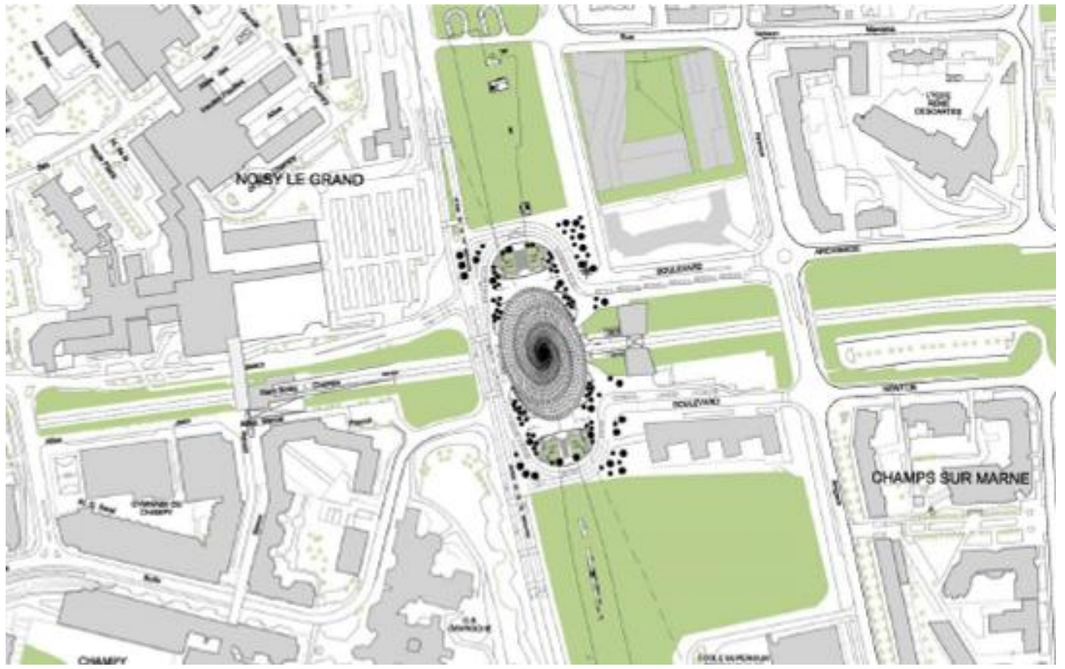
L'urbanisation actuelle est contrastée, donc les paysages aussi. Une bande boisée de surface significative traverse le quartier de la gare selon un axe Nord-sud, l'urbanisation se répartissant de part et d'autres.

Cette bande boisée sera détruite par les travaux de construction de la gare, la voirie actuelle étant reconstituée.

De ce fait, au moins momentanément, les vues vont s'élargir et le paysage devenir plus minéral, la composante verte diminuant.

L'environnement proche de la gare va évoluer fortement, le projet urbain porté par EPAMARNE prévoyant une densification e l'urbanisation. La bande verte va disparaître sous sa forme actuelle et sera remplacée par un boulevard urbain avec plantations.

Au niveau de la gare elle-même, le bâtiment situé au-dessus des voies sera visible dans un environnement proche, qui sera réduit avec le projet urbain.




**Plan implantation Gare Noisy Champs (SYSTRA pour SGP)**

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare prend en compte cette évolution significative du paysage environnant. La qualité architecturale et la forme du bâtiment assument cette position de visibilité et de marqueur de la présence de la gare.

Le projet urbain intègre parfaitement la nouvelle gare, qui souligne à la fois la gare de la Ligne 15 Sud et la gare RER actuelle. La forme ovale de la gare et sa position dans le futur boulevard urbain la soulignent encore plus.



**Insertion de la gare de Noisy-Champs dans le projet urbain développé par EPAMARNE**



**Perspective d'insertion urbaine**

c. *Impacts du projet*

La gare est très visible et cela a été voulu par les concepteurs. De ce fait elle a un impact significatif sur le paysage local : les vues sur la gare sont limitées à un environnement proche.

Par contre en nord et au sud de la gare ; le long du Boulevard du Ru de Nesle est prévu dans le cadre des travaux de l'infrastructure, un défrichement de parcelles boisées afin d'implanter la zone de chantier ainsi que la création de puits de tunnelier.

Ces parcelles situées sur les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne sont prévu en zone à urbaniser aux documents d'urbanisme des deux communes. L'article 4 du décret de DUP emporte mise en compatibilité des documents d'urbanisme sur la commune de Champs-sur-Marne et sur la ZAC de Nesle.

Après les travaux de l'infrastructure seul deux ouvrages annexes correspondant au puits d'accès seront conservé, le sol des emprises occupées sera reconstitué.







Emprise souterraine de la Gare et des tunnels

Emprise du chantier

### 1.17.2.19 SMR Champigny

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le SMR de la Ligne 15 Sud est situé en bordure de l'unité paysagère du « Vallée du Morbras ». Ce petit vallon annexe au Val de Seine est particulièrement urbanisé essentiellement par du tissu résidentiel. Il est borné au sud par la forêt domaniale de Notre Dame et à l'Est par la forêt de Ferrières.

Le projet de site de maintenance (SMR) de Champigny-sur-Marne prend place au sein d'une zone d'activité occupée par des locaux commerciaux. Il est bordé au Sud par le parc Départemental du Plateau et ses jardins familiaux et à l'Est par un second espace boisé public.

La Société du Grand Paris a choisi la société Egis pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Richez Associés pour le projet de SMR de Champigny. Une attention particulière est portée vis-à-vis de l'insertion du bâtiment dans le site. En effet, le terrain naturel du site présente une déclivité prononcée de la rue Bernaü vers la rue François Franchon.

Par ailleurs, les dimensions du site (plus de 80 hectares) engagent des enjeux de nivellement et de traitement fin des espaces extérieurs. Le site s'inscrivant dans l'évolution future du quartier autour du futur projet de la ZAC Marne Europe, une réflexion programmatique sur les surfaces non utilisées doit être également menée.

b. *Impacts du projet*

Le SMR Champigny est implanté sur deux ilots urbains actuels encadrés par de nombreux autres ilots urbains. Le seul espace de visibilité est la RD10 depuis le secteur proche de l'autoroute A4, les zones commerciales et orienté Nord-Sud selon l'axe du viaduc de la RD 10 traversant les voies ferrées.

L'impact visuel du SMR est limité par son insertion dans un paysage déjà urbanisé et comprenant déjà des bâtiments industriels ou commerciaux de grande taille, parfois dégradés.

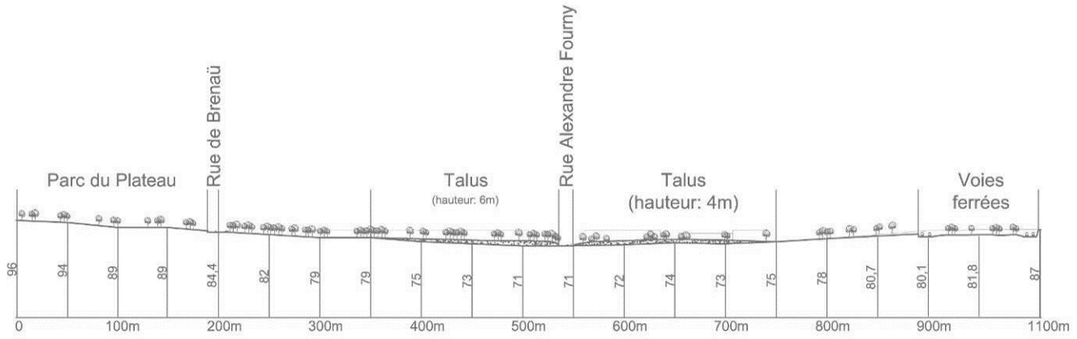
Depuis le Sud et le Parc Départemental du Plateau, les vues sont annihilées par les écrans végétaux prévus et par le fait que la toiture végétalisée du SMR rejoint la surface du sol. Une certaine continuité verte est assurée avec le parc.

Les autres vues sont très courtes et limitées par les ilots riverains. L'impact est donc négligeable. Au contraire, l'implantation du bâtiment dont le traitement architectural est de qualité peut être un élément valorisant pour l'ensemble du site.

Le chantier présentera des caractéristiques assez similaires avec l'activité de la carrière (circulation d'engins, mouvements de terrain, …) qui rendront la phase chantier du SMR peu impactante.



**Insertion du futur SMR Champigny (avant/après)**




**Coupe actuelle du site du futur SMR Champigny**




**Coupe projet du futur SMR Champigny**



**Perspective du futur SMR Champigny**

### *1.17.2.20 SMI Vitry*

*a. <u>Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords</u>*

Le SMI Vitry est implanté dans le territoire industriel de la Seine Amont, sur la partie Est de la commune de Vitry. L'emprise est une parcelle longiligne Nord-Sud cadré par les voies ferrées existantes du RER C et la rue Léon Geoffroy. L'ensemble du secteur est constituées de grandes parcelles en activité ou parfois abandonnées.

Les vues ne sont possibles que depuis la rue Léon Geoffroy et l'A86 qui passe en surplomb en limite sud. Ces vues sont très limitées car les marges de recul sont faibles sur la Rue Léon Geoffroy. Celles de l'A86 sont limitées par la vitesse des véhicules circulant sur la voie. En période d'embouteillage, donc de vitesse réduite ou nulle, le SMI devient visible.

*b. <u>Impacts du projet</u>*

L'impact est limité par le caractère industriel du site et de la zone qui l'entoure. Les études pour la réalisation du bâtiment sont pour l'instant peu avancées.

Néanmoins compte tenu de sa qualité, il sera intéressant d'essayer de conserver l'alignement de platanes existants de l'emprise privée longeant le trottoir de Léon Geoffroy



**Vue continue parcelle SMI de Vitry et l'alignement de platanes depuis la rue Léon Geoffroy**

### *1.17.2.21 Impacts des ouvrages annexes*

Les ouvrages annexes regroupent les puits de ventilation et les accès pompiers. Ces ouvrages sont de taille réduite.

Les puits de ventilation et accès pompiers ne seront pas « visuellement » raccrochés à un tracé et donc ne seront pas reconnus comme tels. Pour cette raison, ils est prévu qu'ils soient aussi discrets que possible et intégrés à l'existant.













**Exemples d'aspect des émergences des ouvrages annexes (source : Société du Grand Paris)**

Si l'aspect visuel définitif de chaque émergence liée aux ouvrages n'est pas totalement actée (cf. études restant à réaliser) ces ouvrages seront composés en surface d'une dalle de couverture pouvant être recouverte par des matériaux de même nature que l'aménagement environnant ou végétalisable (pelouse ou arbustes) équipée d'une trappe d'accès et d'une grille de ventilation (cf. ci-dessus). En fonction du contexte et dans de rares cas (cf. risque d'inondation, site sensible…), un édicule pourra être édifié.



**Exemple d'émergence en surface d'un puits (source : Société du Grand Paris**

Le contexte étant essentiellement urbain et les ouvrages réduits, leur impact est potentiellement faible hormis sur certains secteurs sensibles. En effet les ouvrages ne sont pas de nature à modifier notablement la composition urbaine ou sa perception, mais sans précautions ces ouvrages pourraient apparaitre incongrus et altérer ponctuellement certains sites.

Les ouvrages considérés comme sensibles sont ceux situés :

- en bord de Seine, ZAC SAEM à Boulogne-Billancourt et place de la Résistance à Issy-les-Moulineaux,
- dans des parcs ou à proximité d'ensembles semi-naturels, Parc H Barbusse (Issy-les-Moulineaux), square Malleret Joinville (Malakoff), Cimetière Parisien de Bagneux, Parc Robespierre (Bagneux), Jardin panoramique (Cachan),
- en bord de Marne, rue du Port à Créteil, Impasse de l'Abbaye (Saint-Maur-des-Fossés).

### *1.17.2.22 Mesures d'accompagnement en faveur du paysage*

*a. Mesures d'évitement*

Outre le principe d'aménagement de la ligne en souterrain, les études préliminaires ont cherché à éviter les secteurs les plus sensibles.

Par exemple, initialement, le projet prévoyait l'implantation d'un ouvrage annexe sur le parc des Hautes Bruyères. Ce dernier aurait modifié la topographie du « jardin du silence », et le geste paysager à l'échelle du jardin aurait été remis en cause. Les difficultés liées à l'intégration d'un tel ouvrage dans ce contexte (microtopographie particulière, …) ayant été identifiées en amont, l'ouvrage a été déplacé pour éviter l'impact prévisible.

*b. Mesures de réduction spécifiques aux ouvrages annexes*

D'une manière générale, afin de faciliter l'insertion paysagère des ouvrages annexes, une réflexion portant sur l'ensemble des espaces publics, leur fonction, les espèces végétales à utiliser et les matériaux de construction sera menée, en partenariat avec les collectivités concernées.

En effet, ces émergences en surface ne seront « visuellement » pas raccrochées à un tracé et donc ne seront pas reconnues comme telles. En ce sens, elles doivent *a minima* être discrètes et être intégrées à l'existant. Les études architecturales en cours et à venir favoriseront une bonne insertion urbaine et paysagère des gares.

Il convient notamment de donner une fonction (square, aire de jeux, esplanade…) aux abords des puits, notamment s'ils ne s'inscrivent pas directement dans l'espace public (la route, un stade, un parking…). Il convient d'éviter également l'usage de matériaux ou de formes trop standardisées qui paraitraient trop « industriels » ; voire, au cas par cas, d'insérer les ouvrages dans des édicules assurant d'autres fonctions nécessaires à chaque site. Lorsqu'ils sont dans un contexte de jardin ou de milieux plus naturels, les plantations et reboisements sont des mesures simples d'intégration paysagère.

L'insertion de ces ouvrages doit être particulièrement soignée lorsqu'ils s'inscrivent dans un contexte sensible.

*c. Mesures de réduction spécifiques aux gares*

Comme évoqué précédemment, la charte architecturale et paysagère, les démarches menées avec les collectivités locales dans le cadre des CDT permet d'assurer l'intégration paysagère des gares. La requalification urbaine associée au projet est de nature à renforcer la qualité et l'unité des zones urbaines concernées.

Par exemple et pour l'une des gares situées en contexte sensible, au niveau de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, il s'agit d'intégrer la gare dans son contexte de renouvellement urbain dans le respect des aménagements déjà réalisés au niveau du parc départemental.

*d. Mesures d'insertion des sites industriels*

La conception des sites industriels suit une démarche qualitative analogue à celle des gares. Une charte architecturale, urbaine et paysagère a ainsi été établie à l'échelle de l'ensemble du projet Grand Paris Express.

D'un point de vue paysager et en complément de la qualité apporté à la conception, en phase chantier, concernant le SMR de Champigny, il s'agira essentiellement de soigner la tenue du chantier et de l'occulter dans la mesure du possible avec des palissades notamment vis-à-vis de la RD10.

Concernant le SMI de Vitry-sur-Seine, il s'agira de soigner la tenue du chantier et de l'occulter dans la mesure du possible avec des palissades notamment vis-à-vis de la déviation de la Rue Léon Geoffroy. La palette végétale actuelle de la zone est pauvre et typique des zones industrielles. La diversification végétale pourra être recherchée mais en restant proche de la palette existante : une diversification trop forte rendrait le SMI encore plus visible.

#### *1.17.2.23 Coûts liés aux mesures d'accompagnement*

Le coût des mesures est difficilement chiffrable car elles sont intégrées au coût du projet et des travaux (effort de conception,...). Ce sont des mesures qui jouent sur la qualité du projet et de sa mise en œuvre principalement, sans rajouter de composante au projet.

#### *1.17.2.24 Conclusion sur les impacts et mesures en matière de paysage*

Le projet est essentiellement souterrain, les impacts sont donc limités aux zones de travaux associés aux gares, sites industriels et ouvrages annexes.

Dans un contexte urbain souvent associé à un contexte ferroviaire, la construction des ouvrages ne pose généralement pas de problème. Les démarches de conception soignées apportées aux ouvrages du Grand Paris Express et les projets de restructuration urbaines induits permettent de garantir une certaine cohérence et fonctionnalité urbaine et donc un impact paysager faible plutôt positif parfois.

Paradoxalement, les ouvrages les moins faciles à intégrer sont les ouvrages annexes (trappes de sécurités des puits de secours et grilles de ventilation) qui ne se seront pas rattachés à l'infrastructure et qui s'insèrent parfois dans des sites où ils pourraient paraitre incongrus (bord de rivières, parcs urbains…). Comme pour les gares et sites industriels, une conception soignée et une recherche de cohérence avec le contexte préexistant permettra de limiter les effets de ces aménagements.

Concernant la phase travaux, les effets sur le paysage seront limités par la recherche de limitation des nuisances.

### 1.17.3 Patrimoine archéologique

#### *1.17.3.1 Recensement des ouvrages concernés par le patrimoine archéologique*

L'état initial a montré la sensibilité de certains secteurs du fait de la présence de vestiges connus ou de zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée :

- La vallée de la Seine de l'Ile Monsieur à la Gare d'Issy RER,
- La section entre Arcueil-Cachan et Vitry Centre.

Il a aussi montré que certains vestiges pouvaient exister ponctuellement (ancienne abbaye de Saint-Maur-des-Fossés ou Bois de Saint-Denis à Villiers-sur-Marne).

Dans le cadre de la démarche d'archéologie préventive, la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage de la Ligne 15sud, a effectué la démarche de saisine anticipée (art. R323-12 du code du patrimoine) auprès des services du Préfet de Région (Service Régional de l'Archéologie) sur 65 zones d'aménagement susceptibles d'être utilisées et d'engendrer des terrassements susceptibles d'impacter le patrimoine archéologique.

Après analyse, le préfet a prescrit un diagnostic sur cinq secteurs d'aménagement et près de 13ha :

| Secteur concerné | Arrêté préfectoral correspondant | Emprise concernée |
|---|---|---|
| Ile de Monsieur | Arrêté n° 2014–5580 du 12 no 2014 | 800 m² |
| Gare de Villejuif IGR | Arrêté n° 2014-261 du 20 nov. 2014 | 6 100 m² |
| Gare de Vitry centre | Arrêté n° 2014-497du 10 oct. 2014 | 3 200 m² |
| SMI de Vitry | Arrêté n° 2014-295 du 9 déc. 2014 | 3.5 ha |
| SMR et SMI de Champigny | Arrêté n° 2014-048 du 21 janvier 2015 | 8.4 ha |

Sur ces sites des investigations complémentaires vont être menées et des prescriptions particulières pourront être édictées par le SRA.

Cela n'exonère pas la Société du Grand Paris et les personnes morales intervenant pour son compte du respect des dispositions réglementaires en cas de découverte fortuites de vestiges : au minimum, arrêt du chantier et saisine des services de la Préfecture de Région.

#### *1.17.3.2 Impacts et mesures en phase chantier concernant le patrimoine archéologique*

**Les impacts sur le patrimoine archéologique ne concernent que la phase chantier.**

En phase d'exploitation, aucun effet n'est envisagé sur le patrimoine archéologique, car il n'y a aucun mouvement de sol ou de sous-sol.

La démarche explicitée au point précédent n'exclut pas la découverte fortuite de vestiges au cours des travaux. Elle a pour seul but la prise en compte du patrimoine connu ou suspecté en vue de sa préservation.

**Le fait que la ligne 15sud soit en totalité souterraine est une mesure d'évitement d'impacts sur le patrimoine archéologique.** Le tunnel, dans cette zone très urbanisée est profond et n'interfère que très ponctuellement avec les couches géologiques concernées (dont la formation est contemporaine de l'humanité).

**Compte tenu de la taille des zones soumises à prescriptions archéologique (près de 13ha), les impacts potentiels du projet sont forts. Ils peuvent a contrario être faibles à modérés si les diagnostics démontrent l'absence de patrimoine archéologique d'intérêt ou si les prescriptions limitent les impacts du projet.**

La réglementation impose les mesures de réduction des impacts :

- Sur les secteurs d'aménagement où du patrimoine est identifié dans le cadre de l'archéologie préventive, les mesures de conservation (fouilles, études, maintiens…) seront prescrites par le SRA,

- sur les secteurs d'aménagement en surface non concernés par l'identification de vestiges, ou lorsqu'aucun diagnostic archéologique préventif n'est imposé, la conduite des travaux doit :

    - Prendre les dispositions nécessaires pour que la découverte de vestiges puisse être identifiée : les chefs de chantier et les conducteurs d'engins doivent recevoir des instructions claires et opérationnelles sur ce sujet,

    - Arrêter les travaux en cas de découverte de vestiges et rendre compte au maître d'œuvre et au Maître d'ouvrage de la découverte,

    - Saisir les services de la Préfecture de Région et suivre les instructions.

Ces mesures ne peuvent être précisément décrites ici car elles sont fixées par ailleurs par les services en charges de la protection du patrimoine archéologique et de la Préfecture de Région.

De même, le coût de ces mesures ne peut être évalué de façon claire et fiable : il va de zéro euro si aucun vestige n'est connu ou découvert à plusieurs milliers d'euros, voire millions d'euros en fonction de l'importance et de la nature des vestiges découverts.

#### *1.17.3.3 Conclusions des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine archéologique*

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices. Toutefois, l'impact du projet sur le patrimoine archéologique non connu à l'heure actuelle reste indéterminé.

### 1.17.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative au paysage, au patrimoine culturel et à l'archéologie

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Ile de Monsieur | Impact paysager fort localement en phase chantier au niveau de l'Ile Monsieur et du site classé.<br>Présence de vestiges archéologiques suspectés | Réalisation d'un dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé<br>Insertion paysagère du chantier et des ouvrages<br>Démarche d'archéologie préventive |
| | Gare Pont de Sèvres | Nombreux monuments dont le périmètre de protection de 500m intersecte la zone de projet<br>Contexte paysager sensible (Val de Seine et coteaux) | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| | ZAC SAEM<br>Place de la résistance | Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Seine | |
| | Issy RER | La gare s'intègre dans un contexte urbain assez peu sensible | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Parc Henri Barbusse<br>Square Malleret Joinville<br>Cimetière Parisien<br>Parc Robespierre | Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| | Autres gares et ouvrages | Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Square Charles de Gaulle | L'ouvrage est aménagé sur le square dans l'emprise du monument historique inscrit (Hôtel de Ville de Cachan) | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| | Jardin Panoramique | Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs | |
| | Villejuif IGR | Aménagement dans la gare dans un paysage ouvert en mutation à proximité d'un parc urbain<br>Présence de patrimoine archéologique suspecté | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet<br>Démarche d'archéologie préventive |
| | Vitry Centre | La gare est aménagée à proximité d'un monument historique inscrit<br>Présence de patrimoine archéologique suspecté | |
| | Autres gares et ouvrages | Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | SMI de Vitry | Présence de patrimoine archéologique suspecté | Démarche d'archéologie préventive |
| | Gare de Le- Vert-de-Maisons | La gare est construite à proximité immédiate d'un monument historique inscrit | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| | Rue du Port<br>Impasse de l'Abbaye | Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Marne | |
| | Autres gares et ouvrages | Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | SMR de Champigny | Présence de patrimoine archéologique suspecté | Démarche d'archéologie préventive |
| | Gare de Noisy-Champs | La gare est construite dans un contexte sensible (milieu semi-naturel) | Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet |
| | Autres gares et ouvrages | Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible | |

## 1.18 Population, emploi et occupation du sol

La réalisation du Grand Paris Express s'inscrit dans une politique de développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France.

Le projet du Grand Paris Express constitue en ce sens un moteur de la croissance de la population et de l'emploi et devrait permettre, à terme, de favoriser les créations d'emplois et d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération.

Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronne, selon des formes urbaines peu denses et très consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de routes et de RER. Cet étalement urbain peut cependant être limité si l'urbanisation future est structurée par des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de métro du Grand Paris Express.

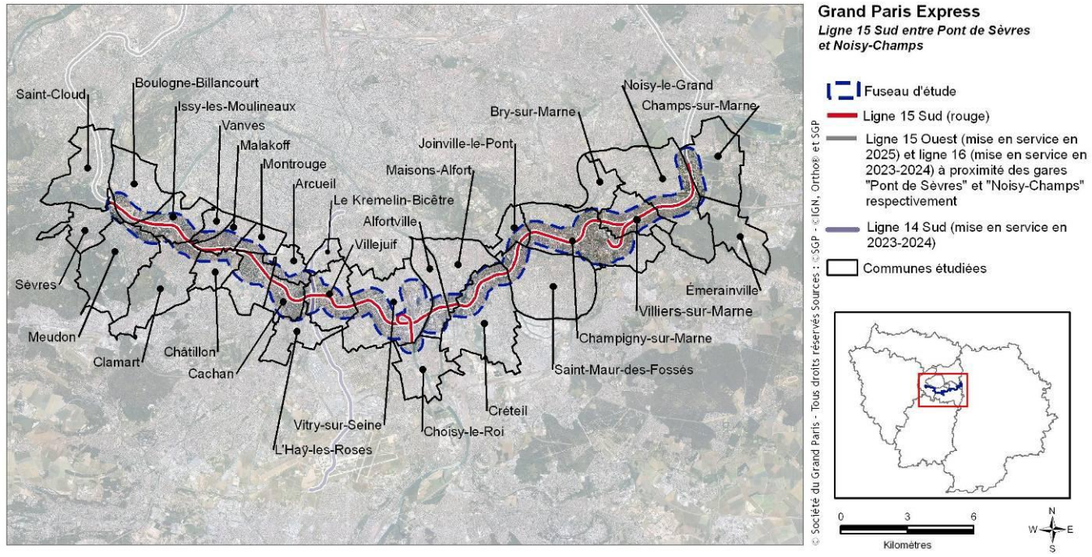
Sous réserve des conditions nécessaires à une densification et à un renouvellement des constructions à proximité du réseau régional de transport en commun, le Grand Paris Express devrait se traduire par un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain.

En tant que maillon du programme d'ensemble, la Ligne 15 Sud répond aux mêmes objectifs de favorisation de l'emploi et de densification des territoires que les autres tronçons du Grand Paris Express. Le périmètre d'influence principale du projet à l'étude comprend la totalité du territoire des communes traversées par la zone de 500 m de part et d'autre du tracé du projet. Il intersecte 29 communes situées dans les départements de la Seine et Marne, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Ces communes couvrent une surface d'environ 16 550 hectares.

Parmi ces 29 communes, 2 appartiennent à la Grande Couronne (Champs-sur-Marne et Emerainville) et les 27 autres à la Petite Couronne (Bagneux, Boulogne-Billancourt, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Meudon, Montrouge, Saint-Cloud, Sèvres, Vanves, Choisy-le-Roi, Noisy-le-Grand, Alfortville, Arcueil, Bry-sur-Marne, Cachan, Champigny-sur-Marne, Créteil, l'Haÿ-les-Roses, Joinville-le-Pont, Le Kremlin-Bicêtre, Maisons-Alfort, Saint-Maur-des-Fossés, Villejuif, Villiers-sur-Marne et Vitry-sur-Seine).

Ce périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud est cartographié sur la figure ci-après.

L'influence du projet se ressentira également dans toute l'Ile-de-France via le réseau de transports en commun, mais de manière beaucoup plus limitée. Les calculs du présent chapitre se centreront dès lors sur le périmètre des territoires les plus influencés présenté ci-dessus.




**Délimitation du périmètre d'influence principale de la Ligne 15 Sud sur la densification potentielle des territoires**

### 1.18.1 Impacts et mesures en phase chantier

#### *1.18.1.1 Impacts directs et indirects*

*a. Création de 13 000 à 15 000 emplois*

Le nombre d'emplois engendrés par les chantiers est difficile à évaluer car il ne concerne pas uniquement les ouvriers nécessaires à la réalisation du chantier mais également l'ensemble des personnes travaillant de près ou de loin à la construction de l'infrastructure (concepteurs du projet, fournisseurs de machines et de matériaux, etc.). En première approximation, le projet nécessiterait entre 40 000 et 45 000 hommes x ans répartis sur toute la durée d'élaboration et de construction du projet. Bien que la charge de travail soit inégalement répartie dans le temps, le nombre moyen d'emplois créés entre 2015 et 2022 est donc de l'ordre de 6 000. En dehors de ces emplois engendrés directement par la mise en œuvre du projet, les chantiers en tant que tels ne devraient pas avoir d'impact direct sur la population et l'emploi.

*b. Consommation permanente de 8 ha*

L'emprise du projet sur l'occupation du sol (en surface) se décompose comme suit : l'emprise des gares nouvelles et des ouvrages annexes et l'emprise des chantiers nécessaires à la réalisation des infrastructures du projet. Il n'y a pas d'emprise liée à la construction du linéaire de métro en souterrain, hormis les puits d'entrée et de sortie des tunneliers.

Les surfaces correspondantes, lorsqu'elles relèvent des catégories « espaces ruraux » et « espaces urbains ouverts » établies à partir des postes du mode d'occupation des sols (MOS), ont été estimées et sont présentées dans le tableau suivant.

**Estimation des surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés par les emprises des gares nouvelles / ouvrages annexes et des chantiers**

| Emprises | Surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés | Type d'impact |
|---|---|---|
| Gares nouvelles et ouvrages annexes | 8 ha | Permanent |
| Chantiers | 16 ha | Temporaire (phase chantier) |

#### *1.18.1.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation*

*a. Optimisation des itinéraires*

Dans un souci de limiter les impacts, le nombre de zones de chantier a été limité au maximum. Concernant les impacts indirects, l'optimisation des itinéraires des engins de chantier et la mise en place de déviations en cas de coupure des accès à certaines parcelles devraient permettre d'éviter la plupart des impacts.

*b. Limitation de l'emprise du chantier*

L'emprise des chantiers sera réduite au plus près des aménagements prévus. Par ailleurs, les zones utilisées temporairement en phase chantier mais non construites, seront remises en état à la fin des travaux.

*c. Effets résiduels : consommation permanent de surfaces très limitées*

La réalisation de la Ligne 15 Sud induira une consommation permanente très limitée d'espaces ruraux et urbains ouverts : moins de 16 hectares au total en phase chantier, dont seulement 8 hectares environ consommés de manière définitive pour l'implantation des gares et des ouvrages annexes. Les surfaces consommées sont négligeables par rapport à l'envergure du projet et aux gains potentiels qu'il engendre en phase d'exploitation (voir impacts en phase d'exploitation, ci-après). A ce titre, il n'est pas prévu de mesure de compensation particulière, en dehors de celles déjà mentionnées dans le volet relatif au milieu naturel et paysager (chapitre 5).

*d. Mesures de suivi dans le temps*

Les emprises des chantiers seront délimitées précisément lors des études de conception et le respect des limites par les entrepreneurs sera contrôlé durant toute la phase de chantier.

### 1.18.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière. Ces hypothèses concernent aussi bien les scénarios de projet que les scénarios de référence utilisés pour caractériser la situation future sans projet.

Les hypothèses d'évolution socio-démographique retenues, selon que l'on considère ou non le Grand Paris Express comme réalisé, ont été explicitement établies dans l'objectif d'alimenter l'exercice d'évaluation des impacts et des bénéfices du projet et ont pour finalité de servir de données d'entrée aux calculs effectués dans ce cadre. Elles ont également été utilisées comme données d'entrée pour alimenter les volets suivants : mobilité, bruit, air et énergie.

Deux analyses sont menées dans la présente étude pour apprécier les effets de la réalisation du projet sur l'occupation des sols et la lutte contre l'étalement urbain :

- **A l'horizon de la mise en service du projet, soit 2022 :**

Cette analyse consiste à évaluer l'effet « différentiel » de la réalisation du seul projet Ligne 15 Sud.

Cette approche permet d'apprécier les impacts propres à la réalisation du tronçon, à l'horizon 2022, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive du Grand Paris Express.

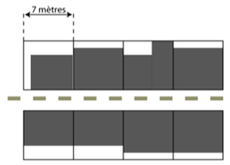
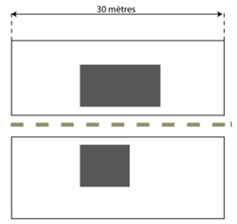
- **A l'horizon cible de réalisation du Grand Paris Express, soit 2030 :**

Cette analyse s'attache à analyser l'effet du projet sur la densification potentielle des territoires dans une situation de projet où tous les tronçons du Grand Paris Express sont réalisés, par rapport à une situation de référence dans laquelle aucun tronçon du Grand Paris Express n'est considéré comme réalisé. L'analyse à l'horizon 2030 permet d'apprécier le rôle de la Ligne 15 Sud au sein du réseau global, en tant que maillon indispensable de l'infrastructure.

Dans cette configuration, deux cadrages prospectifs distincts en matière de projections de population et d'emploi sont pris en compte en situation de projet et en situation de référence. La réalisation de l'intégralité du Grand Paris Express conduit en effet à envisager une croissance socio-démographique accrue dans la région Ile-de-France (conséquence de l'attractivité renforcée de la région du fait de la nouvelle infrastructure), avec, en sus, une localisation préférentielle de la croissance socio-démographique dans les territoires desservis par le réseau.

Les effets du projet sur la lutte contre l'étalement urbain, et les conséquences environnementales qui en découlent, sont analysés grâce aux deux indicateurs présentés dans le tableau suivant.

**Description des indicateurs environnementaux retenus pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol**

| Thématique | Indicateur | Descriptif de l'indicateur | | Variation attendue suite au projet |
|---|---|---|---|---|
| Espaces naturels, agricoles ou boisés | Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle | Ce sont toutes les surfaces d'emprise au sol supplémentaires nécessaires pour accueillir les populations et les emplois supplémentaires sur le territoire. | Différence entre le total des hectares consommés pour l'urbanisation nouvelle en référence vs en projet :<br>à l'horizon 2022<br>à l'horizon 2030 | ↘ |
| Espaces artificialisés | Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle | C'est l'ensemble des Voiries et Réseaux Divers (VRD) qu'il faudra mettre en œuvre pour viabiliser les nouvelles surfaces urbanisées sur d'anciens espaces ruraux ou ouverts. Selon la nouvelle morphologie urbaine créée, la quantité de VRD à créer sera plus ou moins longue. Le schéma suivant illustre comment une urbanisation plus compacte (parcellaire (a)) permet de réduire la longueur des VRD à mettre en œuvre et les coûts externes que cela engendre par rapport à une urbanisation plus diffuse (parcellaire (b))13 :<br>  <br><br>parcellaire (a)<br>  <br><br>parcellaire (b)<br>parcelle bâtiment<br>VRD | Différence entre le total des kilomètres de VRD (Voirie et Réseaux Divers) nouveaux construits en référence vs en projet :<br>à l'horizon 2022<br>à l'horizon 2030 | ↘ |

13 Source : Halleux J.-M, Lambotte J.-M. et Bruck L., 2008, "Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau", Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, pp.21-42, p.28 – Graphisme : Stratec, 2013.

La méthode d'évaluation des impacts est la suivante :

- Sur la base des hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi, et en utilisant des ratios de surface moyenne par habitant et par emploi, il a été possible d'estimer les besoins en surface de plancher supplémentaires, compte tenu des populations nouvelles à venir en référence et en projet.

- Sur la base des hypothèses d'évolution du Coefficient d'Occupation du Sol (COS) entre référence et projet, liées à la densification autour des gares induite par le projet, il est possible de traduire les besoins en surfaces de plancher en surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir la population et les emplois futurs.

- La comparaison des surfaces d'emprise au sol nécessaires entre la situation de référence et en situation de projet permet d'évaluer les effets du projet sur la consommation des espaces urbanisés. Ces surfaces peuvent ensuite être traduites en impacts environnementaux à travers les indicateurs décrits précédemment.

### *1.18.2.1 Impacts directs et indirects*

*a. Création de 700 emplois directs*

Le fonctionnement du projet nécessitera l'intervention de nombreuses personnes que ce soit pour la gestion et le contrôle de la ligne ou pour son entretien. Le nombre total d'emplois créés est difficile à évaluer, mais de manière approximative le projet devrait engendrer environ 700 emplois directs à l'horizon de mise en service de la ligne.

*b. Préservation de 1 500 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon de mise en service*

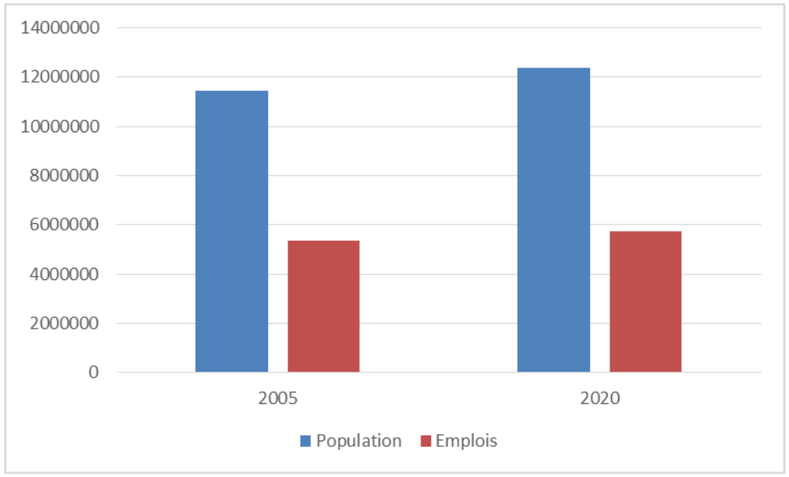
Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France utilisées pour caractériser l'horizon 2022 de mise en service de la Ligne 15 Sud sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent. Elles s'appuient sur un cadrage socio-démographique établi à un horizon court terme (conventionnellement : horizon « 2020 »), élaboré par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme (IAU) de la Région Ile-de-France et consolidé par le STIF. Ce cadrage repose en particulier sur un recensement des projets d'aménagement lancés ou prévus par les collectivités, et permet de prendre en compte des hypothèses de développement urbain directement fondées sur la programmation opérationnelle des projets.

**Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France**

| | 2005 | 2020 | |
|---|---|---|---|
| | Base[1] | Situation de référence et de projet[2] | Évolution par rapport à 2005 |
| **Totaux en Ile-de-France** | | | |
| **Population totale** | 11 433 500 | 12 367 500 | + 934 000 |
| **Emploi total** | 5 360 500 | 5 721 500 | + 361 000 |

1 Source : données INSEE, 2005.

2 Source : Cadrage IAU-STIF, 2014.




**Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France**

Le nombre d'habitants et d'emplois est considéré identique en situation de référence et en situation de projet (aussi bien en termes de volume qu'en termes de répartition de la croissance socio-démographique par commune). Les effets évalués du projet à cet horizon doivent donc être interprétés comme la densification supplémentaire au sein des territoires traversés par la Ligne 15 Sud, en particulier autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

***Indicateur n°1*** : Consommation des espaces par l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020.

Sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées, la mise en service du projet est en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares du projet Ligne 15 Sud, permettant la préservation de 1 470 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020 par rapport à une situation sans projet.

**Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2020 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)**

| Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha) | Différence Projet – Référence | Variation Projet – Référence |
|---|---|---|
| **Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2020** | -1 470 | ↘ |

***Indicateur n°2*** : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020.

La consommation des espaces non bâtis par l'urbanisation nouvelle implique des coûts de viabilisation qui dépendront du type de parcellaire mis en œuvre. En effet, le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influence la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, des formes d'habitat et d'activités peu denses ont pour conséquence d'augmenter les longueurs des infrastructures et des réseaux nécessaires pour desservir un même nombre de ménages et d'activités.

La préservation des espaces non bâtis aujourd'hui de l'artificialisation future (cf. Indicateur n°1), permise potentiellement par le projet, rendra possible une réduction de l'ordre de 330 km de linéaire de VRD à mettre en œuvre à l'horizon 2020 par rapport à une situation sans projet, dans les territoires directement desservis par le projet Ligne 15 Sud.

**Coûts de viabilisation pour l'urbanisation pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2020 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)**

| Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km) | Différence Projet – Référence | Variation Projet – Référence |
|---|---|---|
| **Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2024** | -330 | ↘ |

La réduction de 330 km de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle constitue avant tout un gain économique majeur en faveur du projet, puisque celle-ci implique des coûts moindres en termes de construction, mais également en termes d'exploitation annuelle des services publics (poste, ramassage des ordures, etc.). Ces gains économiques, que la mise en œuvre du projet fera économiser année après année à la puissance publique qui les finance, sont évalués et intégrés au bilan du projet (pour plus de détails, se référer au chapitre relatif à l'analyse des coûts collectifs induits par le projet).

### c. *Préservation de 2 360 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2030*

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France entre 2005 et 2030, avec et sans réalisation du programme Grand Paris Express, sont présentées dans les tableaux suivants. Ce scénario, qui prévoit notamment que la réalisation du Grand Paris Express peut être à l'origine d'une croissance supplémentaire d'environ 115 000 emplois et 50 000 habitants entre 2005 et 2030 (par rapport à la situation de référence), a été qualifié d'hypothèse « raisonnable » par le Conseil scientifique de la Société du Grand Paris.

**Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France**

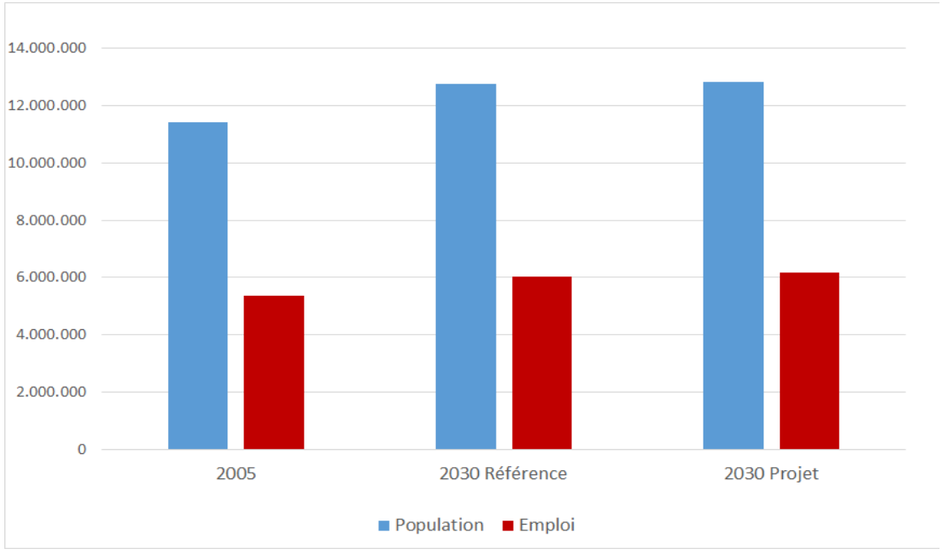
| | 2005 | 2030 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Base[1] | Situation de référence[2] | Évolution par rapport à 2005 | Situation de projet[2] | Évolution par rapport à 2005 |
| **Totaux en Ile-de-France** | | | | | |
| **Population totale** | 11 433 500 | 12 783 500 | + 1 350 000 | 12 833 500 | + 1 400 000 |
| **Emploi total** | 5 360 500 | 6 045 500 | + 685 000 | 6 160 500 | + 800 000 |

1 Source : données INSEE, 2005.

2 Source : cadrages du scénario central de croissance socio-démographique (« S1 »), 2014.

Globalement à l'horizon 2030, le réseau du Grand Paris Express devrait donc permettre de favoriser les créations d'emplois (+17% en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express) et d'attirer davantage d'habitants (+4% en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express) en Ile-de-France.

Cette croissance de la population et de l'emploi serait notamment concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.




**Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France**

La réalisation du Grand Paris Express est susceptible de créer une augmentation des migrations au profit de l'Ile-de-France d'ici à 2030, avec des différences de population et d'emploi en scénario de projet et scénario de référence.

Un double effet est donc observé à l'horizon 2030 :

- une augmentation des migrations en provenance de zones hors Ile-de-France ;
- une densification supplémentaire potentielle de ces populations au sein des territoires traversés par le tracé, par exemple autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

Les résultats pour les deux indicateurs environnementaux à l'horizon 2030 sont présentés ci-après.

***Indicateur n°1*** : Consommation des espaces par l'urbanisation nouvelle d'ici à 2030.

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express favorise la densification à l'échelle de la totalité de l'Ile-de-France, grâce au maillage global apporté par le réseau. La contribution du projet Ligne 15 Sud à cette densification portant sur l'ensemble des territoires franciliens est estimée à environ 2 360 hectares préservés de l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

**Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle dans le périmètre d'étude pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2030 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)**

| Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha) | Différence Projet – Référence | Variation Projet – Référence |
|---|---|---|
| **Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 15 Sud)** | -2 360 | ↘ |

***Indicateur n°2*** : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2024

A l'horizon 2030, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possible par le projet Ligne 15 Sud permettrait d'éviter la construction d'approximativement 520 km de VRD liés à l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Coûts de viabilisation pour l'urbanisation dans périmètre d'étude pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2030 (Source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

| Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km) | Différence Projet – Référence | Variation Projet – Référence |
|---|---|---|
| **Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 15 Sud)** | -520 | ↘ |

*d. <u>Cohérence avec les objectifs du SDRIF</u>*

Le phénomène d'étalement urbain observé sur les deux dernières générations se traduit par une diminution de la densité des zones urbanisées et une dilatation de l'espace urbain vers la périphérie, au détriment de larges espaces naturels principalement agricoles. L'évaluation environnementale du Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) estime que l'artificialisation des terres agricoles se réalise ainsi depuis 20 ans (1990-2008) en Île-de-France au rythme moyen de 1680 hectares par an. Ce phénomène d' « étalement urbain » peut avoir des conséquences multiples s'il est excessif. Les externalités négatives qu'il induit touchent notamment :

- le transport : allongement des déplacements, augmentation de la dépendance au véhicule particulier, augmentation de la congestion sur le réseau routier ;
- l'environnement : augmentation des surfaces artificielles, augmentation de la consommation de carburant, augmentation de la pollution de l'air et des nuisances sonores, consommation des espaces agricoles et naturels et pression sur les écosystèmes ;
- l'aspect social : accentuation de la fracture urbaine et des ségrégations sociales ;
- l'aspect économique : augmentation des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle.

Le SDRIF prévoit la limitation de l'étalement urbain et en particulier la limitation de la consommation des espaces verts, tels que les espaces agricoles, boisés et naturels. La mise en place d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le programme Grand Paris Express permet d'œuvrer dans ce sens. En améliorant significativement l'accessibilité

d'une partie du territoire, il crée la polarisation requise et rend possible la densification (habitants et emplois) à ses abords. Le projet offre donc une opportunité unique d'induire une urbanisation nouvelle, plus attractive et plus durable, à l'échelle du périmètre d'influence et au-delà, à laquelle contribueront, sur les territoires desservis par la Ligne 15 Sud, les Contrats de Développement Territorial (CDT) « Grand Paris Seine Ouest », « Campus Sciences et Santé », « Grandes Ardoines » « Boucles de la Marne » et « Grand Paris Est Noisy-Champs ».

*e. Impacts à proximité des gare de la Ligne 15 Sud – densifications et création de commerces et de services*

Les abords des futures gares du projet sont des zones à enjeux dans la mesure où :

- l'accessibilité en transport en commun sur ces territoires va être fortement (ou très fortement) améliorée, le degré d'amélioration dépendant de la desserte actuelle : cela aura des effets sensibles sur l'évolution du foncier et sur les opérations (démolition-reconstruction, rénovation, constructions) qui y auront lieu ;

- des opérations d'aménagement des territoires seront stimulées par le projet et viendront se greffer à la mise en œuvre des gares du Grand Paris Express : ces projets intensifieront les actions menées aujourd'hui dans le cadre des projets urbains et de logements.

Pour évaluer l'ampleur prévisible de l'évolution de l'occupation des sols aux abords des futures gares de la Ligne 15 Sud par rapport à une situation sans projet, une analyse qualitative été menée. Elle tient compte des critères suivants :

- Les modes d'occupation du sol actuels et l' « élasticité » des territoires ;

- La desserte actuelle en transports en commun et son degré d'amélioration apportée par le projet ;

- Les projets urbains d'envergure aujourd'hui arrêtés qui modifieront, avec ou sans projet, l'occupation des sols aux abords des gares d'ici à 2022.

**Classification du potentiel d'évolution de l'occupation du sol à proximité des futures gares : gris foncé (très fort), gris clair (fort) et blanc (moyen).**

| Gares | Classification et commentaires au regard des projets d'aménagement en cours ou à l'étude autour des gares |
|---|---|
| Pont de Sèvres | La future gare s'inscrit dans un quartier caractérisé par d'importants chantiers, liés en grande partie au projet de requalification du quartier du Pont de Sèvres (entre l'avenue du Général de Gaulle et la rue du Vieux Pont de Sèvres). Hormis les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare, la majeure partie du potentiel de densification réside dans la rénovation de bâtiments, au travers notamment du projet dans le quartier Pont de Sèvres. |
| Gare Issy RER | La future gare s'inscrit dans un quartier dense et résidentiel qui a connu une croissance de population et d'emploi importante (commune d'Issy-les-Moulineaux). Le quartier à proximité de la gare est occupé essentiellement par de l'habitat collectif et présente également un nombre important d'équipements. L'absence de réserves foncières disponibles limite les développements dans la zone et les opportunités de densification résident essentiellement dans la reconversion de bâtiments, notamment au sein de la ZAC Léon Blum. |
| Gare Fort d'Issy | La zone de proximité de la gare est un quartier résidentiel constitué majoritairement d'habitat collectif, et ayant connu une croissance de population et d'emploi importante (commune d'Issy-les-Moulineaux et Châtillon). Les opportunités de densification se concentrent essentiellement sur les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare (environ 3.5 ha) et la reconversion de bâtiments. |
| Gare Châtillon – Montrouge | La future gare s'inscrit dans un quartier dense qui a connu une croissance de population et d'emploi importante (commune de Montrouge). La zone est caractérisée par de l'habitat essentiellement collectif et de larges emprises du secteur de transport ferré. |
| Gare Bagneux | La future gare s'inscrit dans un quartier dense et résidentiel, comprenant une majorité de logements collectifs. La zone est également caractérisée par des parts importantes d'équipements et de services. Les quelques tissus pavillonnaires offrent un potentiel de densification à plus long terme. Le secteur d'implantation de la gare correspond par ailleurs au périmètre de la ZAC Victor Hugo, projet urbain porté par la collectivité. |
| Gare Arcueil-Cachan | La zone de proximité de la gare est assez hétérogène, avec une majorité d'habitat, des équipements et des parcs et jardins. Le potentiel d'évolution de la zone se concentre autour de quelques emprises potentiellement mutables (moins de deux hectares). |

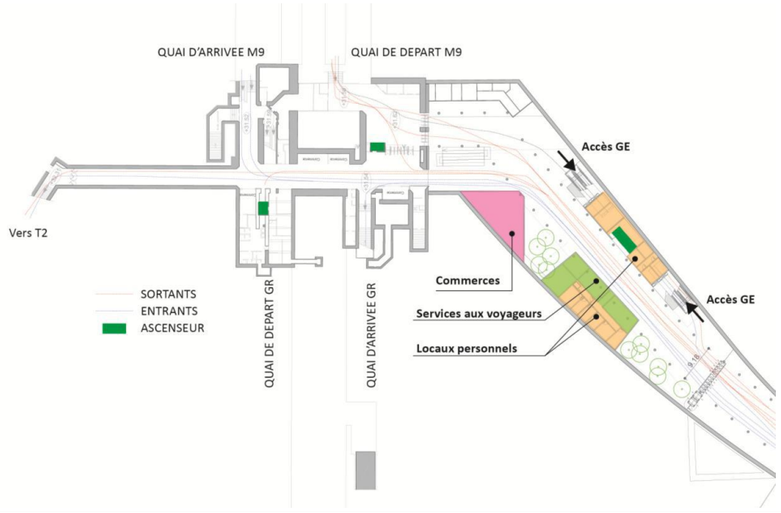
| | |
|---|---|
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy | La gare de Villejuif IGR s'implante dans un parc. Toutefois la zone de proximité de la gare est un quartier dense qui a connu une croissance de population importante (notamment sur la commune voisine du Kremlin-Bicêtre). Le quartier est composé majoritairement d'habitat (en grande partie individuel), d'équipements et de parcs et jardins. La zone se caractérise notamment par la présence du projet d'aménagement « Campus Grand Parc », conduit en procédure de ZAC, et qui vise à développer un campus urbain à vocation internationale, avec des activités de recherche dans les secteurs de la santé et des biotechnologies. Le secteur est actuellement relativement mal desservi par les transports en commun (uniquement en bus) et le projet apportera donc une amélioration significative de l'accessibilité de la zone, augmentant ainsi son attractivité. |
| Gare Villejuif L. Aragon | La future gare s'inscrit dans un quartier relativement dense et résidentiel. L'habitat y est majoritaire, avec un part importante de logements collectifs. La zone comprend également des équipements ainsi que des parcs et jardins. |
| Gare Vitry Centre | La zone à proximité de la gare représente un secteur résidentiel dense, laissant de fait peu de place à de nouveaux aménagements. Les opportunités de densification se concentrent donc essentiellement sur la reconversion de bâtiments. Dans le but de renouveler le bâti existant (principalement construit entre 1949 et 1975), le Plan Local Habitat de la ville fixe, à l'horizon 2017, des objectifs de production de nouveaux logements qui amènera une dynamique de construction à l'échelle de l'ensemble du territoire communal. |
| Gare Les Ardoines | La zone de proximité autour de la gare est un quartier peu dense, caractérisé par une forte présence des activités économiques et industrielles. Les emprises importantes liées aux activités ferroviaires, notamment des zones industrielles et logistiques, ainsi que les quelques terrains encore vacants, offrent des réserves foncières importantes. Les projets dans la zone (ZAC « Gare des Ardoines ») y prévoient notamment la création d'un nouveau quartier mixte. |
| Gare Le Vert de Maisons | La gare s'insère dans une zone assez hétérogène, avec une majorité d'habitat présentant des proportions semblables entre l'habitat collectif et individuel. La zone comporte également des activités économiques et industrielles. Le potentiel de densification dans la zone réside donc essentiellement dans la reconversion de bâtiments. Différents projets de renouvellement urbain actuellement en cours permettront de concrétiser ce potentiel (projet de Renouvellement Urbain Grand Ensemble, projet de Renouvellement Urbain Saint-Pierre – Toulon, projet de Renouvellement Urbain Langevin etc.) |
| Gare Créteil l'Echat | La zone à proximité de la gare se caractérise par une forte emprise routière et des parcs de stationnement. Le quartier regroupe également de nombreux équipements, essentiellement d'enseignement et de santé, ainsi que des bureaux. Le potentiel de mutation est donc limité dans la zone, et se concrétisera au travers de la requalification de certaines emprises. |
| Gare Saint-Maur Créteil | La zone de proximité autour de la gare est un quartier fortement résidentiel, avec une proportion importante d'habitations individuelles. Le quartier comprend également certains équipements, dont de nombreux équipements d'enseignement. Le tissu urbain actuel particulièrement dense limite les opportunités en termes de nouveaux projets à proximité immédiate de la gare. |
| Gare Champigny Centre | Le quartier autour de la gare est une zone mixte, avec une forte proportion d'habitats individuels. Le quartier comprend également des équipements d'enseignement et un cimetière. La future gare est située dans une zone encore mal desservie par les transports en commun : deux lignes de bus passent à proximité. Le projet apportera donc une amélioration significative de l'accessibilité de la zone, augmentant ainsi son attractivité. |
| Gare Bry Villiers Champigny | La zone de proximité de la gare est une zone peu urbanisée avec de nombreux terrains vacants. Le Sud de la zone est occupé par des activités économiques et industrielles. La zone présente donc un fort potentiel de densification. Une partie de ces réserves foncières font déjà l'objet de projets de développement, notamment au travers de diverses ZAC : Simonettes Nord et Sud, Marais de Gaulle, et Marne Europe. De plus, le projet de constitution d'un pôle multimodal d'envergure dans ce secteur améliorera significativement l'accessibilité et l'attractivité de la zone. |
| Gare Noisy-Champs | La zone à proximité de la gare est peu urbanisée et comprend de nombreux espaces verts, essentiellement des bois et forêts ainsi que des parcs et jardins.. Deux projets sont à noter dans la zone : la ZAC de la Haute Maison et le cluster « Ville durable » autour de la Cité Descartes. |

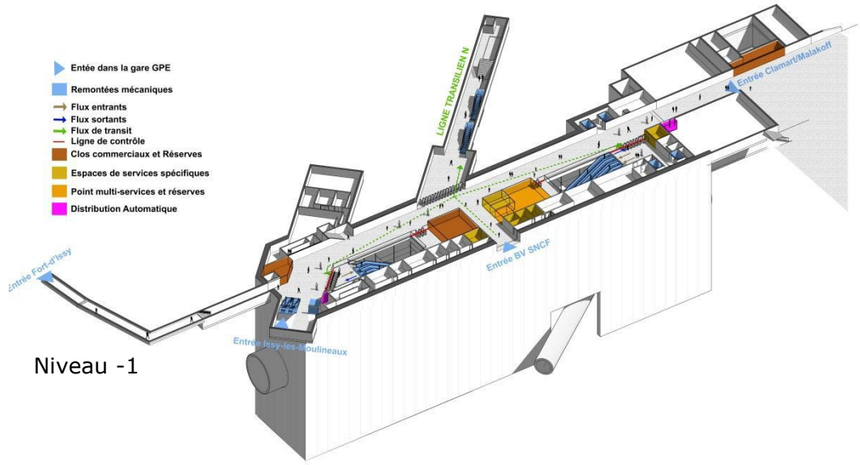
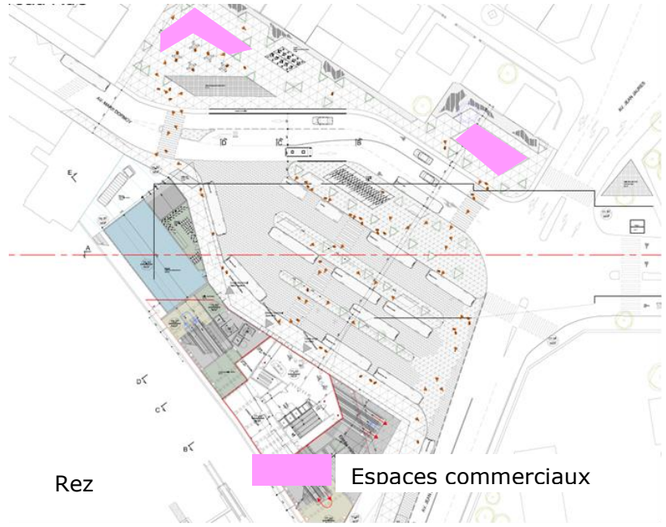
Par ailleurs, la gare n'est pas seulement une infrastructure utile en termes de mobilité, elle est aussi un espace de services aux voyageurs afin, qui participe à l'attractivité du territoire et soutient son développement.

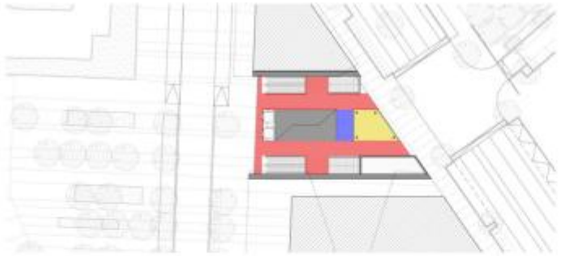
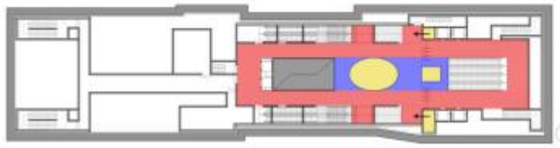
Le projet prévoit la construction de gares non seulement fonctionnelles mais offrant également selon les cas des espaces de services et des commerces en gare, à l'attention des voyageurs et des usagers du réseau de transport.

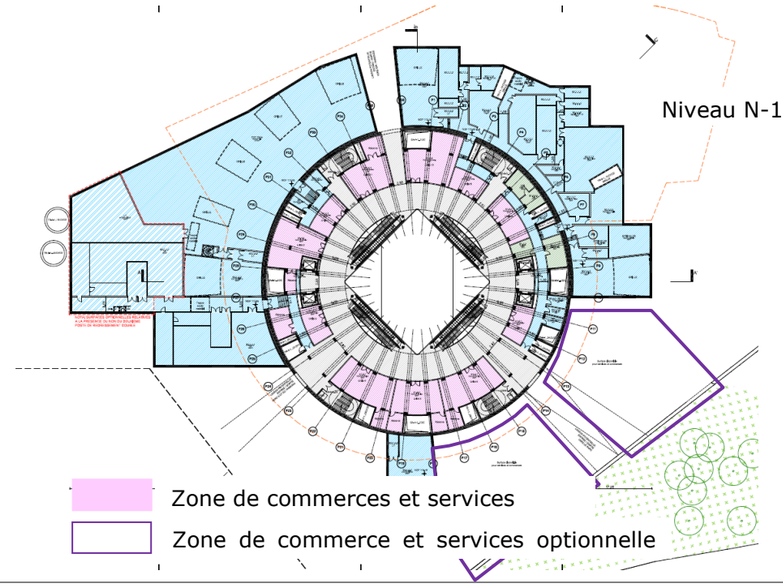
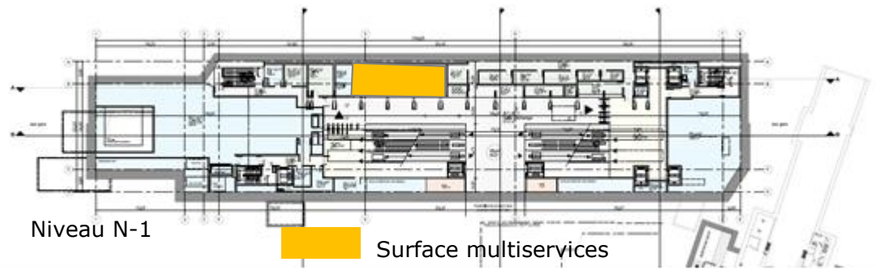
Les espaces dévolus à l'accueil de services aux voyageurs et de commerces en gare sont décrits dans le tableau ci-après.

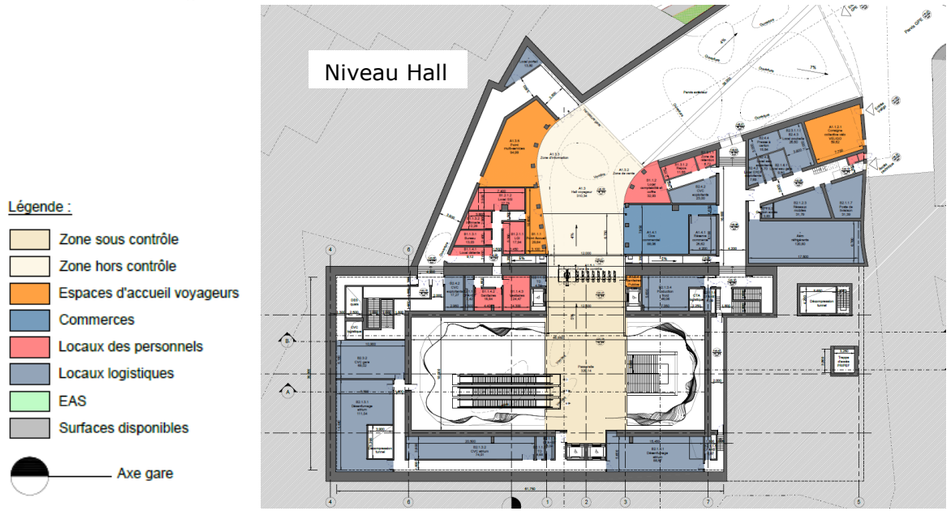
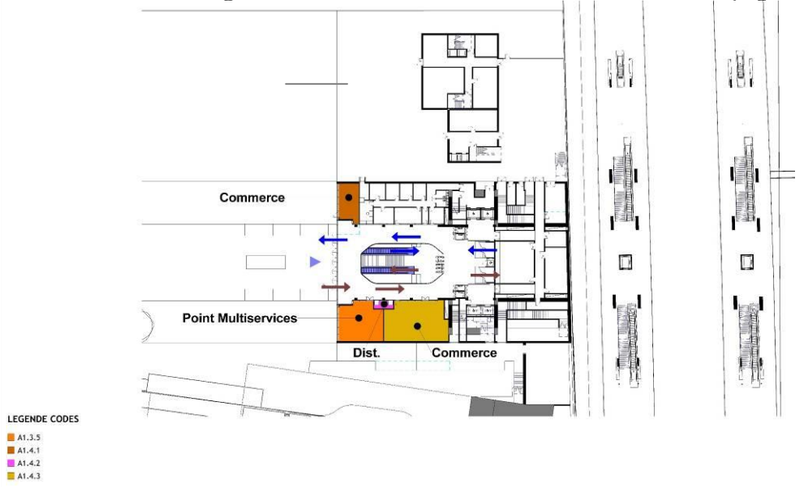
**Espaces de commerces et de services au sein des futures gares**

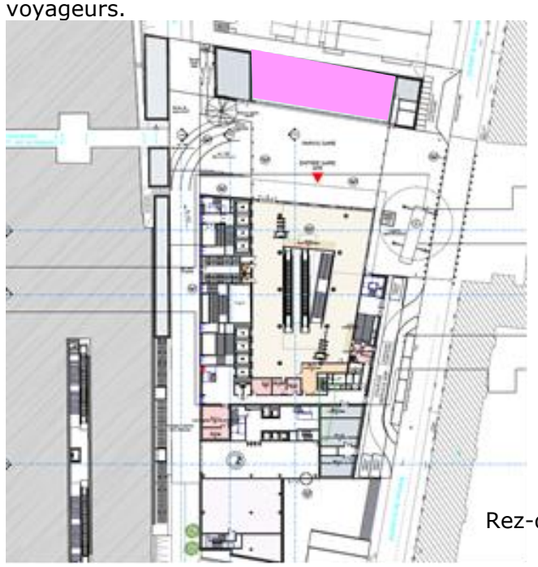
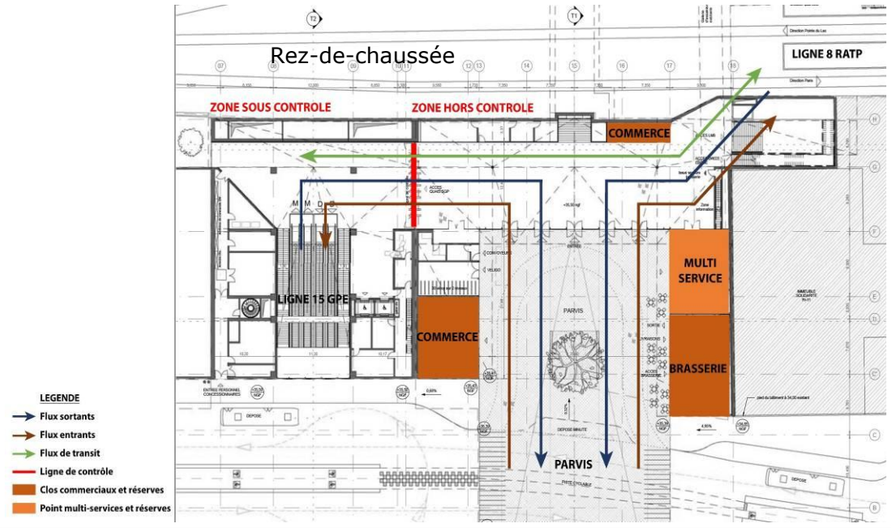
| Gares | |
|---|---|
| Pont de Sèvres | La gare du Pont de Sèvres prévoit dans son hall de correspondances un emplacement pour un espace de commerce et un espace multiservices (260 m²) et une zone de services aux voyageurs (vente, info, accueil etc., 120m²).<br>  |
| Gare Issy RER | Au niveau 0 (parvis), un local multiservices est prévu (50 m²). Des distributeurs automatiques seront installés au niveau des zones de transits voyageurs.<br>  |

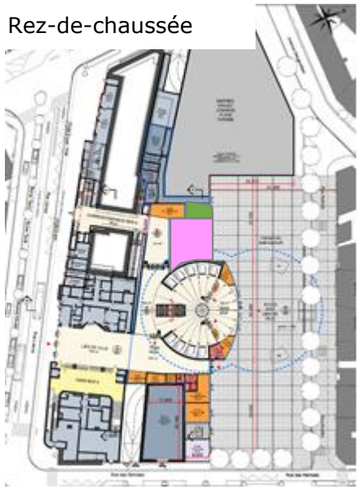
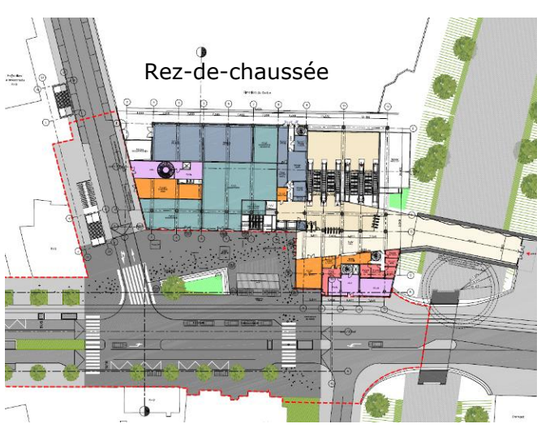
| | |
|---|---|
| Gare Fort d'Issy | Des clos commerciaux sont prévus au niveau -1 (niveau Boulevard des Frères Vigouroux).<br>  <br>Niveau -1 |
| Gare Châtillon – Montrouge | Des espaces commerciaux seront installés à l'extérieur de la gare (130m²), en rose sur la figure ci-dessous, sur le parvis entre l'avenue Marx Dormoy et l'avenue Jean Jaurès.<br>  |

| | |
|---|---|
| Gare Bagneux | La gare de Bagneux prévoit la création de surfaces dédiées aux commerces qui seront implantés au RDC et au -1.<br>  <br>Rez<br>Commerces et services<br>Zone de mouvement<br>Zone statique<br>  <br>Niveau -1 |
| Gare Arcueil-Cachan | Les services et commerces sont implantés au rez-de-chaussée.<br>  <br><br>Espaces commerciaux |

| | |
|---|---|
| Gare Villejuif Institut Gustave Roussy | La gare de Villejuif IGR prévoit la création de surfaces commerciales ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée (250m²) et d'une plus grande surface de commerces au niveau N-1 (780m²). Considérant la position privilégiée de la gare dans la ville, une extension conséquente de ses surfaces commerciales (1200m² supplémentaires) vers le parc pourrait être envisagée.<br>  <br>Niveau N-1<br>Zone de commerces et services<br>Zone de commerce et services optionnelle |
| Gare Villejuif L. Aragon | Au niveau -0,5 de la Gare Villejuif L. Aragon, un espace multiservice de 80 m² est prévu.<br>  <br>Niveau N-1<br>Surface multiservices |

| | |
|---|---|
| Gare Vitry Centre | La gare de Vitry Centre proposera des espaces réservés aux commerces (110m²) avant la ligne de contrôle (RDC) ainsi que des distributeurs automatiques (5 m²). Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (150m²).<br>  |
| Gare Les Ardoines | La gare des Ardoines proposera des espaces réservés aux clos commerciaux (40m²) destinés aux flux de voyageurs ainsi que des distributeurs automatiques (4). Des espaces de c Niveau Hall de RERC n seront également proposés (120 m²). Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (150 m²).<br>  |

| | |
|---|---|
| Gare Le Vert de Maisons | La gare Le Vert de Maisons proposera un espace de commerce au rez-de-chaussée, à l'extérieur de la gare, ainsi que plusieurs surfaces destinées aux services aux voyageurs.<br>  |
| Gare Créteil l'Échat | La gare de Créteil l'Echat proposera des espaces réservés aux clos commerciaux (410 m²) dont une brasserie ainsi que des distributeurs automatiques. Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (170 m²). Les surfaces commerciales ainsi que le point multi-services seront situés au RDC avant les zones sous contrôle.<br>  |

| | |
|---|---|
| Gare Saint-Maur Créteil | La gare de Saint-Maur Créteil prévoit la création de surfaces commerciales ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée (250m²).<br>Rez-de-chaussée<br>  <br>Zone de commerces annexe<br>Zone de services |
| Gare Champigny Centre | Dans le hall d'entrée de la Gare Champigny Centre, l'espace de vente, l'espace d'accueil et la zone d'information se déploient dans la continuité du point multi-services, regroupant ainsi les espaces de services associés, face à la ligne de contrôle.<br>  <br>Rez-de-chaussée<br>Périmètre d'étude de reconstitution des espaces publics<br>Zone sous contrôle<br>Zone hors contrôle<br>Équivalent EAS<br>Locaux des personnels<br>Locaux logistiques<br>Commerces<br>Surfaces disponibles<br>Zone sous contrôle tiers<br>Espaces d'accueil voyageurs<br>Locaux techniques RFF / RATP |

| | |
|---|---|
| Gare Bry Villiers Champigny | La gare de Bry Villiers Champigny prévoit la création de 650m² de surfaces commerciales/services ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée de la gare. Des espaces de services aux voyageurs seront répartis au RDC et aux niveaux -2 et -3.<br>Rez-de-chaussée<br>  |
| Gare Noisy-Champs | La Gare de Noisy Champs proposera 300 m² de surfaces commerciales ainsi 260 m² de services dédiés aux voyageurs. Ces surfaces seront réparties de façon ponctuelle et indépendante au rez-de-chaussée de la gare.<br>Légende :<br>Ligne de contrôle<br>Point multi-services et réserves<br>Clos commerciaux et réserves<br>Espaces de services spécifiques<br>Distribution automatique<br>  <br>Rez-de-chaussée |

### *1.18.2.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation*

Puisque les impacts du projet en phase d'exploitation relevés sont positifs, il n'y a pas lieu de mettre en place des mesures d'évitement ou de réduction, mais, au contraire, de mettre en place des mesures visant à maximiser les effets du projet.

*a. Mesures d'optimisation*

Le développement d'une infrastructure de transport en commun de l'envergure de celle du projet s'inscrit dans une stratégie politique de développement économique des territoires de l'Ile-de-France.

Il faut cependant noter qu'à lui seul, le projet ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés dans ce chapitre seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (qui échappent aux compétences du maître d'ouvrage) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc essentiel que le projet soit intégré dans un programme d'aménagement du territoire, volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de la population et de l'emploi ;
- créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;
- assurer un développement urbain respectueux de l'environnement et conforme aux objectifs du Grenelle de l'Environnement.

La mise en œuvre d'un tel programme d'aménagement du territoire se traduit notamment par la mise en place de Contrats de Développement Territorial (CDT) qui permettent aux collectivités territoriales associées à l'Etat d'élaborer un projet ambitieux pour leur territoire en termes d'urbanisme, d'économie, de transport et d'environnement. Les objectifs suivants sont notamment fixés par les cinq CDT à proximité du tracé du projet :

- Le CDT « Grand Paris Seine Ouest », rassemblant un total de 307 000 habitants et 166 000 emplois sur 32 km², fixe un objectif de construction de 2 000 logements neufs par an ;
- Le projet de CDT « Campus – Sciences et Santé », rassemblant un total de 8 communes soit 260 000 habitants et 90 000 emplois, fixe un objectif de construction de 1 700 logements par an pendant 15 ans ;
- Le CDT « Grandes Ardoines », rassemblant un total de 169 000 habitants et 48 000 emplois, fixe un objectif de 1 390 logements par an entre 2012 et 2018 ;
- Le projet de CDT « Boucles de la Marne » se focalise sur le développement économique afin de permettre un équilibre sur ce secteur entre habitat et emploi. Les collectivités s'engagent également à contribuer à l'effort métropolitain de production de logements sur ce territoire, mais il n'y a cependant pas encore d'objectif chiffré à ce stade ;
- Le projet de CDT « Grand Paris Est Noisy-Champs » concerne une population de plus de 90 000 habitants et de près de 40 000 emplois. Le CDT vise à renforcer ce territoire dans son rôle de pôle économique et urbain de l'Est parisien et à le positionner comme démonstrateur de la transition énergétique. Ce CDT prévoit la construction de 900 logements par an en moyenne pendant 15 ans.

*b. Mesures de suivi dans le temps*

En matière d'aménagement du territoire, il est nécessaire de suivre et d'évaluer la compacité du développement urbain à venir. Pour ce faire, deux outils existent :

- L'EVO MOS, ou Évolution du Mode d'Occupation du Sol, permet de spatialiser et de quantifier la surface rurale qui s'est urbanisée. Il existe pour les 30 dernières années. Son actualisation permettra d'apprécier l'évolution du phénomène d'étalement urbain.

- L'îlot MOS, qui existe aujourd'hui sur la base du recensement, définit le nombre de résidents à l'îlot.

En complément de ces outils, la Société du Grand Paris procède à la mise en place, avec ses partenaires, d'un dispositif qui permettra de faire le point régulièrement sur l'évolution localisée de l'emploi, de la population, des constructions de logements et de bureaux ainsi que des prix immobiliers, et de comparer ces évolutions avec les prévisions sous-jacentes aux évaluations du projet.

*c. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux effets sur la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol*

Les mesures d'optimisation consistent principalement en l'utilisation ou l'élaboration d'outils de planification, ce qui n'implique pas nécessairement de coûts directs et ne relève pas de la responsabilité du maître d'ouvrage.

## 1.18.3 Synthèse des impacts à l'échelle du projet

Le tableau page suivante présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Légende :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pas d'enjeu | Enjeu faible | Enjeu modéré | Enjeu fort | |
| Pas d'impact | Impact faible | Impact modéré | Impact fort | Impact positif |

**Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** *(Boulogne-Billancourt, Meudon, Saint-Cloud, Sèvres)* | Croissance démographique et crise du logement | La croissance de la population attendue n'est pas particulièrement prononcée dans ce secteur | Néant |
| | Consommation des espaces et densification | Préservation d'environ 482 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet |
| | | Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-107 km) | Néant |
| | | Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes) | Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus.<br>Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires |
| | Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales | Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section | Néant |
| | | Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express | Néant |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** *(Bagneux, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Montrouge, Vanves)* | Croissance démographique et crise du logement | Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir |
| | Consommation des espaces et densification | Préservation d'environ 857 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet |
| | | Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-190 km) | Néant |
| | | Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes) | Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus.<br>Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires |
| | Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales | Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section | Néant |
| | | Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express | Néant |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** *(Arcueil, Cachan, l'Haÿ-les-Roses, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)* | Croissance démographique et crise du logement | Développements démographiques importants prévus sur cette section notamment sur les communes du Kremlin-Bicêtre et de Cachan | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir |
| | Consommation des espaces et densification | Préservation d'environ 311 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet |
| | | Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-69 km) | Néant |
| | | Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes) | Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus.<br>Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires |
| | Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales | Attraction d'emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi |
| | | Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express | Néant |
| | | Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une moins bonne accessibilité (notamment le quartier de la future gare de Villejuif IGR) | Néant |
| **Vitry Centre à Champigny Centre** *(Alfortville, Choisy-le-Roi, Créteil, Maisons-Alfort, Vitry-sur-Seine, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)* | Croissance démographique et crise du logement | Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir |
| | Consommation des espaces et densification | Préservation d'environ 396 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet |
| | | Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-88 km) | Néant |
| | | Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes) | Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus.<br>Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires |
| | Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales | Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | | Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express. | Néant |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** *(Champs-sur-Marne, Emerainville, Noisy-le-Grand, Bry-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne)* | Croissance démographique et crise du logement | Les développements démographiques prévus sur cette section se concentrent sur les communes de Champs-sur-Marne, Emerainville et Villiers-sur-Marne qui verront leur population augmenter à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir |
| | Consommation des espaces et densification | Préservation d'environ 316 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet |
| | | Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-70 km) | Néant |
| | | Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes) | Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus.<br>Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires |
| | Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales | Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence | Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi |
| | | Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express | Néant |
| | | Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une accessibilité moindre (notamment les quartiers des futures gares de Champigny Centre et Bry – Villiers Champigny) | Néant |

## 1.19 Urbanisme réglementaire

Le décret 2014-1607 du 24 décembre 2014 a déclaré les travaux de la Ligne 15 Sud d'utilité publique et urgents.

Ce décret déclare également les documents d'urbanisme des communes concernées, POS ou PLU compatibles avec le projet.

L'analyse des impacts du projet sur les documents d'urbanisme n'a donc pas lieu d'être.

Pour les autres documents, cette analyse porte sur la compatibilité du projet aux documents de structuration de l'espace.

Cette analyse est présentée au chapitre 5 du présent document.

## 1.20 Risques Technologiques

Cette partie s'attache à décrire les impacts générés sur la Ligne 15 Sud par les installations industrielles dites « à risques » (ICPE hors Seveso et ICPE SEVESO) en phase chantier et en phase d'exploitation.

### 1.20.1 Rappel des enjeux

Les risques technologiques résultent de l'activité économique actuelle. Ils se matérialisent potentiellement par divers phénomènes dangereux tels que les incendies, les explosions, les radiations, et tout autre phénomène modifiant les propriétés physico-chimiques de l'environnement.

Les ICPE soumises à autorisation présentent un périmètre de risque limité (en général contenu dans les limites physiques de l'installation). Ainsi, les installations ICPE présentant de réelles contraintes sont celles situées en proximité immédiate des ouvrages (soit à une distance inférieure à 200).

Les installations SEVESO seuil haut, quant à elles, présentent des périmètres de vigilance plus larges (les effets dangereux sont ressentis à des distances plus importantes, en dehors du périmètre du site exploité), qui varient selon les caractéristiques de l'installation (sauf règlement spécifique).

L'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud fait la présentation illustrée de ce propos. Le lecteur s'y réfèrera en cas de besoin.

#### *1.20.1.1 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) – hors établissements SEVESO*

En ce qui concerne la Ligne 15 Sud, il convient de noter que :

- Trente-trois ICPE (ICPE dont les activités peuvent interférer avec le développement d'un métro, voir l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud) se situent au sein du fuseau de 500m de la Ligne 15 Sud,

- Huit ICPE sont situées à moins de 200m d'un ouvrage du tracé de la Ligne 15 Sud.

#### *1.20.1.2 Établissements classés SEVESO*

Cinq établissements SEVESO sont situés dans un fuseau de 3km de la Ligne 15 Sud. Il s'agit :

- Du site DELEK France, classé SEVESO Seuil Haut, et situé dans le secteur de la gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine ;

- Du site Véolia Eau Ile de France, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud sur la commune de Choisy-le-Roi ;

- Du site Véolia Eau Ile de France, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud, sur la commune de Noisy-le-Grand ;

- Du site SIAAP, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud, sur la commune de Valenton;

- Du site EDF CETAC, classé SEVESO Seuil Bas, et situé aux abords de l'OA Friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine .

NB : Le site Seveso DELEK France, détenu par le groupe TDR Capital LLP a changé de nom le 26 février 2015. Le site Seveso a ainsi été renommé European Forecourt Retail Group (EFR Group). Cette évolution est survenue au cours de la rédaction de la présente étude d'impact. Ainsi, le nom de DELEK France a été conservé et fait aujourd'hui référence au site rebaptisé EFR Group.

### 1.20.2 Impacts et mesures en phase chantier

Au regard du projet, plusieurs typologies d'impacts sont à envisager :

- Des impacts pour la sécurité du chantier vis-à-vis de sa proximité avec les activités à risque identifiées sur le territoire (ICPE ou SEVESO) ;

- Des impacts pour la sécurité du chantier en raison de la présence éventuelle d'ICPE temporaires sur les bases chantier et de l'acheminement des matériaux nécessaires au projet (exemple des centrales béton).

Ces deux aspects sont abordés successivement dans le présent chapitre.

#### *1.20.2.1 Proximité d'installation classées avec les chantiers*

*a. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement*

Comme précisé plus haut, trente-trois ICPE s'inscrivent au sein du fuseau de la Ligne 15 Sud. Seules certaines d'entre elles se situent à une distance inférieure à 50m d'une base de chantier :

- Le dépôt SNCF Montrouge, situé à moins de 50m de la gare de Châtillon-Montrouge sur la commune de Bagneux.

- L'Institut Gustave Roussy, situé à moins de 100m de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy sur la commune de Villejuif,

- La chaufferie SCUC Echât Ouest, située à quelques dizaines de mètres de la gare de Créteil L'Echât sur la commune de Créteil,

- La chaufferie SCUC Echât Est, située à quelques mètres de la gare de Créteil l'Echât et du tunnel sur la commune de Créteil,

- Le CHU Henri Mondor, situé à quelques dizaines de mètres à l'est du tunnel sur la commune de Créteil,

- La chaufferie EDF située à moins de 100m de l'OA Friche Arrighi, sur la commune de Vitry-sur-Seine,

- Le site SANOFI AVENTIS, situé à proximité de la gare des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

- La société APIGS, située à quelques mètres du SMI de Vitry-sur-Seine.

En raison de la distance séparant le tunnel (et ses émergences) de la Ligne 15 Sud et les sites d'implantation des ICPE, l'impact est localisé sur cinq secteurs :

- Au niveau des alentours de la gare de Créteil l'Echât, et plus particulièrement de la chaufferie SCUC Echât Est au regard de sa forte proximité avec le projet (quelques mètres).

  Cette chaufferie sera déplacée avant le début des travaux de la gare de Créteil L'Echât.

  **L'impact direct du projet sur la chaufferie SCUC est donc considéré comme modéré au niveau de la gare de Créteil L'Echât.**

- Au niveau de la gare des Ardoines, du fait de la proximité du site SANOFI AVENTIS. D'après le zonage réglementaire, la gare se situe partiellement (partie au-dessus des voies ferrées) dans une zone d'effets indirects par bris de vitres. Il en est de même de l'Ouvrage spécial Friche Arrighi et de son poste de redressement.

  **L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme modéré au niveau de la gare des Ardoines.**

- Au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge, au regard de sa proximité avec le dépôt SNCF Montrouge. Par ailleurs, les activités du site ne constituent pas de risque important.

  **L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme faible au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge.**

- Au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine, au regard de sa proximité avec le site APIGS. Par ailleurs, les activités du site ne constituent pas de risque important.

  **L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme faible au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine.**

- Au niveau de la gare de Villejuif IGR, au regard de la proximité avec l'Institut Gustave Roussy. Par ailleurs, des activités sensibles sont menées au sein de l'institut.

  **L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme modéré au niveau de la gare de Villejuif IGR.**

*b. Canalisations de pétrole et de gaz*

Les canalisations de pétrôle et de gaz haute pression impliquent des servitudes d'utilité publique relatives aux risques associés.

En application des articles R555-30 et R555-31 du code de l'environnement de l'arrêté du 5 mars 2014, les projets d'ERP de plus de 100 personnes doivent effectuer une analyse de compatibilité avec ces canalisations. Cette analyse est réalisé par leporteur de projet sur labase des éléments fournis par le gestionnaire de réseau lors des rencontres de concertation.

Au niveau de la ligne 15 sud, concernant :

- Les canalisations de transport de pétrole (TRAPIL) :

  - La gare des Ardoines se situe en proximité.d'une canalisation de ce type. Cette gare constitue un ERP concerné par la législation. Pour autant, le zonage réglementaire associé à la canalisation TRAPIL n'intercepte pas l'emprise de la gare.

- Le puits d'attaque tunnelier Friche Arrighi se situe quant à lui l'intérieur du périmètre létal mais ne constitue pas un ERP. Il n'est donc pas concerné par la rubrique en question.

- Les canalisations de transport de gaz (GRT Gaz) :

  - La gare de Pont de Sèvres est située en proximité d'une canalisationde ce type. Pour autant, le chapitre 1.7.1.1 indique que celle-ci sera abandonnée en 2016, soit avant la mise en service. La gare, bien que située dans le périmètre létal, n'est pas concernée.

  - La gare de Le Vert de Maisons se situe également dans le périmètre létal d'une canalisation de transport de gaz haute pression. Deux solutions ont été définies pour prendre en compte cette proximité. Ces solutions sont exposées dans le chapitre 1.7.1.1 de la pièce B3 du dossier. Ces mesures permettent la compatibilité du projet avec la proximité de la canalisation et doivent servir de support à l'analyse de compatibilité à produire.

### c. *Installations SEVESO*

Les travaux réalisés dans le cadre de l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud ont permis d'identifier 5 sites SEVESO dont les caractéristiques sont brièvement rappelées dans le tableau ci-dessous.

**Caractéristiques sommaires des sites SEVESO**

| | ***DELEK FRANCE à Vitry-sur-Seine*** | ***EDF CETAC à Vitry-sur-Seine*** | ***Véolia Eau IdF à Choisy-le-Roi*** | ***Véolia Eau IdF à Noisy-le-Grand*** | ***SIAAP à Valenton*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Localisation** | Situé à environ 250m de la gare des Ardoines, de l'OA Rue Gabriel Péri et à 200m de l'OA Friche Arrighi | Situé à environ 100m de l'OA Friche Arrighi Vitry | Situé hors du fuseau de 500m | | |
| **Seuil SEVESO** | Seuil Haut | Seuil Bas | | | |
| **Typologie de risques** | Incendie, explosion, pollution principalement | | Pollution principalement | | |
| **Protection réglementaire** | PPRT[14], POI[15], PPI[16]<br>Un zonage réglementaire aux abords du site contraint les aménagements urbains | POI, PPI<br>Aucun des zonages réglementaires n'interdit la construction d'équipements aux abords du site | | | |

*<u>Nota</u> : Les activités font l'objet d'un POI et d'un PPI définissant les consignes de sécurité à adopter en cas d'incident majeur par les usagers et riverains des exploitations*

**<u>Le site Seveso Seuil Haut DELEK France</u>**

Au niveau de la Ligne 15 Sud, le zonage réglementaire associé au site de DELEK France est en interaction avec la gare des Ardoines, l'OA Rue Gabriel Péri, l'OA spécial Friche Arrighi ainsi que le poste de redressement situé à côté.

La présentation du dépôt pétrolier DELEK France et du PPRT en projet associé est consultable dans l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud.

L'élaboration du PPRT a été prescrite par arrêté préfectoral du 6 avril 2009. Le délai d'élaboration du PPRT a été **prolongé jusqu'au 31 mars 2015**, par arrêtés préfectoraux n°2010/6992 du 5 octobre 2010, n°2011/3240 du 3 octobre 2011, n°2013/1040 du 25 mars 2013 et n°2014/6997 du 3 octobre 2014.

En outre, l'arrêté n°2014/7081 du 13/10/2014 a porté ouverture de l'enquête publique du projet de PPRT. Celle-ci s'est déroulée du 3 novembre au 3 décembre 2014 inclus, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Le PPRT a finalement été approuvé le 30 mars 2015 par arrêté préfectoral n°2015/765.

---

[14] *PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques*
[15] *POI : Plan d'Organisation Interne de l'industriel*
[16] *PPI : Plan Particulier d'Intervention du Préfet*

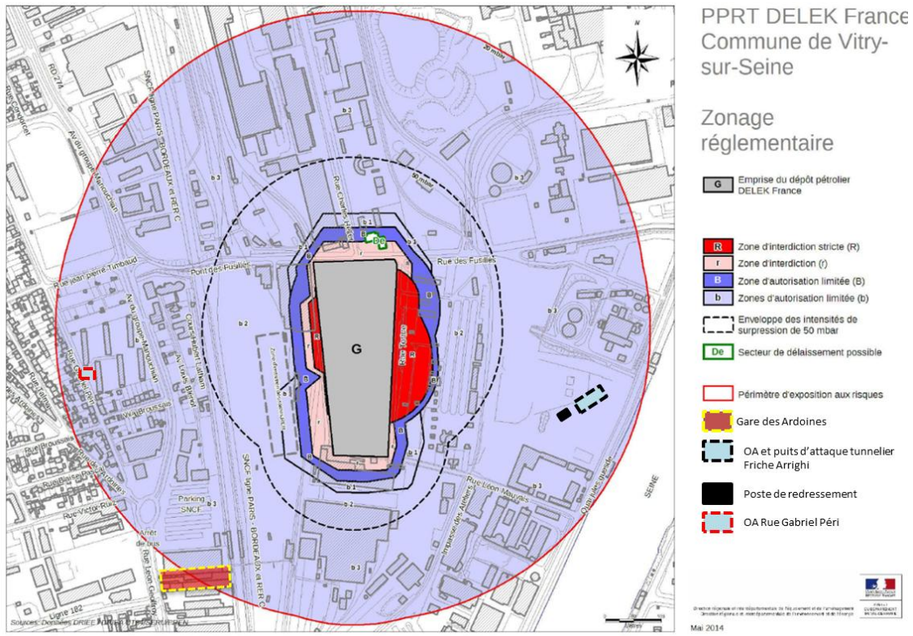
En termes réglementaire, les interactions entre le PPRT en projet et les ouvrages de la Ligne 15 Sud concernés sont les suivantes:

- La gare des Ardoines soumise à la zone d'autorisation limitée « b3 » ;

- L'ouvrage spécial Friche Arrighi (qui offre une double fonctionnalité : démarrage de deux tunneliers (en phase travaux), et ouvrage de ventilation, désenfumage et accès de secours (en phase exploitation) et le poste de redressement à proximité, soumis à la zone d'autorisation limitée « b3 » ;

- L'ouvrage annexe Rue Gabriel Péri, soumis à la zone d'autorisation limitée « b3 ».

La zone « b3 » correspond, d'après le projet des enveloppes des intensités du PPRT, à une surpression de 20 à 35 mbars.




**Interaction entre le zonage réglementaire du site DELEK France et les ouvrages de la Ligne 15 Sud (Source : PPRT de Vitry-sur-Seine)**

**<u>L'article 18 du Règlement du PPRT précise :</u>**

*« Article 18 – Projets nouveaux autorisés sous réserve : Sont admis sous réserve du respect de prescriptions constructives (résistance à des effets de surpression) :*

- *les infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation ;*

- *les établissements recevant du public (ERP) qui ne sont pas considérés comme difficilement évacuables ».*

La Ligne 15 Sud correspond à une infrastructure de transport. L'Article 18 du PPRT permet donc la construction et l'exploitation de celle-ci sous réserve du respect de prescriptions constructives.

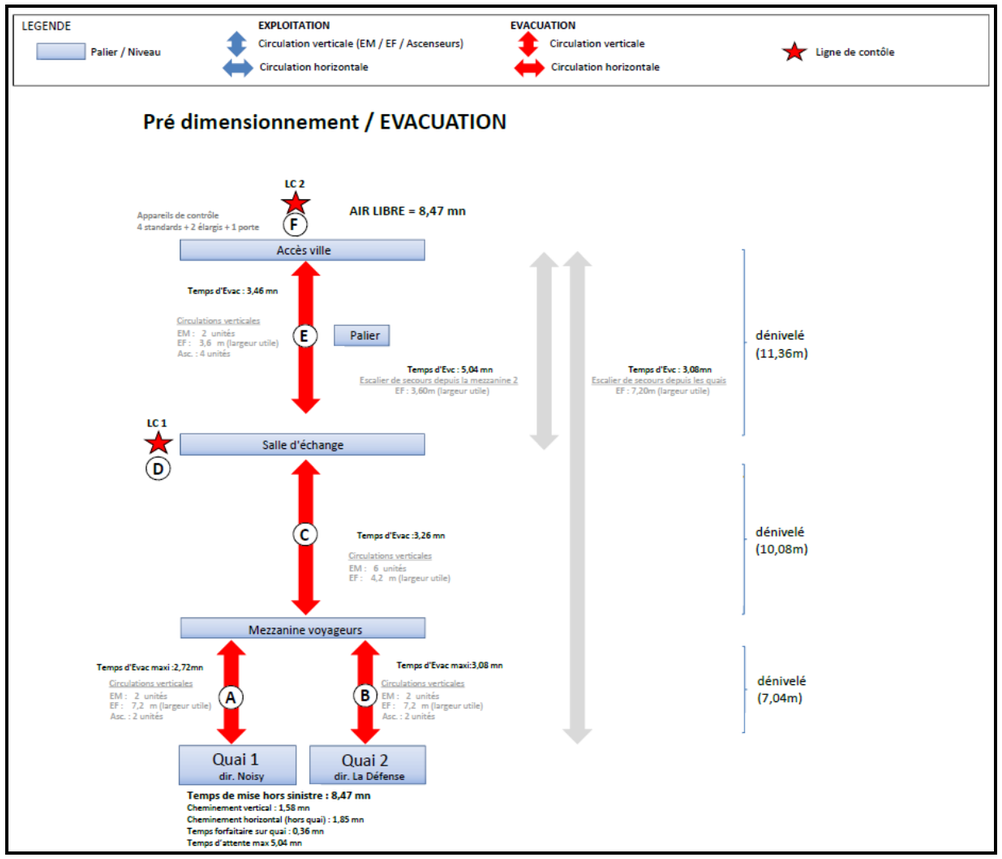
**L'OA Friche Arrighi, son poste de redressement associé, ainsi que l'OA Rue Gabriel Péri correspondent aux équipements nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation de la Ligne 15 Sud. L'Article 18 du PPRT permet donc leur construction et exploitation sous réserve du respect de prescriptions constructives.**

La gare des Ardoines, située sur la commune de Vitry sur Seine est bien un établissement recevant du public (ERP) de type « GA - Gares accessibles au public ».

Le dimensionnement et les caractéristiques de la gare ont été définis pour assurer la bonne évacuation des usagers. Les sorties, les éventuels espaces d'attente sécurisés et les dégagements intérieurs qui y conduisent sont aménagés et répartis de telle façon qu'ils permettent l'évacuation ou la mise à l'abri préalable rapide et sûre des personnes. Leur nombre et leur largeur sont proportionnés au nombre de personnes appelées à les utiliser. L'établissement dispose de deux sorties au moins conformément au Code de la Construction et de l'Habitation, Article R*123-7.

Elle est classée en fonction de son effectif de 1451 personnes en établissement 2ème catégorie de type GA avec activité de type M. Deux escaliers encloisonnés en 3UP permettent de dégager les voyageurs de chaque quai jusqu'à l'extérieur en 6,64 minutes. Le temps de sortie des quais est quant à lui de 3.08 minutes et de mise hors sinistre de 8,47 minutes.

Des espaces d'attente sécurisés sont aménagés aux deux extrémités de chaque quai et au niveau de la salle d'échange. L'espace des quais est isolé des espaces superposés, ce qui permet de protéger les circulations verticales regroupées dans le volume de la mezzanine.

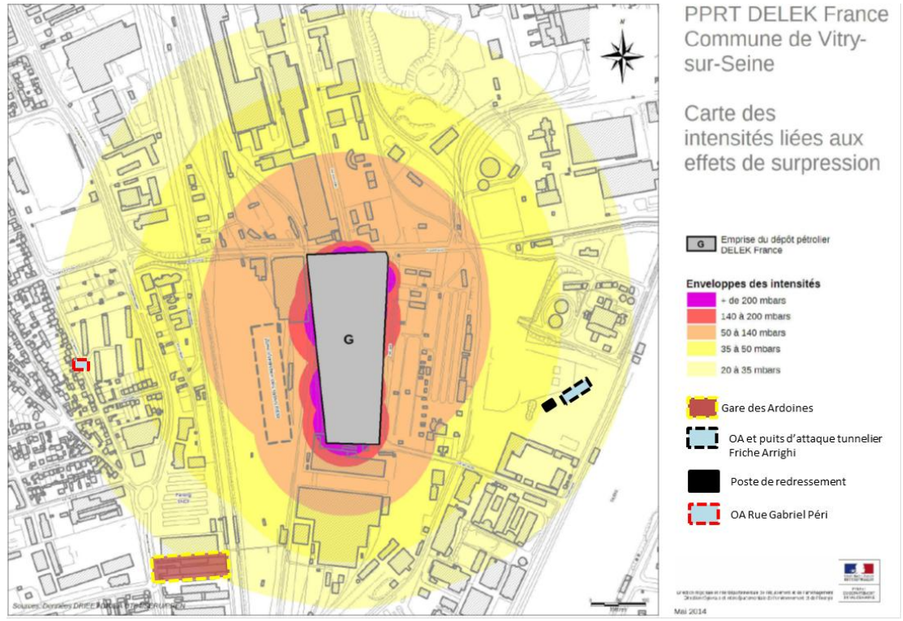



**Le projet retenu permet d'assurer l'évacuation des usagers en moins de 10 minutes. La gare des Ardoines peut être considérée comme un « *ERP facilement évacuable* ». L'implantation de la gare des Ardoines de la Ligne 15 Sud est compatible avec les prescriptions du PPRT en vigueur.**

**En outre, le PPRT impose des prescriptions constructives** :

*« Les projets, notamment les **vitrages**, doivent présenter des caractéristiques de nature à garantir leur résistance à des effets de surpression dont l'intensité, comprise entre 20 mbar et 50 mbar, est donnée par la « carte des intensités liées aux effets de surpression. Ces caractéristiques seront définies par une étude obligatoire et spécifique à la charge du maître d'ouvrage. »*

La carte des intensités liées aux effets de surpression est donnée ci-dessous :




**Interaction entre la carte des intensités liées aux effets de surpression du site DELEK France et les ouvrages de la Ligne 15 Sud (source : PPRT de Vitry-sur-Seine)**

En outre, le PPRT impose des mesures de consolidation sur les façades, en plus de la tenue aux charges climatiques. Ainsi, le PPRT impose aux murs rideaux de résister à une surpression de l'ordre de 35mbar.

Seul l'aléa de bris de glace impacte la gare des Ardoines et les Ouvrages Annexes présents dans le périmètre des effets de surpression du site DELEK France. De ce fait, les ouvrages sont peu impactés, et la prise en compte d'une surpression de 35mbar sera prise en compte au niveau des façades et des vitrages.

**S'agissant des prescriptions constructives, le projet prévoit que les vitrages de la gare devront résister à une surpression de 20 mbars.**

**Le site Seveso Seuil Bas EDF CETAC**

Concernant le site SEVESO seuil Bas EDF CETAC, la proximité avec l'OA Friche Arrighi et le poste de redressement constitue un point sensible. Si le site n'est pas pris en compte par le PPRT, l'impact ne peut pas être négligé au regard de l'activité du site et des risques associés : explosion, feu de cuvette, feu de passerelle, boil over, feu de nappe etc. En outre, un porté à connaissance des risques technologiques daté du 11 mars 2009 existe. Celui-ci s'accompagne de cartes d'aléas thermiques et de surpression.

L'Ouvrage Spécial Friche Arrighi est en effet situé dans la zone à risque de feu de nappe. Il est en dehors des zones à risque des autres phénomènes dangereux. La gare des Ardoines est quant à elle située hors de la zone de risque.

De manière générale, l'impact direct potentiel des installations SEVESO DELEK France et EDF CETAC sur le projet, en phase chantier, est fort. Il est localisé au niveau du secteur des Ardoines et porte sur la gare des Ardoines, l'ouvrage spécial Friche Arrighi et l'ouvrage annexe Rue Gabriel Péri.

### 1.20.2.2 Risque technologique lié aux activités de chantier

Certains des matériels et des produits utilisés sur les bases chantier relèvent de la nomenclature des ICPE de l'article R511-9 du code de l'environnement.

La liste complète des matériels[17] et produits qui seront effectivement utilisés n'est pas définie à ce jour. Quelle que soit cette liste, la réglementation relative aux ICPE sera appliquée aux bases chantier recevant des matériels et produits à risques.

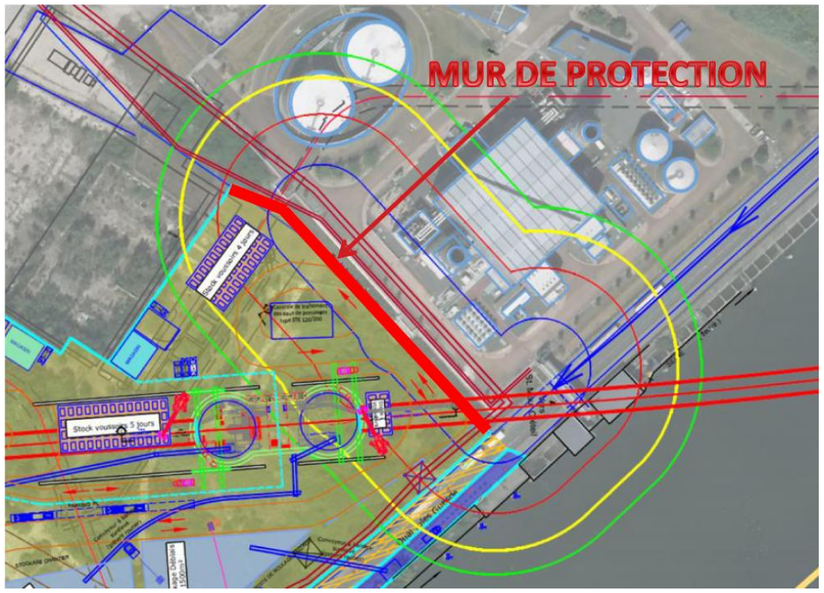
L'impact direct résultant de la présence d'ICPE sur les bases chantier sera donc pris en compte.

Il n'est pas quantifiable actuellement.

### 1.20.2.3 Mesures d'accompagnement

*a. Mesures d'évitement et de réduction*

- **Construction d'un mur provisoire** de 5m de hauteur durant la phase travaux, entre le site EDF CETAC et la Friche Arrighi.




**Mur de protection entre l'OA Friche Arrighi et le site Seveso Seuil bas EDF CETAC (source: Société du Grand Paris)**

Ce mur sera positionné en partie :

- Dans la zone d'effet de surpression 50-140mbar en cas d'explosion du bac R1 ;
- Dans la zone d'effet surpression 50-140mbar et en bordure de la zone 140-200mbar en cas d'explosion du bac R2 ;
- Dans la zone des effets de feu de cuvette ;
- Dans la zone des effets de feu de bac R2 ;

Des études techniques permettront de justifier de la résistance de ce mur aux effets de surpression d'explosion des bacs R1 et R2. Ces études seront menées en interaction avec EDF CETAC afin de répondre au mieux aux risques

- **Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation** : les matériels et produits utilisés sur les bases chantier et relevant de la nomenclature des ICPE (article R511-9 du code de l'environnement) seront exploités dans le respect des prescriptions réglementaires données dans les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation.
- **Modélisation à l'ELU (Etat Limite Ultime)** de la contrainte liée à la surpression de 35mbar des murs rideaux de la gare des Ardoines.
- **Information et formation du personnel concernant les risques sur site** : Sur le même principe que les procédures de gestion de crise établies en cas d'inondation, les entreprises de travaux établiront des procédures de gestion de crise en cas d'accident et formeront leurs agents.

  Le personnel intervenant sur site sera formé :

  - A la prise en compte du risque existant dans les travaux quotidiens,
  - A la mise en œuvre de procédure d'urgence en cas de crise avérée.
- **Réalisation d'étude réglementaires ICPE** : En fonction des matériels et produits utilisés sur les bases chantier, la Société du Grand Paris mettra en œuvre les études réglementaires ICPE (autorisation, enregistrement, déclaration) nécessaires aux démarrages des travaux.

*b. Mesures de suivi dans le temps*

- **Entretien et maintenance des matériels et engins** : Les matériels et engins seront entretenus conformément aux prescriptions réglementaires données par les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation. Les contrôles périodiques réglementaires seront effectués sur les engins et installations concernés.
- **Contrôle des ICPE de chantiers par les inspecteurs de la DRIEE**, permettant de s'assurer que les règles d'usage des matériels et des produits utilisés sur les bases chantiers sont respectées.

## 1.20.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques

Les impacts en phase d'exploitation du projet correspondent à :

- La proximité entre la Ligne 15 Sud et les installations à risque ;
- Les incidents au sein de la Ligne 15 Sud ;
- La concomitance de la Ligne 15 Sud avec d'autres réseaux.

[17] *Le matériel de construction permet la mise en œuvre d'un ouvrage (marteau piqueur, bétonneuse,…), à différencier du matériau de construction qui est partie prenante d'un ouvrage (béton, brique, parpaing…)*

### 1.20.3.1 Proximité d'ICPE et sites Seveso avec le projet

L'impact direct correspond essentiellement à la présence d'activités à risque en proximité de l'infrastructure, c'est-à-dire à celles identifiées au sein de l'étude des impacts en phase chantier:

- Activités ICPE en proximité du tracé de référence :
  - SANOFI AVENTIS à Vitry-sur-Seine. Les effets du site SANOFI AVENTIS en cas d'accident pourraient potentiellement être perceptibles au niveau de la gare des Ardoines (notamment en cas d'explosion, la gare se situant dans une zone d'effets indirects par bris de vitres, ou en cas d'émanation toxique),
  - SCUC Echât Est à Créteil. Les effets de la chaufferie en cas d'accident pourraient potentiellement être perceptibles au niveau du tunnel et de la gare de Créteil l'Echat (notamment en cas d'explosion - accident rare sur ce type d'installation mais pouvant avoir des conséquences importantes).

    Pour autant, le déplacement prévu de la chaufferie permet de se prémunir de ce risque.
  - Le dépôt SNCF Montrouge à Bagneux. Les activités du dépôt SNCF ne peuvent a priori pas avoir de conséquences perceptibles au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge.
  - La société APIGS à Vitry-sur-Seine. Les activités menées sur APIGS (traitement et revêtement de métaux et matières plastiques) ne peuvent a priori pas avoir de conséquences perceptibles au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine.
- Sites SEVESO :
  - DELEK France (seuil haut). Les phénomènes dangereux susceptibles de survenir sur le site sont les explosion de bac, les explosions en milieu non confiné, les feux de nappe et le boil over en couche mince. Ces phénomènes pourraient potentiellement être perceptibles au niveau de la gare des Ardoines et du poste de redressement de la Friche Arrighi.
  - EDF CETAC. Les effets du site EDF CETAC en cas d'accident – notamment d'explosion – pourraient potentiellement être perceptibles au sein de l'ouvrage spécial Friche Arrighi et du poste de redressement. En effet, les principaux risques sont les effets indirects par bris de vitre.

<u>L'impact est donc fort concernant les installations ICPE et SEVESO</u>, certains périmètres de risques étant en interaction avec l'infrastructure. Ces impacts sont localisés au niveau de la gare de Créteil l'Echat, de la gare des Ardoines, de l'ouvrage spécial Friche Arrighi et du poste de redressement.

### 1.20.3.2 Incident et/ou accident au sein de la Ligne 15 Sud et atteintes

L'impact direct correspond à l'apparition d'un incident et/ou accident au sein même de l'infrastructure, nécessitant la mise en œuvre d'une procédure adaptée.

La présente étude d'impact n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet permettront de définir l'ensemble des protocoles et procédures nécessaires au maintien de la sécurité des usagers et intervenants en phase d'exploitation.

### 1.20.3.3 Concomitance de la Ligne 15 Sud et des autres réseaux de transport de voyageurs en correspondance

Les incidents sur les installations des transports en commun en correspondance avec la Ligne 15 Sud sont généralement rares mais restent potentielles. Il peut s'agir (à titre d'exemple) :

- D'une alerte terroriste type « alerte à la bombe » ;
- D'un accident lié aux activités du réseau de transport concomitant ;
- D'un incendie.

Comme mentionné ci-dessus, la présente étude d'impact n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet permettront de définir l'ensemble des protocoles et procédures nécessaires au maintien de la sécurité des usagers et intervenants en phase d'exploitation.

### 1.20.3.4 Mesures d'accompagnement concernant la phase exploitation

a. *<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>*

- <u>Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance</u>

En cas d'évènement à risque survenu au sein sur la Ligne 15 Sud ou sur un système de transports en commun en correspondance avec la Ligne 15 Sud, les dispositions nécessaires devront être prises afin d'éliminer tous risques d'atteinte à la santé humaine.

Le but recherché sera :

- De limiter le système de transports de voyageurs en zone sécurisée,
- De fermer temporairement le système de transports de voyageurs et de procéder à un arrêt intégral si nécessaire.

Ces dispositions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

- <u>Intervention des services de secours</u>

En cas d'incident, une procédure d'intervention des services de secours sera mise en œuvre. Cette dernière ne pourra être effective que si le gestionnaire du réseau entretien une collaboration étroite avec les services du SDIS.

Les dispositions d'interventions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

b. *<u>Mesures de suivi dans le temps</u>*

- Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents

Les mesures de suivi dans le temps du risque correspondent à l'entretien et la révision des engins de chantiers par un personnel qualifié. Cette mesure permettra de réduire au possible les incidents des machines.

### 1.20.4 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

**Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase chantier**

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristique et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Pont de Sèvres – Vitry Centre** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Impact faible au regard des activités des ICPE situées à proximité du tunnel et des émergences | <u>Réduction</u><br>Information et formation du personnel concernant les risques sur site<br>Suivi dans le temps<br>Entretien des engins de chantier<br><br><u>Suivi</u><br>Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents |
| **Vitry Centre – Le Vert de Maisons** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres | |
| | Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration | Impact fort, le zonage réglementaire du PPRT du site DELEK France intercepte la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et son poste de redressement ainsi que l'OA rue Gabriel Péri (zonage b3)<br>Proximité de l'installation EDF CETAC avec la Friche Arrighi et le poste de redressement ; interceptiona vec le zonage d'aléas thermiques et de surpression | |
| **Le Vert de Maisons – Noisy-Champs** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Impact direct de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat<br>Propagation de l'incident d'un site ICPE vers les bases chantier ou inversement | |

**Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase exploitation**

| Secteurs concernés | Niveau d'enjeu | Caractéristique et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|
| **Pont de Sèvres – Vitry Centre** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Pas d'impact au regard de l'éloignement entre les sites et le tunnel et les émergences | <u>Évitement</u><br>Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance<br>Intervention des services de secours<br><br><u>Suivi</u><br>Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents |
| **Vitry Centre – Le Vert de Maisons** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres<br>Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage | |
| | Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration intercepte la gare des Ardoines | Impact potentiel des sites SEVESO DELEK France et EDF CETAC sur la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et le poste de redressement, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres<br>Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage | |
| **Le Vert de Maisons – Noisy-Champs** | ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes | Impact potentiel de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat en cas d'accident<br>Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage | |

## 1.20.5 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

### *1.20.5.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier*

**Coûts des mesures – Phase chantier**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure |
|---|---|
| Limitation de la hauteur des constructions temporaires et des équipements et engins de chantier | Intégré aux phases d'études ultérieures |
| Mise à jour des plans de sécurité par les entreprises | Intégré à la gestion du chantier |
| Information et formation du personnel concernant les risques sur site | Intégré à la gestion du chantier |
| Gestion de deux situations de crise concomitantes | Intégré à la gestion du chantier |
| Conduite des études réglementaires (ICPE) | Variable selon la nature des installations et de la procédure :<br>- Dossier d'autorisation<br>- Dossier d'enregistrement<br>- Dossier de déclaration |
| Sécurisation des travaux concernant le chantier sur l'OA Pistes-Orly | Intégré à la gestion du chantier |
| Entretien des engins de chantier | Intégré à la gestion du chantier |
| Contrôle des ICPE par les inspecteurs de la DRIEE | Non quantifiable, hors coûts associés au maître d'ouvrage |

### *1.20.5.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation*

**Coûts des mesures – Phase exploitation**

| Dénomination de la mesure | Coût de la mesure |
|---|---|
| Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance | Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud |
| Intervention des services de secours | Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud |
| Gestion anticipée de deux situations de crise concomitantes | Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud |
| Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents | Non estimée et dépendance du matériel roulant retenu au stade du marché public associé |

# 1.21 Mobilité

La mobilité des franciliens sera influencée de diverses manières par le projet de la Ligne 15 Sud, durant sa phase chantier mais surtout pendant sa phase d'exploitation. Pour rappel, les principaux enjeux de la Ligne 15 Sud en termes de mobilité sont une réduction de la part modale de la voiture en faveur des transports en commun, une diminution de la charge des différents réseaux (tant routier que de transport public) et une meilleure desserte des gares au niveau local (meilleure intermodalité) et global (liaison de banlieue à banlieue et en lien avec Paris).

Dans un premier temps l'analyse porte sur les impacts et mesures en phase chantier puis dans un second temps en phase d'exploitation. Enfin un zoom à proximité des gares et ouvrages annexes est effectué pour une analyse plus locale des différents aspects liés à la mobilité.

## 1.21.1 Impacts et mesures en phase chantier

### *1.21.1.1 Impacts directs et indirects*

*a. Impacts directs*

Les emprises des chantiers constitueront autant d'obstacles ponctuels pour la circulation des voitures, des transports en commun de surface et surtout des modes actifs (vélo et piétons) plus sensibles aux déviations d'itinéraires. La suppression temporaire de places de stationnement est également susceptible d'impacter l'accessibilité des zones à proximité des chantiers.

Les chantiers auront également un impact sur la mobilité à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude principalement à cause du charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures.

L'intensité de l'impact sera fonction :

- du phasage du chantier et du planning. Les chantiers entrepris simultanément généreront des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de leur localisation géographique ;

- des localisations des origines et destinations des matériaux. Plus les déplacements seront longs, plus le risque de perturber le trafic sera grand. Plus les itinéraires emprunteront des axes routiers congestionnés, plus l'impact sera prépondérant ;

- du mode de transport utilisé (en fonction des possibilités de recours au transport par la voie d'eau et par le rail, par rapport au réseau routier) ;

- des axes empruntés et des fenêtres temporelles.

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage détaille la stratégie retenue par la Société du Grand Paris à cet effet et permettra de limiter au maximum les nuisances. Des plans de circulation tenant compte des particularités locales de chaque zone de chantier permettront également de réduire les incidences.

Les impacts plus précis vis-à-vis de la mobilité seront analysés par ouvrage dans le point spécifique à ce sujet.

En ce qui concerne les incidences possibles des travaux de réalisation du projet sur le **réseau de transport en commun en exploitation** (lignes ferroviaires), la réalisation des ouvrages du projet situés à proximité des réseaux existants, en particulier celle des gares en correspondance avec les gares actuelles, présente des enjeux de deux ordres :

- garantir la stabilité et l'intégrité des ouvrages existants ;
- minimiser les incidences en phase travaux sur l'exploitation et la qualité de service des liaisons ferroviaires.

Dans certains cas, il pourra être nécessaire de prévoir des mesures de ralentissement des trains (donc des allongements de temps de trajet) aux abords des zones situées dans le périmètre d'influence des travaux du projet. Ces mesures, qui devraient rester ponctuelles et d'ampleur limitée, pourraient en particulier être mises en œuvre :

- sur les sections de voies situées à proximité immédiate des gares Grand Paris Express et de certains ouvrages annexes, pendant les phases de réalisation et d'excavation ;
- sur les sections de voies sous lesquelles passeront les tunneliers ;
- lors de la réalisation des ouvrages de correspondance entre les gares Grand Paris Express et les gares actuelles.

La réalisation des travaux du projet pourrait également conduire à des adaptations ponctuelles de desserte durant la période de chantier (modifications d'horaires, interruptions temporaires de circulation, etc.).

*b. Impacts indirects*

Les impacts indirects des chantiers représentent généralement des enjeux faibles. Ils concernent principalement les impacts socio-économiques dans certaines zones, liés à une diminution de l'accessibilité (par exemple la diminution de la fréquentation d'une zone commerciale suite à une baisse de l'accessibilité). Ces impacts sont généralement minimisés par la maîtrise des impacts directs des chantiers grâce à la mise en place de mesures adéquates (voir ci-dessous).

**Interactions avec les autres chantiers**

De manière similaire à l'effet cumulé que pourraient avoir les différentes emprises de chantier du projet, ces chantiers interagiront avec les autres petits ou grands chantiers qui seront entrepris simultanément dans la zone couverte par le fuseau d'étude.

En fonction de leurs plannings respectifs, les chantiers entrepris simultanément pourraient générer des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de la localisation géographique.

Cette simultanéité et cette proximité géographique concernent avant tout les projets suivants :

- la ZAC Seguin – Rives de Seine (en cours/programmé)
- ZAC Léon Blum (à l'étude/annoncé)
- Ecoquartier de la gare (à l'étude/annoncé)
- l'Ecoquartier Victor Hugo(en cours/programmé)
- le prolongement de la ligne 4 entre Mairie de Montrouge et Bagneux (mise en service prévue fin 2019)
- ZAC Campus Grand Parc (en cours/programmé)
- ZAC Aragon (à l'étude/annoncé)
- ZAC Gare des Ardoines et développement du TZEN 5 (en cours, programmé)
- Requalification RD10, projet de TCSP Altival (à l'étude/annoncé)
- ZAC des Simonettes Nord (à l'étude)
- Projet urbain EPAMARNE (à l'étude).

A noter que d'après le calendrier de mise en service des projets ci-dessus, certains des chantiers devraient être terminés avant la mise en service de la Ligne 15 Sud ;

Pour plus d'informations sur ces différents projets et leur stade d'avancement, le lecteur se référera au chapitre : « présentation des projets connexes retenus pour l'analyse des impacts cumulés ».

Le phasage des travaux se fera donc en concertation avec les responsables de ces autres chantiers susceptibles d'interagir avec ceux du projet.

#### *1.21.1.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation*

*a. Circulation automobile*

En ce qui concerne la circulation des voitures, les différents chantiers engendreront des modifications ou des coupures de certains axes. Les chantiers entraîneront également un charroi important de camions qui viendra s'ajouter au trafic actuel.

Comme évoqué précédemment, un schéma directeur d'évacuation des déblais a déjà été élaboré par le maître d'ouvrage afin d'assurer une réduction des impacts liés au charroi sur les circulations. Ce schéma directeur sera précisé, au fur et à mesure de l'avancement du projet afin de limiter au maximum les impacts. Le charroi nécessaire à l'évacuation des terres et à l'acheminement des matériaux de construction devra notamment être évalué avec plus de précision en collaboration avec les entrepreneurs du chantier.

A proximité des zones de chantier, de nombreux itinéraires seront temporairement modifiés durant les travaux. Pour éviter les détours importants qui pourraient être causés par ces changements d'itinéraires, un plan de circulation sera également mis en place.

*b. Modes actifs*

Les chantiers influenceront également les cheminements piétons à proximité. Ces cheminements seront maintenus ou déviés et les modifications seront adéquatement balisées en veillant à préserver les parcours des personnes à mobilité réduite.

La circulation des cyclistes sur la chaussée restera également sûre pendant la durée des travaux. Les revêtements seront gardés raisonnablement propres (enlèvement régulier des boues et des gravillons pour éviter les risques de glissade) et raisonnablement praticables sans danger. Un éclairage suffisant sera assuré.

*c. Transports en commun*

La Société du Grand Paris, le STIF ainsi que les exploitants et gestionnaires d'infrastructures SNCF-RATP se coordonnent pour évaluer les conséquences possibles des travaux de réalisation du projet sur l'exploitation des lignes ferroviaires et déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin d'en assurer la planification en amont. Les natures, durées et périodes précises des dispositions qui pourront être mises en place seront établies en lien avec le phasage détaillé de réalisation des différents ouvrages du projet, dans le cadre d'études menées par SNCF et RATP en articulation avec la Société du Grand Paris.

Par ailleurs, les chantiers pourront également avoir un impact sur l'organisation et la circulation des lignes de bus pendant la durée des travaux : modifications d'itinéraires, déplacements de points d'arrêt, notamment. Afin de minimiser la gêne occasionnée aux voyageurs, des études seront menées par le STIF et les exploitants des lignes concernées, en lien étroit avec la Société du Grand Paris, afin d'évaluer, en amont des chantiers, les conséquences des travaux sur la circulation, la régularité et la qualité de service des lignes d'autobus, ainsi que pour prévoir l'ajustement de l'offre de transport au fur et à mesure de l'avancement des chantiers. Des actions de communication auprès des usagers des lignes seront mises en place pendant les travaux.

*d. Stationnement*

Concernant le stationnement, le maître d'ouvrage planifiera les travaux de manière à limiter au maximum la diminution du stationnement particulièrement dans les secteurs où celui-ci est le plus contraint.

*e. Effets résiduels et mesures de compensation*

Grâce à la mise en place de mesures adéquates de déviation et de sécurisation des itinéraires, les impacts résiduels des chantiers devraient être minimisés. Il n'y a donc pas de mesures de compensation spécifiquement prévues du point de vue de la mobilité.

*f. Mesures de suivi dans le temps*

- Observer le taux d'occupation du stationnement à proximité des gares impactées par le projet ;

- Observer la saturation des voies de détournement quand un axe est fermé du fait des chantiers.

Ces suivis, qui pourront être menés par les autorités et gestionnaires compétents en liaison avec le maître d'ouvrage, faciliteront une gestion dynamique du plan de circulation en fonction des dysfonctionnements observés.

*g. Coûts associés aux mesures*

Les coûts nécessaires à la mise en place d'un plan de circulation autour des zones de chantier, à l'entretien des voiries et trottoirs durant toute la phase des travaux ainsi que les coûts liés aux opérations de communication et de sensibilisation des riverains feront partie intégrante des coûts des chantiers. Ces coûts seront faibles à négligeables par rapport au coût total des chantiers (<0,1%).

Les coûts associés aux dispositions à mettre en œuvre sur le réseau ferroviaire existant pour garantir la bonne réalisation des travaux sont également intégrés au coût global de l'opération.

### 1.21.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

Pour les besoins de l'évaluation du projet en phase d'exploitation par la Société du Grand Paris, le modèle de transport MODUS, développé et exploité par la DRIEA d'Ile-de-France, a été utilisé. Dans la perspective de fiabiliser les prévisions en disposant d'une fourchette de résultats, il a également été fait appel, de manière croisée, à d'autres outils de modélisation, en particulier le modèle GLOBAL développé et exploité par la RATP, ainsi que le modèle ANTONIN développé et exploité par le STIF. Le maître d'ouvrage a veillé à ce que les modèles utilisés soient systématiquement alimentés par des hypothèses et des données d'entrée identiques ou cohérentes entre elles.

Les éléments issus du modèle MODUS sont plus spécifiquement présentés dans les points suivants. Ils illustrent les effets du projet sur la structure des déplacements, la répartition modale et la fréquentation des réseaux de transport dans le secteur d'étude associé au projet « Ligne 15 Sud ».

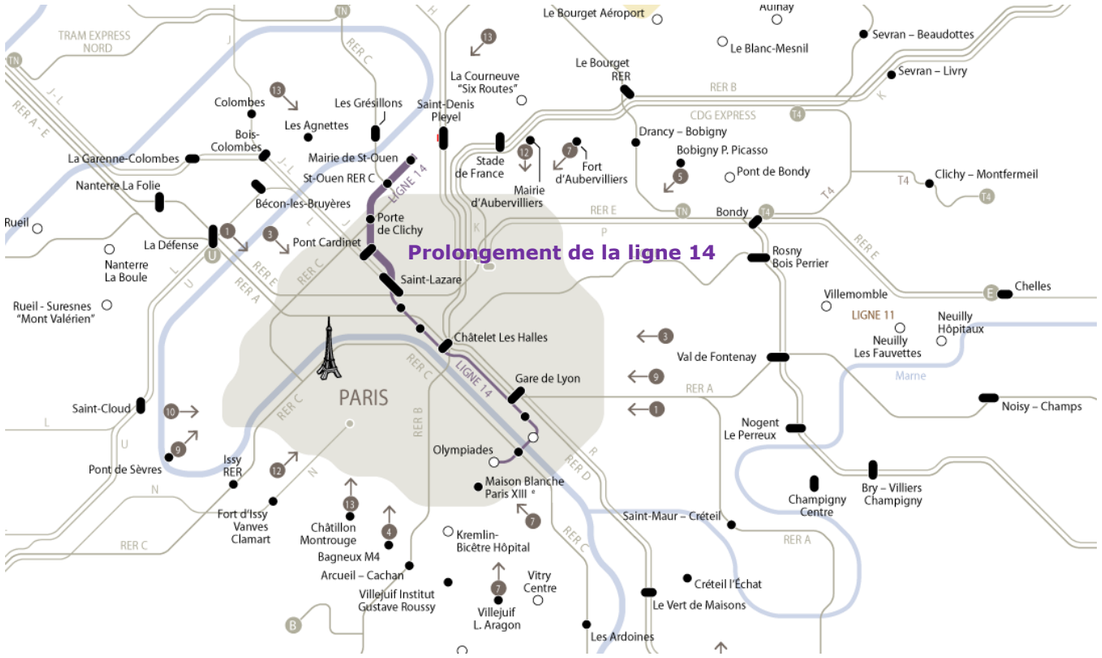
Les résultats de modélisation produits par MODUS ont également servi à alimenter en données d'entrée les volets « Énergie et émissions de gaz à effet de serre » ainsi que « Qualité de l'air » de la présente étude d'impact, garantissant ainsi la cohérence d'ensemble du jeu d'hypothèses utilisé par le maître d'ouvrage.

#### *1.21.2.1 Impacts directs et indirects du projet à l'horizon de mise en service*

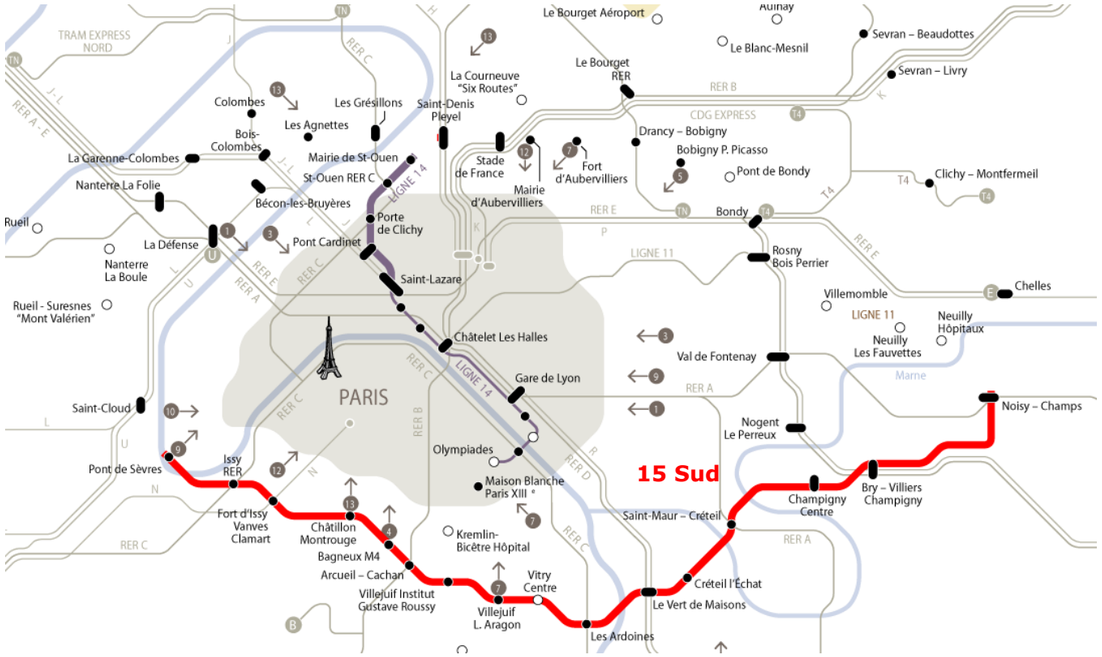
Les indicateurs présentés dans cette partie comparent la situation « avec projet » à la situation « sans projet », aussi appelée situation « de référence ». La situation de référence correspond à la situation optimisée la plus probable en l'absence de projet à l'horizon considéré. Pour tous les tronçons constitutifs du Grand Paris Express, la situation de référence est construite en prenant notamment en compte les tronçons du Grand Paris Express prévus pour être ouverts à l'exploitation à l'horizon de mise en service du tronçon considéré, à l'exception de ce dernier. En l'espèce, le tronçon Ligne 15 Sud étant le premier tronçon du Grand Paris Express à être mis en service, la situation de référence « sans projet » qui lui est ici associée à l'horizon de mise en service ne prend en compte aucun tronçon du Grand Paris Express.

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier les **impacts liés à la réalisation du projet « Ligne 15 Sud » à l'horizon de mise en service**.

**REFERENCE 2022**




**PROJET 2022**




**Définition des situations avec et sans projet pour l'analyse des impacts du projet « Ligne 15 Sud » (horizon 2022)**

Cette analyse est complétée par un **éclairage sur les impacts associés à la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble à l'horizon 2030**, pour les territoires concernés par la Ligne 15 Sud.

### a. *L'offre en mobilité apportée par le projet*

Sur les seize gares de la Ligne 15 Sud, quinze offriront à terme une correspondance avec au moins une ligne ferrée structurante (RER, Transilien, Métro, Tramway) :

- Pont de Sèvres : métro M9 et tramway T2 ;
- Issy RER : RER C et M12 (projet) ;
- Fort d'Issy Vanves Clamart : Transilien ligne N ;
- Châtillon Montrouge : métro M13 et tramway T6 ;
- Bagneux M4 : métro M4 (projet) ;
- Arcueil-Cachan : RER B ;
- Villejuif Institut Gustave Roussy : métro M14 (projet, dans le cadre de la mise en œuvre du Grand Paris Express) ;
- Villejuif L. Aragon : métro M7 et tramway T7 ;
- Vitry Centre : tramway T9 (projet) ;
- Les Ardoines : RER C ;
- Le Vert de Maisons : RER D ;
- Créteil l'Echat : métro M8 ;
- Saint-Maur – Créteil : RER A ;
- Bry-Villiers Champigny : RER E (projet) ;
- Noisy-Champs : RER A et métro M16 (projet, dans le cadre de la mise en œuvre du Grand Paris Express).

La gare Champigny Centre sera quant à elle desservie par la Ligne 15 Sud, mais aussi par la ligne 15 Est en direction de Val de Fontenay, Rosny Bois-Perrier et Saint-Denis Pleyel.

De plus, la Ligne 15 Sud permettra de réduire les temps de déplacements en transport en commun :

- Entre Saint-Maur Créteil et Roissy : 45 minutes contre 1h05 aujourd'hui ;
- Entre Pont de Sèvres Créteil et Noisy-Champs : 35 minutes contre 1h05 aujourd'hui ;
- Entre Champigny Centre et Issy RER : 27 minutes contre 1h26 aujourd'hui ;
- Entre Vitry Centre et La Défense : 30 minutes contre 1h aujourd'hui.

### b. *Incidences sur le report modal*

Le report modal se définit comme l'augmentation de la part modale[18] d'un mode alors que celle d'un ou de plusieurs autres modes diminue. Cette dernière est quantifiée le plus souvent en points de part modale gagnés ou perdus.

Le tableau ci-après présente le report modal induit par le projet, à l'horizon 2022 et par destination.

**Évolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen. Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec**

| Destination | Transports publics (points de %) | Automobile (points de %) |
|---|---|---|
| Paris | 0,0 | 0,0 |
| Seine-et-Marne | 1,4 | -1,4 |
| Yvelines | 0,8 | -0,8 |
| Essonne | 2,6 | -2,6 |
| Hauts-de-Seine | 0,6 | -0,6 |
| Seine-Saint-Denis | 0,0 | 0,0 |
| Val-de-Marne | 1,1 | -1,1 |
| Val-d'Oise | 0,0 | 0,0 |
| Périmètre | 0,5 | -0,5 |
| **Total** | **0,6** | **-0,6** |

Les résultats montrent que la part modale des transports publics augmente, au total, de 0,6 point avec projet. Au contraire, la part modale de la voiture diminue de 0,6 point.

Les départements vers lesquels les parts modales évoluent le plus sont

- ceux desservis directement par la Ligne 15 Sud : la Seine-et-Marne, le Val-de-Marne et dans une moindre mesure les Hauts-de-Seine ;
- ceux desservis indirectement par connexion avec le réseau ferré existant : l'Essonne via les lignes de RER B, C et D et la Seine-et-Marne via le RER A et le RER E.

### c. *Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun*

**Ligne 15 Sud et Grand Paris Express :**

A son horizon de mise en service, la Ligne 15 Sud aura une fréquentation qui s'établit entre 35 000 et 45 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin (HPM). Ceci correspond à une fréquentation journalière se situant entre 250 000 et 300 000 voyages quotidiens en semaine.

Dans chaque sens de circulation, la charge de la ligne Pont de Sèvres – Noisy-Champs augmente progressivement à partir de son terminus de départ pour atteindre un niveau maximum en milieu de ligne, sur plusieurs intergares, avant de décroître progressivement jusqu'au terminus d'arrivée. La charge du tronçon reste toutefois assez homogène sur l'ensemble de la ligne. Le sens de circulation depuis Noisy-Champs vers Pont de Sèvres est le plus chargé à l'heure de pointe du matin. A l'horizon de mise en service, la charge maximale du tronçon est localisée à hauteur de la connexion avec le RER B, dans le secteur compris entre Villejuif et Bagneux. Elle s'établit entre 10 000 et 12 000 voyageurs en HPM.

A terme, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs fera partie de la ligne 15, au sein du réseau Grand Paris Express réalisé dans son intégralité (horizon 2030, à l'exception des sections Versailles – Rueil – Nanterre et Saint-Denis Pleyel – Colombes – Nanterre).

Au sein du réseau, la ligne 15 dans son ensemble représente alors 150 000 à 200 000 voyageurs prévisionnels en HPM. La moitié des voyageurs de la ligne 15 utilise le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs pour tout ou partie de leur déplacement à l'heure de pointe du matin, soit entre 75 000 et 100 000 voyageurs prévisionnels : cela représente 25% à 30% des voyageurs fréquentant le réseau Grand Paris Express à l'heure de pointe du matin.

[18] *C'est-à-dire le nombre de déplacements utilisant ce mode divisé par le nombre total des déplacements.*

A l'horizon 2030, les sections présentant les niveaux de charge les plus hauts de la ligne 15 sont situées entre Villejuif et Pont de Sèvres, ainsi qu'entre Saint-Denis Pleyel et La Défense (tant que la liaison entre Saint-Denis Pleyel, Colombes et Nanterre n'est pas réalisée). Dans le secteur compris entre Villejuif et Pont de Sèvres, en particulier, les modélisations réalisées établissent la charge maximale entre 25 000 et 28 000 voyageurs à l'horizon 2030.

Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques d'utilisation du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs (fréquentation et charge maximale à l'heure de pointe du matin), aux deux horizons considérés ; il met le trafic prévisionnel à la mise en service du tronçon en perspective des niveaux atteints lorsque le réseau Grand Paris Express complet est réalisé :

**Caractéristiques d'utilisation du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs (fréquentation et charge maximale à l'heure de pointe du matin), aux deux horizons considérés**

| | **Tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs** | |
|---|---|---|
| | **Fréquentation HPM** | **Charge maximale HPM** |
| Horizon 2030 | **75 000 à 100 000** | **25 000 à 28 000** |
| Horizon 2022<br>*Proportion de la prévision 2030* | **35 000 à 45 000**<br>***≈ 45%*** | **10 000 à 12 000**<br>***40% à 45%*** |

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs fait partie des sections les plus chargées du réseau complet, du fait de la densité des territoires traversés et de son maillage avec l'ensemble des grandes radiales ferroviaires qu'il intercepte.

A l'horizon de mise en service du tronçon, sa fréquentation et sa charge prévisionnelle représentent environ 40% à 45% des valeurs atteintes à l'horizon 2030, lorsque le tronçon est intégré au reste du réseau Grand Paris Express.

A l'horizon 2030, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs est utilisé par 50% des voyageurs de la ligne 15 ou encore par 25% à 30% des voyageurs fréquentant le réseau Grand Paris Express, à l'heure de pointe du matin.

**Autres lignes de transport en commun :**

L'analyse de l'impact du projet montre que celui-ci aura un effet positif en matière d'allègement du trafic sur certaines lignes de transports en commun existantes, grâce aux itinéraires alternatifs qu'il rend possible, en particulier à l'heure de pointe du matin, qui correspond à la période de plus forte charge.

Le plus fort impact s'observe sur la fréquentation des lignes de métros M6 et M10 (respectivement -7% et -5%). Leurs tracés permettent de relier l'Est et l'Ouest de Paris, la Ligne 15 Sud offre donc ici un itinéraire alternatif permettant l'allègement de la fréquentation de ces lignes. Le tronçon le plus chargé de la ligne 6 à l'heure de pointe du matin connaît par ailleurs une baisse de fréquentation de plus de 12% par rapport à la situation de référence 2022 sans Ligne 15 Sud.

La fréquentation du tramway T3 à l'heure de pointe du matin diminue elle aussi significativement (de l'ordre de 6% pour la fréquentation totale de la ligne) par rapport à la situation de référence sans projet. La Ligne 15 Sud offre une possibilité d'itinéraire alternatif pour les déplacements en rocade entre Paris et la proche couronne, ou entre la proche couronne et la proche couronne, permettant l'allègement de la fréquentation du tramway T3.

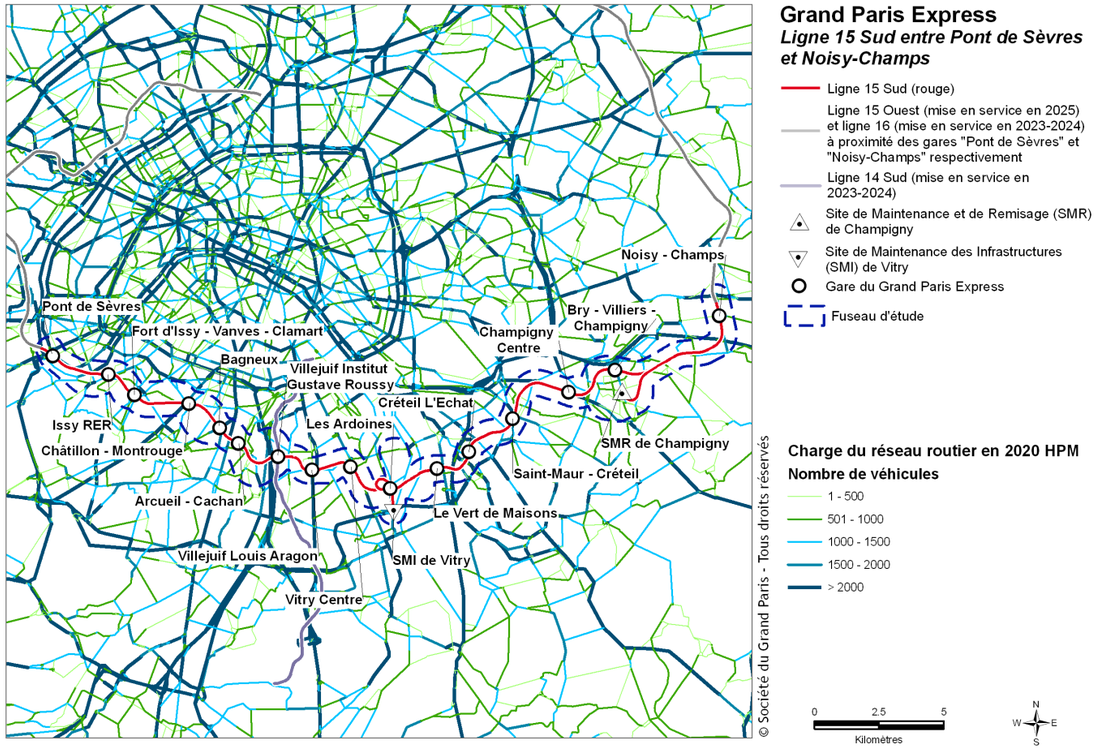
Enfin, la ligne de RER A est la ligne de RER bénéficiant de l'allègement le plus significatif : la réduction de la fréquentation du RER A (par rapport à la situation de référence sans Ligne 15 Sud) est notamment liée aux déplacements entre l'est et le sud de Paris, pour lesquels le projet de Ligne 15 Sud propose un itinéraire alternatif à partir de Noisy-Champs et de Saint-Maur - Créteil.

Cet allègement de la fréquentation des différents transports en commun a pour effet d'améliorer le confort des voyageurs par rapport à la situation de référence.

### *d. Incidences sur la charge du réseau routier*

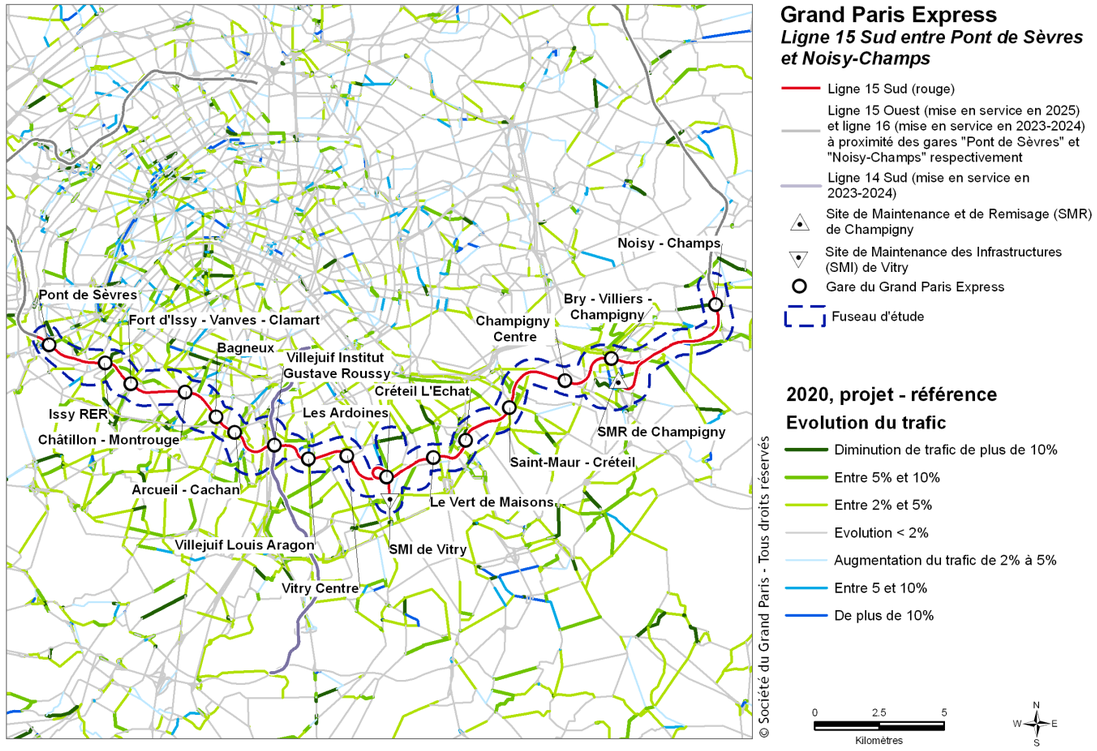
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- la charge sur le réseau routier à la pointe du matin, en 2022 et avec projet, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2022.




**Charge sur le réseau routier en 2022, à l'heure de pointe du matin, avec projet** (Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Les axes les plus chargés en situation avec projet restent les principales voies rapides que sont le Boulevard Périphérique et les autoroutes A4, A6 et A86, ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN6 et la RD4.




**Différences de charge sur le réseau routier en 2022, entre les situations avec et sans projet** (Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

A l'échelle de l'Ile-de-France tout entière, le projet « Ligne 15 Sud » à l'horizon 2022 présente un impact modéré sur la saturation[19] des réseaux routiers : ainsi, le linéaire de voirie saturé à plus de 80%, pour l'ensemble de la région Ile-de-France, est quasiment stable en situation avec projet et sans projet à l'horizon 2022 (respectivement 2 333 km et 2 367 km, soit une réduction de 1,4%).

Le projet apporte toutefois une diminution de la circulation automobile dans le périmètre d'étude, exprimée en véhicules-kilomètres : une diminution de 9 141 véhicules-kilomètres est ainsi observée à la pointe du matin, soit une réduction de 1,9% par rapport à la référence.

Enfin, un éclairage complémentaire sur l'effet global du Grand Paris Express en matière de saturation routière à l'horizon 2030, par rapport à une situation de référence n'intégrant aucun tronçon du Grand Paris Express, est présenté à la fin de la présente partie.

e. *Impacts indirects du projet sur le confort et la régularité des transports en commun*

L'amélioration de l'accessibilité induite par le métro aura également un impact indirect sur le bien-être des voyageurs des autres lignes. En effet, la réduction de la charge maximale sur les lignes entre situation de référence et situation de projet contribuera à améliorer la régularité de ces lignes par rapport à la situation de référence. Cet effet bénéficie aux voyageurs qui utilisent les lignes de RER en situation de projet, non seulement en termes de gains de temps mais également de bien-être.

[19] *Le niveau de « saturation » d'un segment de voirie se définit comme le ratio entre la charge observée et la capacité de la voirie.*

### 1.21.2.2 Impacts directs et indirects du projet au sein du réseau global à l'horizon 2030

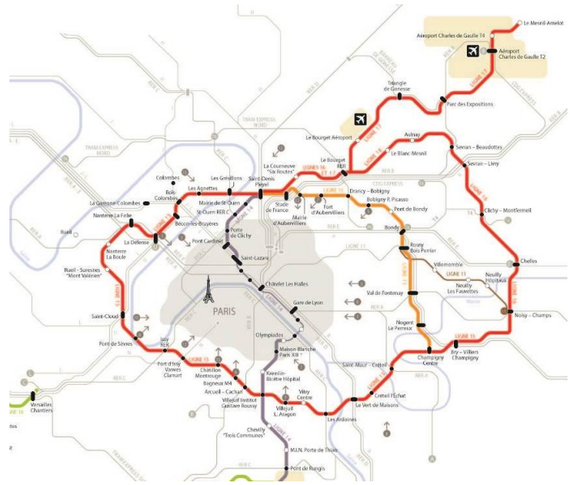
Cette partie vise à apprécier l'impact de la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble sur les déplacements dans le secteur géographique directement concerné par la réalisation du projet soumis à l'enquête (Ligne 15 Sud). Cette partie est donc complémentaire de la précédente, qui s'attachait à décrire les impacts sur les déplacements du projet soumis à l'enquête, à son premier horizon de mise en service.

Dans cette partie, la situation « avec projet » correspond ainsi à la configuration de réseau prenant en compte l'ensemble des tronçons du Grand Paris Express mis en service à l'horizon cible 2030 ; la situation « sans projet » correspond à une situation théorique dans laquelle *aucun* des tronçons du Grand Paris Express ne serait réalisé à l'horizon 2030.

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier plus généralement les impacts, sur le périmètre d'étude du projet, liés à la réalisation du programme du Grand Paris Express.

a. *L'offre en mobilité apportée par le projet*

A l'horizon 2030, le projet s'inscrit dans une offre en transports publics davantage développée qu'en 2022. La quasi-totalité du Grand Paris Express (hors sections Versailles – Rueil – Nanterre et Saint-Denis Pleyel – Colombes – Nanterre) sera ainsi en service.




**Carte de situation du tronçon par rapport au réseau de transport public en 2030** (source : Société du Grand Paris)

A l'horizon 2030, la Ligne 15 Sud offrira ainsi des liaisons supplémentaires vers les autres tronçons du Grand Paris Express :

- À la gare Pont de Sèvres : la ligne 15 se poursuit à l'Ouest, vers La Défense et Saint-Denis Pleyel.
- A la gare Villejuif Institut Gustave Roussy : correspondance avec la ligne 14 prolongée au Sud jusqu'à l'aéroport d'Orly (avec correspondance pour la ligne 18).

- A la gare de Champigny Centre : le tronçon Ligne 15 Est (jusqu'à Saint-Denis Pleyel) dessert également cette gare.
- A la gare de Noisy-Champs : correspondance avec la ligne 11 prolongée et la ligne 16.

### b. *Incidences sur la demande en déplacements tous modes*

L'offre apportée par le Grand Paris Express a des impacts significatifs sur la mobilité à l'échelle du périmètre d'étude. Les tableaux qui suivent présentent l'évolution du nombre de déplacements ayant leur origine dans le périmètre d'étude selon le mode (tous modes ou transports publics) et le département de destination.

Globalement, le nombre total des déplacements émis par la zone d'étude entre la référence et le projet connaît une croissance relativement importante de +2,6%.

Cette augmentation du nombre de déplacements n'est cependant pas homogène entre les départements puisqu'elle s'étend d'une quasi stagnation vers paris (-0,3%) à une augmentation fortement marquée vers les destinations desservies directement par la Ligne 15 Sud ou indirectement via les autres tronçons du Grand Paris Express ou par connexion avec le reste du réseau ferré. Ainsi, la Seine-Saint-Denis et la Seine-et-Marne desservies via la Ligne 16 du Grand Paris Express et les connexions avec les lignes de RER A, B et E voient le nombre de déplacements issus du périmètre d'étude augmenter de respectivement +12,2% et +13,8%. Les déplacements vers l'Essonne desservie indirectement via les lignes de RER B, C et D, ainsi que la Ligne 14 Sud et la Ligne 18 du Grand Paris Express augmentent, quant à eux de +12,4%. Pour les Hauts-de-Seine, le Val-de-Marne et les Yvelines, les augmentations restent plus modérées.

**Évolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements tous modes, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)**

| Destination | Nombre de déplacements en référence | Évolution entre le projet et la référence |
|---|---|---|
| Paris | 480 000 | -0,3% |
| Seine-et-Marne | 108 000 | 13,8% |
| Yvelines | 121 000 | 3,7% |
| Essonne | 115 000 | 12,4% |
| Hauts-de-Seine | 259 000 | 4,7% |
| Seine-Saint-Denis | 139 000 | 12,2% |
| Val-de-Marne | 360 000 | 4,9% |
| Val-d'Oise | 28 000 | 0,3% |
| Périmètre | 2 605 000 | 1,2% |
| **Total** | **4 217 000** | **2,6%** |

L'évolution des déplacements issus du secteur d'étude pour l'horizon 2030 montre ainsi la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble tend d'abord à favoriser les déplacements transversaux de banlieue à banlieue depuis le territoire d'étude (augmentation du nombre de déplacements vers les départements de proche et moyenne couronnes) sans influencer de manière importante les déplacements à destination de Paris.

Dans le cas particulier de la Ligne 15 Sud, les résultats montrent également un renforcement des déplacements radiaux entre le périmètre d'étude et l'Essonne qui est dû à l'amélioration de l'accessibilité entre ces territoires réalisée de manière indirecte via les nombreuses connexions entre la Ligne 15 Sud et les lignes radiales (Ligne 14 Sud et Ligne 18 du Grand Paris Express, lignes de RER B, C et D).

### c. *Incidences sur la demande en déplacements en transports en commun*

Le nombre de déplacements en transports publics débutant dans la zone d'étude augmente avec projet (+10,9%). Cette augmentation est d'autant plus marquée vers les départements de proche et grande couronne, les différents tronçons du Grand Paris Express contribuant en particulier à faciliter les déplacements de banlieue à banlieue en transports en commun depuis le secteur d'étude.

**Évolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements en transports publics, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)**

| Destination | Nombre de déplacements en référence | Évolution entre le projet et la référence |
|---|---|---|
| Paris | 205 000 | -0,2% |
| Seine-et-Marne | 25 000 | 42,6% |
| Yvelines | 37 000 | 12,6% |
| Essonne | 31 000 | 32,8% |
| Hauts-de-Seine | 85 000 | 12,4% |
| Seine-Saint-Denis | 53 000 | 30,8% |
| Val-de-Marne | 90 000 | 11,8% |
| Val-d'Oise | 16 000 | 5,9% |
| Périmètre | 312 000 | 9,3% |
| **Total** | **855 000** | **10,9%** |

### d. *Incidences sur le report modal*

Comme le montre le tableau suivant, le report modal induit en faveur des transports publics est de l'ordre de 1,6 point. La part modale des transports en commun augmente le plus fortement à destination de la Seine-Saint-Denis (+6,3 points), de la Seine-et-Marne (+5,9 point) et de l'Essonne (+4,9 points). Ce sont aussi vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus fortement.

**Évolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen, en 2030**
(source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

| Destination | Transports publics (points de %) | Automobile (points de %) |
|---|---|---|
| Paris | 0,1 | -0,1 |
| Seine-et-Marne | 5,9 | -6,1 |
| Yvelines | 2,6 | -2,9 |
| Essonne | 4,9 | -4,9 |
| Hauts-de-Seine | 2,4 | -2,2 |
| Seine-Saint-Denis | 6,3 | -5,9 |
| Val-de-Marne | 1,6 | -1,2 |
| Val-d'Oise | 3,2 | -3,2 |
| Périmètre | 1,0 | -0,1 |
| **Total** | **1,6** | **-0,6** |

### e. *Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun*

En matière d'utilisations globales, la fréquentation des réseaux de RER, Transilien, tramway et métro est réduite sur certaines sections lorsque le réseau Grand Paris Express est réalisé, du fait des reports de voyageurs depuis le réseau classique : certains itinéraires deviennent en effet plus rapides et plus directs pour les déplacements qui ne nécessitent pas de transiter par Paris. Les baisses de fréquentation par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express peuvent atteindre 10%.

Les lignes qui profitent le plus de cet allègement de leur trafic avec la mise en service du réseau Grand Paris Express sont les RER A, B et E, de même que les sections centrales des lignes de métro maillées au nouveau réseau. Il est observé un résultat similaire avec les lignes Transilien sur les sections comprises entre les points de maillage avec le réseau du Grand Paris Express en rocade et leur terminus dans Paris.

L'analyse des charges maximales permet d'apprécier l'effet attendu localement sur les sections les plus sollicitées de chaque ligne. Par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express, les charges maximales sont généralement réduites sur l'ensemble des lignes.

Les diminutions les plus importantes sont observées sur les lignes proposant des itinéraires de banlieue à banlieue, soit en rocade comme les tramways, soit en radiales traversantes comme les RER ou le métro. Ainsi, sur le RER A, la réduction de la charge maximale du tronçon central s'établit entre -15% et -20% par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express.

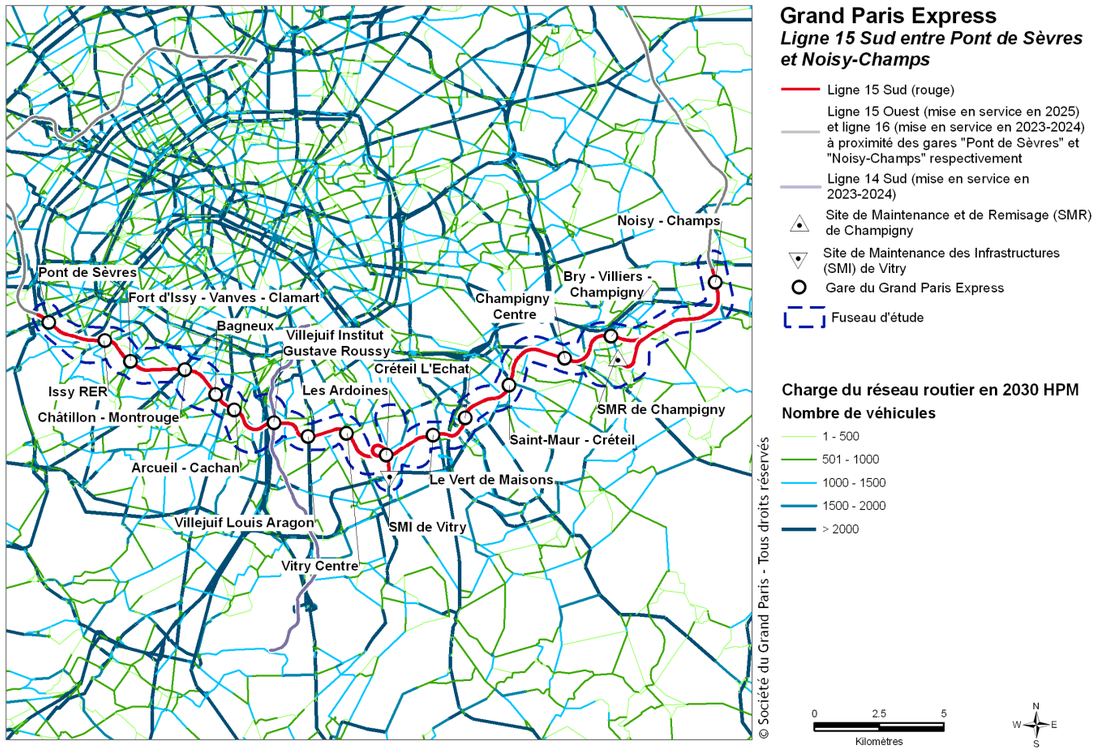
Sur le métro, les effets de réduction de la charge maximale concernent de nombreuses lignes, principalement celles qui sont en correspondance avec le projet. La diminution de la charge maximale est notamment comprise entre 10% et 20% pour les lignes 4, 6, 7, 9 et 13, à l'intérieur de Paris.

### f. *Incidences sur la charge et différence de charge du réseau routier*

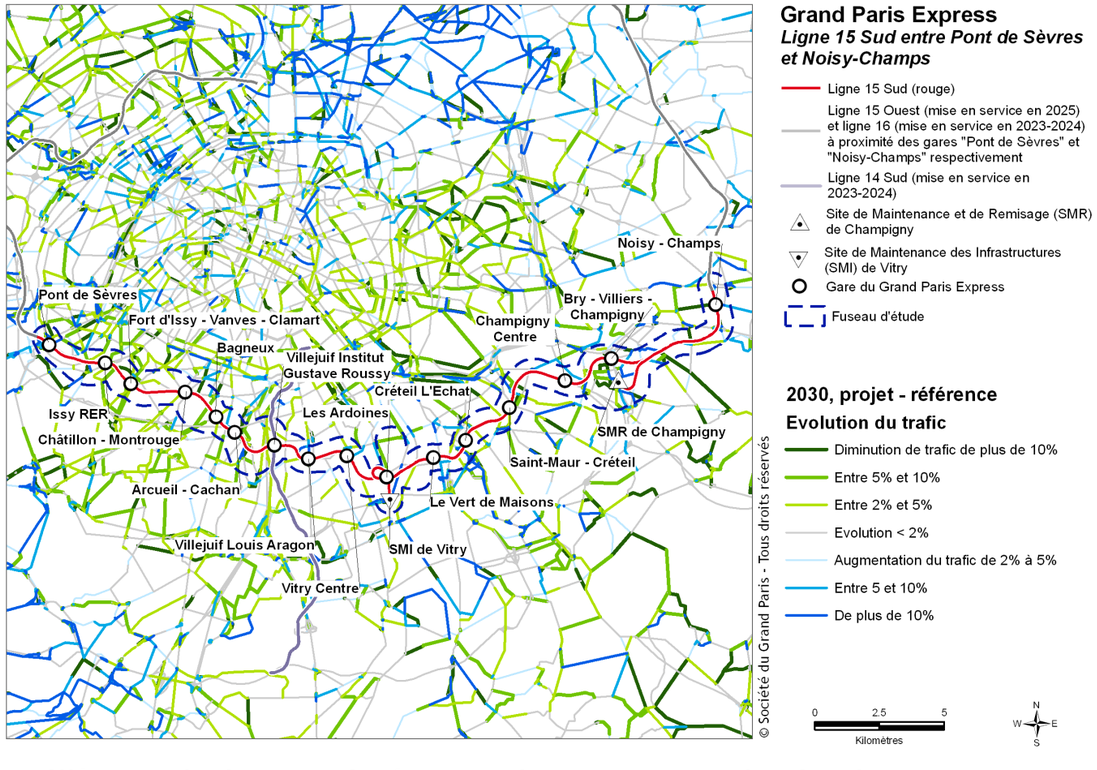
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- le réseau routier chargé à la pointe du matin, en situation avec projet à l'horizon 2030, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2030.

Comme c'est le cas à l'horizon 2022, les voies qui présentent les charges les plus importantes à l'horizon 2030 sont le Boulevard Périphérique, les autoroutes A4, A6 et A86 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN6 et la RD4.




**Charge sur le réseau routier en 2030, à l'heure de pointe du matin, avec projet** (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)




**Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet** (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

La réalisation du Grand Paris Express apporte une diminution des véhicules-km dans le secteur d'étude à l'horizon 2030, par rapport à la situation de référence sans projet : dans le périmètre d'étude, une diminution de 4 391 véhicules-kilomètres est observée à la pointe du matin, ce qui correspond à une diminution de 0,9% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

### g. *Congestion observée du réseau routier*

Le tableau ci-après montre l'évolution du linéaire de voirie saturée à plus de 80% pour l'ensemble de la Région Ile-de-France, avec et sans réalisation du Grand Paris Express, en 2030.

**Évolution du linéaire de voirie francilienne saturée entre la référence et le projet, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)**

| ***Linéaire de voirie saturée à plus de 80%*** | |
|---|---|
| Projet, 2030, HPM | 2 350 km |
| Référence, 2030, HPM | 2 440 km |
| Ecart Projet - Référence | -90 km |
| | -3,6% |

La réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble a un impact positif sur la congestion : elle permet de diminuer le linéaire saturé à plus de 80% de 90 km, ce qui correspond à une diminution de 3,6% du linéaire saturé.

### h. *Effets sur les modes d'accès aux gares*

La répartition du mode d'accès aux gares du projet a été déterminée lors d'une étude sur le stationnement menée par le maître d'ouvrage, portant sur la création, la reconfiguration ou la reconstitution de parkings publics aux abords des gares du réseau de transport public du Grand Paris. Les parts modales prises en considération pour chaque gare du projet sont données dans les tableaux ci-après. Afin de pouvoir comparer les différentes gares entre elles, il a été pris l'hypothèse que toutes les gares disposent d'une offre de stationnement à proximité.

**Hypothèses de répartition modale pour l'accès à chaque gare du projet dans l'étude de stationnement, à l'heure de pointe du matin pour l'horizon 2030** (source : Société du Grand Paris)

| Gare | Conducteur et passager d'une voiture garée | Déposé en voiture repartie | Bus / TCSP | Marche et vélo |
|---|---|---|---|---|
| Pont de Sèvres | 6% | 4% | 41% | 49% |
| Issy RER | 7% | 4% | 26% | 62% |
| Fort d'Issy Vanves Clamart | 7% | 4% | 36% | 53% |
| Châtillon - Montrouge | 7% | 4% | 35% | 54% |
| Bagneux | 6% | 3% | 40% | 51% |
| Arcueil – Cachan | 7% | 4% | 35% | 54% |
| Villejuif Institut Gustave Roussy | 7% | 4% | 37% | 52% |
| Villejuif Louis Aragon | 7% | 4% | 30% | 59% |
| Vitry Centre | 7% | 4% | 34% | 55% |
| Les Ardoines | 7% | 4% | 38% | 51% |
| Le Vert de Maisons | 7% | 4% | 35% | 54% |
| Créteil L'Echat | 6% | 4% | 45% | 45% |
| Saint-Maur - Créteil | 7% | 4% | 40% | 49% |
| Champigny Centre | 7% | 4% | 38% | 51% |
| Bry-Villiers-Champigny | 7% | 4% | 37% | 52% |
| Noisy-Champs | 10% | 5% | 33% | 52% |

Quelle que soit la gare considérée, la part modale de la voiture reste relativement limitée (généralement de l'ordre de 10% de conducteurs, passagers d'une voiture garée ou déposés en voiture). Cette proportion limitée s'explique par le contexte d'insertion des gares, qui, dans leur majorité, se situent dans un tissu urbain de proche couronne, généralement peu favorable au rabattement automobile.

Les études menées par la Société du Grand Paris ont toutefois montré que les besoins en stationnement pourraient être plus importants à la gare de Noisy-Champs. Afin d'assurer le bon fonctionnement de la gare et de ses abords, l'éventuelle création de places de stationnement supplémentaires devra s'accompagner d'une réflexion conduite par les deux villes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne à l'échelle du projet urbain (règlementation du stationnement autour de la gare, évolution de l'offre de stationnement résidentiel dans le cadre du projet urbain, etc.).

#### 1.21.2.3 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation

L'objectif premier d'une infrastructure de transport étant l'amélioration de la mobilité, les impacts du projet sur la mobilité sont bien évidemment positifs et ne nécessitent pas de mettre en place des mesures d'évitement ou de réduction. En revanche, toute une série de mesures connexes visant à maximiser le report modal de la voiture vers les transports en commun peut être mise en place.

Certaines mesures peuvent influencer directement l'utilisation des véhicules particuliers : la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain rendent notamment l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive notamment en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords de gares dont le contexte d'insertion est favorable afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et, ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares.

Le métro du Grand Paris améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

A ce titre, la Ligne 15 Sud permet, par sa position, de renforcer cette desserte puisqu'elle incarne la maille Sud de la ligne de rocade principale du réseau. De plus, la Ligne 15 Sud offre des correspondances avec la ligne 14 (reliant l'Aéroport d'Orly à Saint-Denis Pleyel, en desservant le centre de Paris) en gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, avec la ligne 16 et la ligne 11 prolongée en gare de Noisy-Champs, ainsi qu'avec de nombreuses lignes radiales des réseaux ferroviaires existants.

Il faut, par ailleurs, noter que l'implantation des nouvelles gares entraînera généralement une augmentation des flux de rabattement et de diffusion via les différents modes (piétons, modes actifs, réseau de transport en commun de surface, voitures…). Les aménagements des accès et des circulations autour des gares permettront d'organiser ces flux et de favoriser l'accès aux gares par les modes actifs et les transports en commun, et ainsi de limiter les impacts potentiels sur la mobilité. Les études prévues à l'échelle de chaque pôle, qui font partie des mesures d'optimisation prévues à proximité des gares (voir titre ci-après), permettront de réaliser un projet global, avec une intermodalité qui favorise le développement équilibré de tous les modes de déplacement, et de mettre en œuvre des aménagements qui s'insèrent harmonieusement dans l'environnement urbain.

**Évaluation des coûts associés aux mesures**

Les mesures proposées en phase d'exploitation sont des mesures d'optimisation permettant de maximiser le report modal de la voiture vers les transports en commun qui ne dépendent généralement pas directement du maître d'ouvrage. De plus, les coûts associés à ces mesures sont très difficilement évaluables à ce stade. Il est cependant important de noter que plusieurs mesures peuvent engendrer des revenus (par exemple la tarification du stationnement) qui peuvent à leur tour alimenter d'autres mesures (par exemple la réduction des coûts d'utilisation des transports en commun). Au total, les mesures d'optimisation ne devraient donc pas représenter des coûts importants mais plutôt une redistribution de la contribution des différents utilisateurs de manière à favoriser le report modal de la voiture vers les transports en commun.

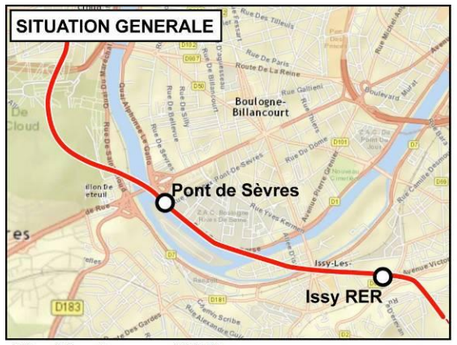
### 1.21.3 Impacts et mesures à proximité des gares et des ouvrages annexes

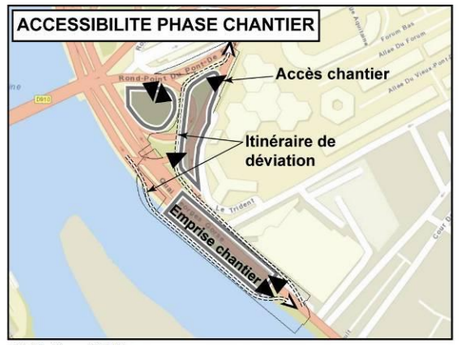
L'intermodalité est un enjeu majeur pour le Grand Paris Express. Il s'agit en effet d'assurer le succès et l'attractivité du réseau, en offrant aux voyageurs des conditions optimales d'accès aux gares et de correspondances quel que soit leur mode de déplacement.

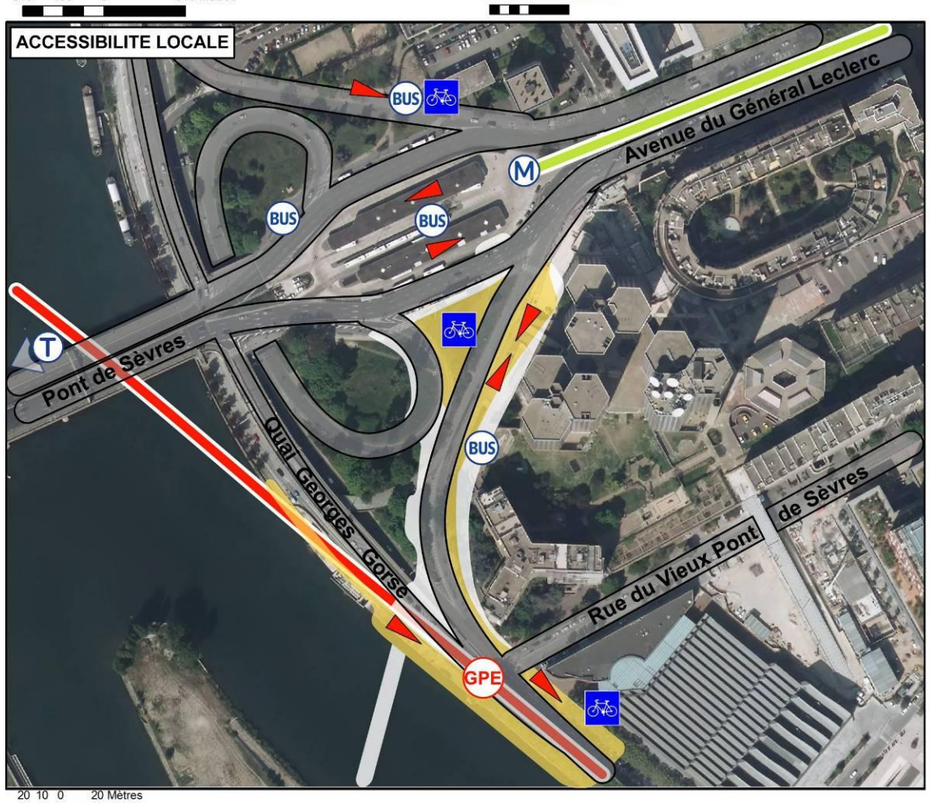
Les gares du Grand Paris Express ont donc un rôle d'interface important entre les réseaux de transport d'une part et l'aménagement des quartiers de gare d'autre part. Cet enjeu est pris en compte dans le projet afin de faire des gares du Grand Paris Express des pôles d'échanges multimodaux innovants et proposant un haut niveau de qualité de service.

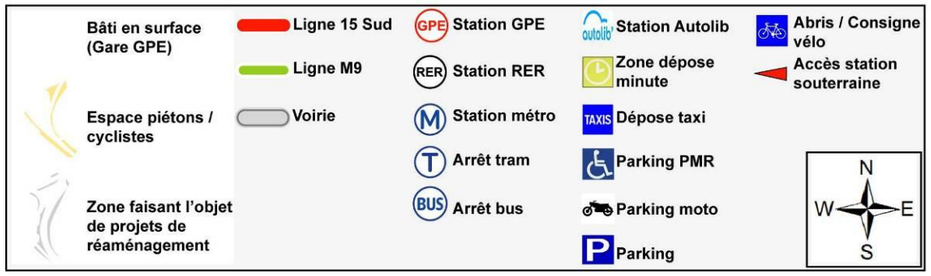
Dans cette section, les impacts plus précis au niveau des gares, en phase de chantier et d'exploitation, et au niveau des ouvrages annexes, en phase de chantier, sont passés en revue.

### 1.21.3.1 PONT DE SEVRES



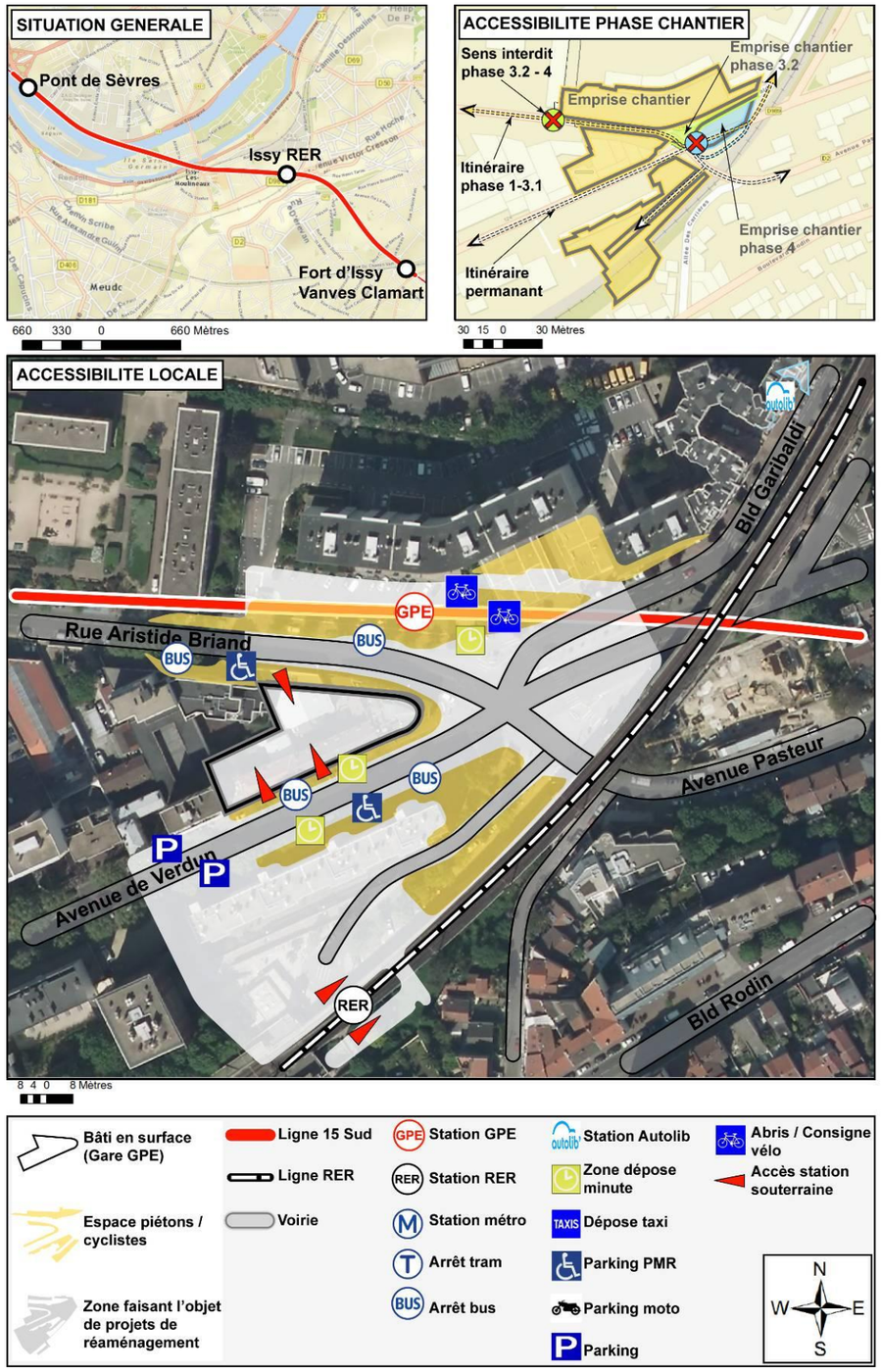



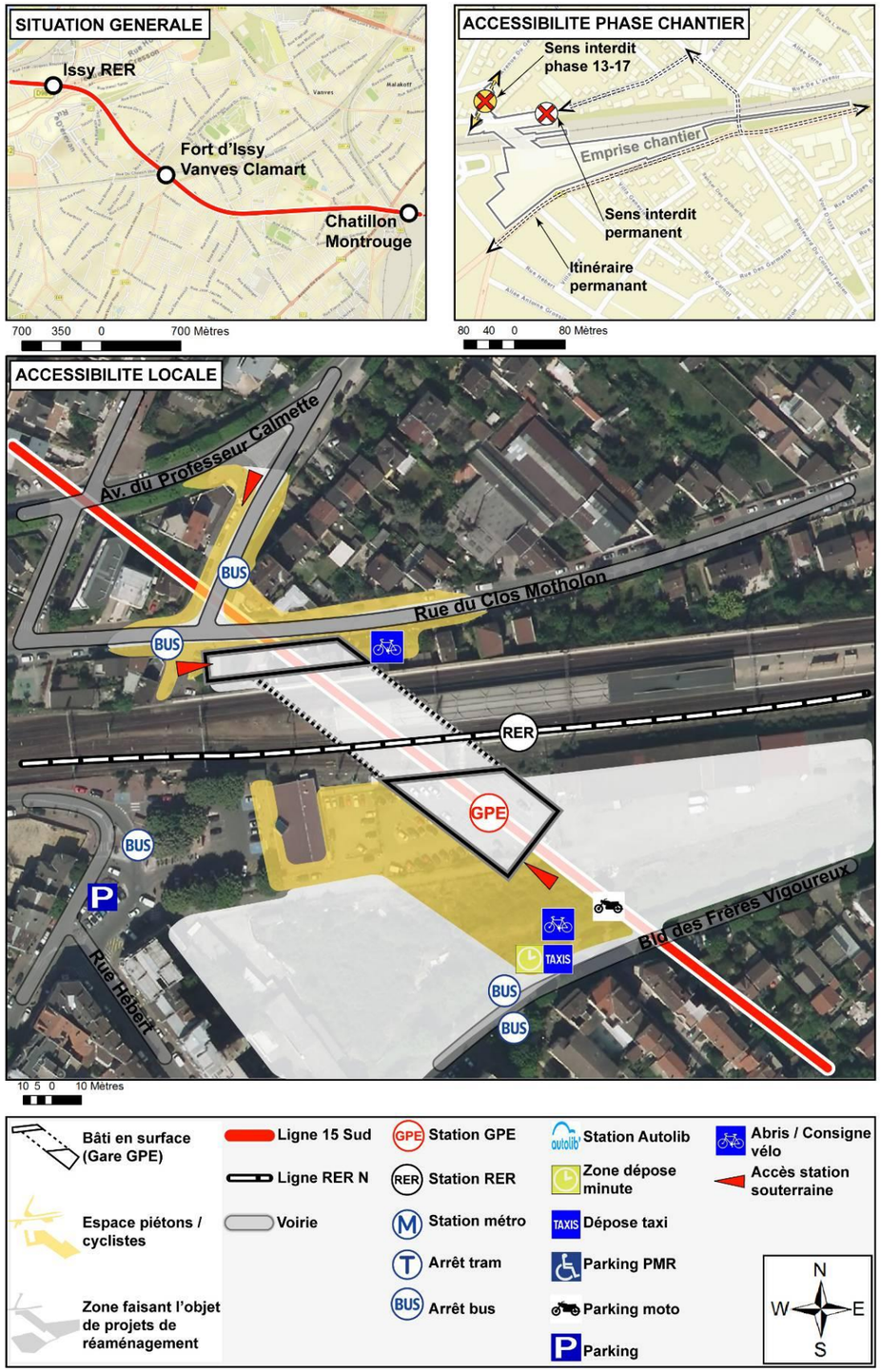

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | La circulation automobile le long du quai George Gorse sera dissociée de part et d'autre de l'emprise du chantier et les voies seront ramenées à une bande de circulation par sens. Cela sera rendu possible, coté Seine, grâce à l'aménagement d'un autopont permettant de mettre en place le contournement sud du chantier.<br>L'apport des matériaux et le transport, notamment, des déblais seront en partis réalisés grâce à des barges, ce qui permettra d'alléger le trafic routier sur le secteur. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare du GPE de Pont-de-Sèvres s'associe avec la station souterraine de la ligne de métro préexistante M9 par le biais d'un vaste corridor évasé remontant en pente légère depuis les bords de Seine jusque sous l'avenue du Général Leclerc. Cette connexion souterraine de 250 m (située au niveau -1) passe au-devant des tours Trident et Pont de Sèvres et assure donc l'intermodalité entre les deux lignes de métro M9 et M15.<br>Si pour l'heure le projet définitif n'est pas arrêté, il est également important de rapporter que la gare routière située au-dessus de la station de métro M9 représente un pôle important pour le réseau de bus francilien. De par son implantation, cette gare se mêle à celles des métros pour former un pôle intermodal d'envergure, aux portes de Boulogne-Billancourt. Ce dernier est en effet, avant d'être un site de desserte pour le tissu urbain alentour, un site de transbordement de voyageur entre les différentes lignes (bus et métro) de transport en commun. Dix lignes de bus arrivent à la gare routière et 3 arrêts de bus se trouvent à l'échangeur de Pont de Sèvres.<br>Enfin, à 900 m de la gare du GPE, la station du tramway T2 est accessible en passant par la gare routière, puis le pont de Sèvres. La liaison peut néant moins être opérée en bus, depuis la gare routière, réduisant alors la distance de marche à 300 m. |
| | Accessibilité routière | La gare se trouve au niveau d'un nœud routier important, au croisement entre la RD1 qui longe la seine (sous laquelle est mis en place la station souterraine du GPE) et la RD 910 sous laquelle se trouve la station de la ligne M9. Compte de tenu de l'importance du trafic qui les emprunte et de leur rôle majeur pour la circulation automobile, le projet ne prévoit pas de création d'espace de stationnement (y compris les zones « dépose-minute ») qui pourrait représenter des risques lors de réinsertion dans le trafic.<br>Toutefois, la gare routière fera prochainement l'objet d'un réaménagement total qui pourra peut-être apporter une solution pour l'arrêt des véhicules aux abords de la gare. Rappelons également que les environs du Pont de Sèvres sont concernés par de multiples projets (dont la réhabilitation de l'île Seguin), pour lesquels la création de nouveaux parkings est à prévoir. |
| | Accessibilité des modes actifs<br>(marche à pied, vélo) | Située milieu de la Seine, l'île Seguin fait l'objet d'une réhabilitation complète qui vise, entre autre à implanter la cité de la musique ou encore à créer une nouvelle connexion piétonne en direction du Pont de Sèvres.<br>Au passage de la gare, une connexion est établie permettant de descendre vers la station souterraine par le biais d'escalators et d'escaliers. Elle permet d'aboutir en surface de la gare enfouie, d'où de nouveaux accès sont prévus pour descendre et accéder aux espaces souterrains (des accès sont également prévus de l'autre côté du quai George Gorse, où un parking vélo est également prévu aux pieds du square Com). Par ailleurs, depuis les escapes en surfaces, les voyageurs ont la possibilité de traverser le quai George Gorse en direction du Trident, pour ainsi rejoindre l'arrêt de bus devant les tours Pont de Sèvres où se situe par ailleurs un nouvel accès aux espaces souterrains de la gare (donnant sur le couloir reliant les deux gares, où des commerces sont également prévus). Face à cet accès, de l'autre côté de la voirie, un abri vélo (40 places) est implanté et dessert pareillement la gare routière et les gares souterraines. Une consigne Véligo de 60 places située à la sortie de l'accès Square Com est également prévue. La piste cyclable sera prolongée jusqu'à l'accès secondaire. |

### 1.21.3.2 ISSY RER



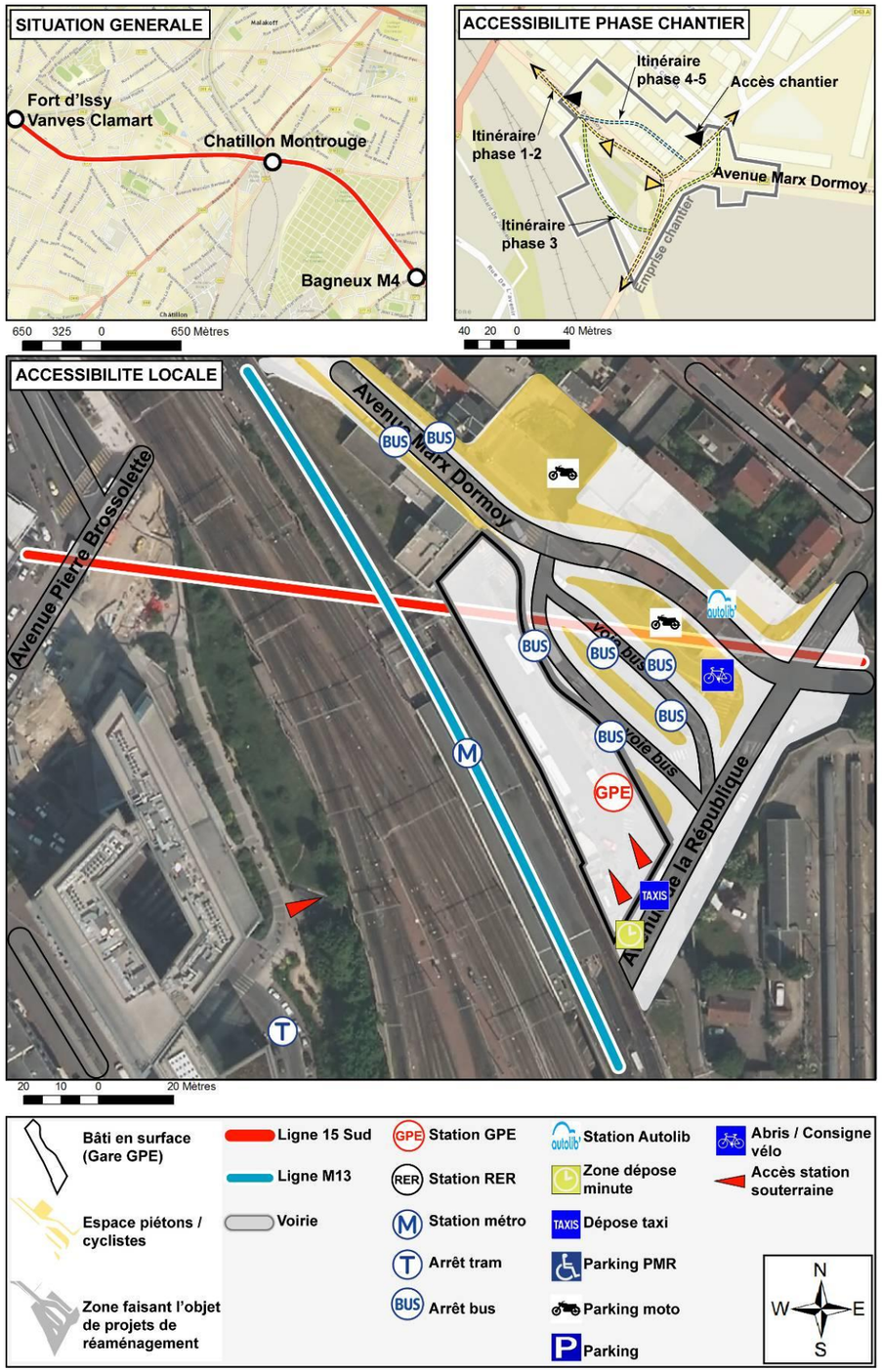

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | En parallèle de l'aménagement de la gare, il convient de noter que le bâtiment voyageur va faire l'objet d'un réaménagement, l'aménagement la ZAC Léon Blum va induire des démolitions et des reconstructions importantes. Le cumul de ces chantiers induira une problématique de mobilité importante qui ne sera toutefois pas accentuée par le blocage prolongé de la circulation automobile. En effet, les voiries resteront en place pour la plupart d'entre elles. Un itinéraire de déviation sera cependant mis en place pour le trafic de transit du secteur Léon Blum. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare d'Issy permet d'articuler, au sein du même complexe, la nouvelle gare du GPE et la gare RER préexistante. Composée de trois unités (entrée – gare GPE – gare RER), l'ensemble est raccordé en sous-sol (au niveau -2) afin d'assurer les connexions entre les deux gares mais également de rejoindre la surface au niveau de l'émergence qui accueille l'entrée principale.<br>Implantés sur les deux axes encadrant l'émergence de la gare (l'avenue Verdun et la rue Aristide Briand), trois arrêts de bus complèteront l'intermodalité du site en permettant la connexion des réseaux ferroviaires avec les lignes TUVIM et B123. Ils donneront directement sur les deux entrées de l'émergence de la gare, qui constituera un volume traversant entre les deux voiries.<br>A 7 minutes de marche au Nord (550 m), la station du tramway T2 acques-Henri Lartigue complète plus encore le maillage de transport public, permettant des changements de lignes relativement aisés au travers d'un parcourt sécurisant empruntant plus de 200 m d'itinéraire piétonnier. |
| | Accessibilité routière | Le site d'implantation se situe au croisement entre les quatre axes importants que sont l'avenue Verdun, la rue Aristide Briand, les Arches d'Issy et l'avenue Victor Cresson. Ils offrent à la gare une forte accessibilité routière qui n'est toutefois pas alimentée par la création d'un parking aux abords (le parking de 93 emplacements réalisé aux dessus des voies du GPE est exclusivement destiné aux résidents du bâtiment Garibaldi). En effet, seuls 4 emplacements de « dépose-minute » sont prévus ainsi que 4 espaces destinés aux PMR.<br>Les environs immédiats de la gare accueillent par ailleurs 2 emplacements réservés aux taxis et un emplacement pour les deux-roues, localisés à proximité immédiate de l'entrée Sud de l'émergence. Une place de stationnement pour les convoyeurs de fonds et 3 pour les véhicules utilitaires/d'intervention/de prévention sont également prévues.<br>Enfin, si une station autolib' existe à proximité, elle est néanmoins située à 500 m au Nord de la gare. |
| | Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo) | Comme cité précédemment, la gare se compose de trois unités qui communiquent au niveau -2. L'accès à la gare se fait au niveau de l'émergence, indifféremment depuis l'avenue Verdun ou la rue Aristide Briand, où des escalators sont mis en place pour rejoindre le niveau -2 et accéder ainsi à l'espace situé au-dessus des voies du GPR. Depuis cet espace, outre la possibilité de descendre vers le GPE, une seconde liaison est mise en place pour relier le RER C, partiellement composée d'une succession d'escalators permettant de remonter au niveau de la ligne aérienne (viaduc).<br>L'émergence de la gare est ceinturée de trottoirs donnant accès aux zones de dépose-minute, aux arrêts de bus (avec la nécessité de traverser l'avenue Verdun pour l'un d'eux).<br>Les deux abris de vélos qui desservent la gare sont localisés au-dessus des voies du GPE, soit au Nord du Bd Garibaldi, sur le parvis situé au pied de l'immeuble Garibaldi. Ils sont accessibles depuis l'entrée Nord de la gare, via deux possibilités de traverser au niveau de passages pour piétons. |

### 1.21.3.3 FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART




| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | Les travaux de construction de la gare imposent l'interruption de circulation sur rue du Clos Montholon sur une partie de la durée des travaux. Les reports de circulation de transit devront se faire sur l'avenue de la Paix (RD 72) et les avenues du Général de Gaulle et avenue du Professeur Calmette (RD 71). Les conditions de circulation du boulevard des Frères Vigouroux est impacté pendant certaines phases de construction de la gare (interruption de la circulation sur certains tronçons et réduction des largeurs des voieries tout en conservant une voie de circulation par sens). Le trottoir Nord du boulevard des Frères Vigouroux ne sera plus utilisable pendant toute la durée des travaux. Des passages piétons seront créés aux extrémités du boulevard pour faire passer les piétons vers le trottoir Sud.<br>Les lignes de bus 394, 169, 189, N62 et Bus Hirondelle seront impactées pendant la construction de la gare. Des itinéraires et arrêts provisoires ont été proposés pour la phase travaux. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare de Fort d'Issy Vanves Clamart est principalement implantée sous le parking de la gare actuelle de Clamart et sous les voies ferrées. La gare est desservie par les lignes de bus 169, 189, 394, et N62. Le site présente également des lignes de service communale : le Clamibus (Clamart), le Tuvim (Issy les Moulineaux), l'Hirondelle (Malakoff). La position, le nombre de postes à quai ainsi que des modifications d'itinéraire aux abords de la gare sont en cours d'étude. L'aménagement actuel prévoit de positionner les arrêts de bus 394 et 169 sur la rue du Chemin Vert avant l'avenue du Général de Gaulle, l'arrêt du 169 sur l'avenue du Professeur Calmette, et les arrêts 189, 394 et N62 du côté du boulevard des Frères Vigouroux. Le Clamibus resterait au niveau de la Place de la gare dont le réaménagement dépend du projet de la mairie de Clamart. Les temps d'accès à la gare depuis les différents arrêts sont estimés entre 23 et 77 secondes selon les arrêts.<br>Une correspondance avec la ligne N du Transilien est également prévu. Elle s'effectue au Rez-de-Chaussée du Hall d'Échanges de la gare par l'intermédiaire d'un couloir de connexion situé à l'aplomb du quai du Transilien. L'ensemble des cheminements depuis la correspondance est mécanisé (2 escalators mécaniques) et 1 ascenseur permet la remontée du couloir de connexion au quai SNCF. |
| | Accessibilité routière | La gare est desservie par la rue du Clos Montholon, la rue du Chemin Vert et l'avenue du Général de Gaulle du côté d'Issy-les-Moulineaux, et par le boulevard des frères Vigouroux, la rue Hébert et la rue de Fleury du côté Clamart/Malakoff. La rue du Chemin Vert ainsi que la rue du Clos Montholon présentent des places de stationnement en voirie. L'implantation de la gare GPE induit la suppression du parking existant (100 places environ) situé derrière le bâtiment voyageur SNCF. La création d'un parking souterrain dans le cadre de l'aménagement du nouveau quartier Place de la gare (150 places) est en cours d'étude. Du côté Clamart/Malakoff, le projet prévoit un abri pour deux roues motorisées de 20 places à proximité de l'abri vélos. Une aire d'attente taxis et une voie de dépose minute est également prévue à proximité des entrées de gare GPE et SNCF. |
| | Accessibilité des modes actifs<br>(marche à pied, vélo) | La gare se décompose en deux entrées principales : du côté Issy-les-Moulineaux et Vanves par un bâtiment émergent, situé entre le quai latéral du Transilien et la rue du Clos Montholon, et du côté Clamart/Malakoff par l'émergence du Hall d'Échanges sur le parvis d'entrée au niveau du boulevard des Frères Vigouroux. La gare présente en outre deux entrées supplémentaires : un accès depuis l'ancien ou futur bâtiment voyageur SNCF et un accès souterrain à l'angle de l'avenue du Général de Gaulle et de l'avenue du Professeur Calmette. Les flux entrants et sortants sont estimés à 176 personnes sortantes/minute et 58 personnes entrantes/minute en heure de pointe du soir, et à 100 personnes par sens en heure de pointe du matin.<br>L'aménagement du parvis côté du Boulevard des Frères Vigouroux permettra l'installation d'une consigne Véligo de 80 places et d'un abri vélos de 23 places en limite de voirie. L'aménagement de pistes cyclables est à prévoir entre le boulevard des Frères Vigouroux et la place de la gare de Clamart. L'aménagement du parvis au niveau du futur bâtiment voyageur SNCF permettra l'installation d'un abri vélos de 20 places. Au droit de l'émergence coté Issy-les-Moulineaux, un abri vélo de 17 places est également implanté le long de la rue du clos Montholon. Un escalier à proximité de l'abri vélos permet d'accéder à la gare. |

### 1.21.3.4 CHATILLON MONTROUGE



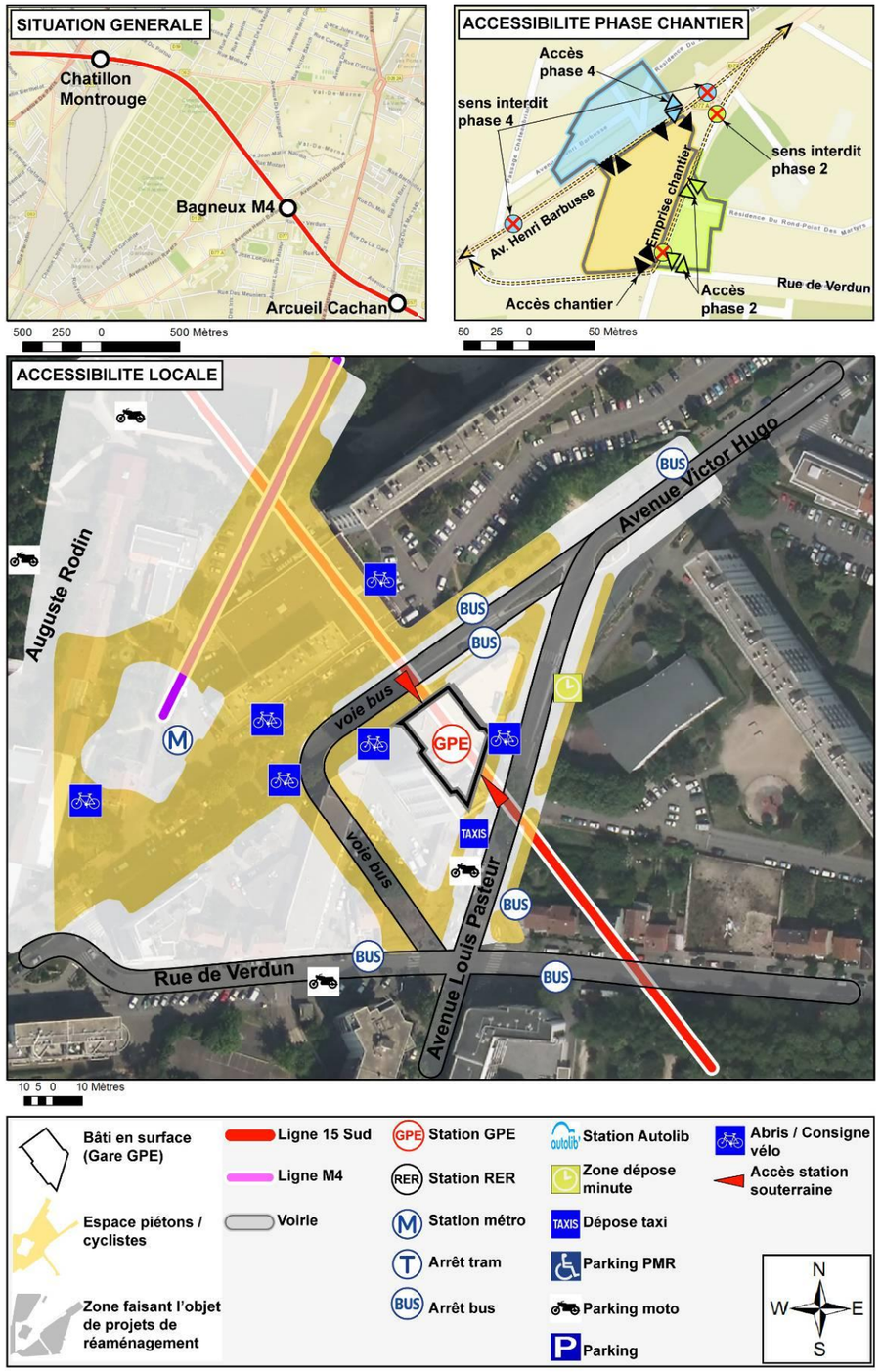

**PHASE CHANTIER**

| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | Vu les faibles emprises de chantier disponibles, souvent morcelées en fonction des diverses phases de travaux, différentes déviations sont prévues pour permettre la circulation aux alentours du chantier pendant les différentes phases. En phase 1 et 2, des légères déviations de l'avenue Marx Dormoy et de l'avenue Jean Jaurès sont prévues afin d'assurer la circulation entre les zones de travaux. En phase 3, l'avenue Marx Dormoy contourne entièrement la zone de travaux grâce à une déviation de la circulation vers l'Ouest (le long des voies de métro) et l'Est. En phase 4 et 5, l'avenue Marx Dormoy est déviée vers le Nord, permettant d'assurer la circulation des véhicules entre les zones en chantier |

**PHASE D'EXPLOITATION**

| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | La gare de Chatillon Montrouge représente un pôle intermodal important puisqu'elle regroupe, au sein du même complexe, les stations des lignes M13 (terminus) et M15 (GPE) et qu'elle jouxte le terminus de la nouvelle ligne de tramway T6 prenant la direction de Viroflay – Rive droite. Ce terminus du T6, mis en œuvre de l'autre côté des voies de chemin de fer SNCF par rapport à la gare du GPE, est connecté au nouveau complexe via un passage sous voie d'environ 60 m aboutissant sur la coulée verte. Outre les intermodalités ferroviaires, la gare est également desservie par 11 lignes de bus qui s'organisent, se croisent et se succèdent au sein et autour de la gare routière implantée au Nord de la gare. Les différentes lignes ont la possibilité de se stationner (dans le cas des terminus) ou de s'arrêter devant la gare, grâce à un espace structuré tel que : l'avenue Marx Dormoy au Nord, suffisamment large pour permettre tout à la fois l'arrêt des bus sur les côtés et la circulation automobile en double sens, et la zone de gare routière où trois zones parallèles se succèdent entre l'avenue Marx Dormoy et le devant de la gare pour permettre les stationnement longue durée des bus arrivés à leur terminus. |
| Accessibilité routière | Comme décrit ci-dessus, la gare est jouxtée au Nord par l'avenue Marx Dormoy, axe parallèle à la ligne de métro M13 qui se poursuit ensuite vers l'Est. Cette voie ne permet toutefois pas de desservir directement la gare puisque les usagers doivent effectuer un tourne-à-droite sur l'avenue de la République afin d'accéder aux espaces de dépose-minutes (3 places) situés au niveau du passage sous voie. Depuis là, l'entrée vers les deux lignes de métro est directement accessible. Le parking le plus proche, compte tenu de l'absence de création d'un nouvel espace de stationnement dans le cadre du projet de gare, est situé à plus de 300 m du complexe (Parking Espace Maison Blanche), sur l'avenue de Paris et donc accessible au travers du passage souterrain entre le terminus du T6 et la gare.<br>Le stationnement des deux roues motorisées est prévu sur le parvis au Nord de l'avenue Marx Dormoy (10 places). Une borne taxi est également prévue sur l'avenue Jean Jaurès en face de l'entrée de la gare, près du dépose-minute. Une borne Autolib de 6 places est prévue le long de l'avenue Marx Dormoy. |
| Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo) | La gare est composée, au niveau du rez-de-chaussée, d'espaces de correspondances, de commerces, d'un local vélo ou encore d'un point multiservices qui donnent directement sur la gare routière (les quais des lignes de métro étant situés au-dessus pour la M13 ou bien en dessous pour la M15). De façon à sécuriser les déplacements, les abords de ses espaces fermés comprennent de larges espaces piétonniers partiellement surplombés par les volumes supérieurs. Le projet prévoit une consigne collective Véligo de 80 places intégrée dans le bâtiment voyageur, un abri pour 40 vélos et une station de vélos en libre-service (capacité non définie à ce stade). L'ensemble de ces services seront situés à moins de 70 mètres de l'entrée de la gare. La consigne est positionnée pour que les usagers n'aient pas à traverser la voirie. L'abri vélo est prévu sur le parvis au plus près des cheminements doux. Ces aménagements pour cyclistes s'intègrent dans un réseau cyclable dense, la gare se situant à un carrefour de pistes cyclables, la reliant aux principales villes environnantes. Une piste cyclable sera également aménagée sur l'avenue Marx Dormoy au plus proche du parvis et du pôle intermodal. Le trafic sera également ralentit sur cette voirie. Depuis ces espaces, les usagers ont la possibilité de traverser la gare routière ou l'avenue Marx Dormoy via des passages pour piétons pour ainsi accéder aux différents arrêts de bus, à l'espace sous-abris de stationnement vélo ou encore aux espaces dépose-minute.<br>Au sein de la gare, des rampes permettent aux usagers de monter ou descendre vers les quais des deux lignes de métro, qu'ils soient à pied, à vélo ou bien qu'il s'agisse de PMR. |

### 1.21.3.5 BAGNEUX M4




**PHASE CHANTIER**

**Accessibilité générale du site**

Les travaux de construction de la gare imposent l'interruption de circulation sur les avenues Louis Pasteur et Henri Barbusse sur une partie de la durée des travaux, mais non simultanément. Les reports de circulation de transit devront se faire sur la rue de Verdun. Les conditions de circulation sur les deux avenues seront impactées pendant certaines phases de construction de la gare (réduction des largeurs des voiries tout en conservant une voie de circulation par sens). Une partie des trottoirs des deux avenues ne seront plus utilisables pendant certaines phases des travaux. La continuité des cheminements piétons sera maintenue dans le sens Sud-Nord pour chacune des deux avenues (création d'une voie piétonne au besoin), hors périodes de coupures complètes pendant lesquelles ces cheminements seront renvoyés vers l'avenue en circulation. Les circulations de chantier se feront via des accès depuis les avenues Pasteur et Barbusse et depuis la rue de Verdun.

Les lignes de bus 162, 188 et 388 seront impactées pendant la construction de la gare. Des itinéraires et arrêts provisoires seront proposés pour la phase travaux.

**PHASE D'EXPLOITATION**

**Accessibilité en transports en commun**

La gare de métro 15 de Bagneux s'implante à proximité immédiate de la gare terminus de la ligne du métro M4. Toutes deux souterraines, ces stations communiquent, au niveau -2 de la gare du GPE, par le biais d'un couloir passant sous le parvis et l'ancien tronçon de l'avenue Henri Barbusse. Toutefois, elles peuvent également être accessibles en surface et disposent chacune d'une émergence s'intégrant dans la trame urbaine.

La restructuration complète du réseau viaire, et la réalisation d'un parvis en lieu et place d'une partie de l'avenue Henri Barbusse, bouleverse la localisation des arrêts de bus préexistants qui se retrouvent de fait sur l'avenue Louis Pasteur et devant la cité des Martyres de Chateaubriand. Ils encadrent la gare du GPE située sur un îlot traversant (distants d'environ 40 à 50 m par rapport à l'entrée) mais sont plus éloignés de la station M4 avec des distances à franchir de l'ordre de 100 à 120 m. Actuellement, 3 lignes de bus RATP desservent la gare : 187, 188 et 189.

**Accessibilité routière**

Intégrée dans le projet de la ZAC Victor Hugo, la gare occupe une situation particulière qui la place au centre du nouvel éco-quartier mais qui la situe au sein d'un espace où la circulation automobile ne se fait qu'en périphérie. De fait, l'entrée de la gare donne sur le parvis où seules les circulations des bus et des modes actifs sont autorisées. Les voitures, elles, n'ont d'autre possibilité que de contourner la gare par l'avenue Louis Pasteur où quelques emplacements sont prévus en voirie (coté Est) pour permettre aux usagers des commerces ou des visiteurs de l'église Sainte Monique de se stationner.
Par ailleurs, la rue de Verdun passe à une cinquantaine de mètres au Sud de la gare et permet aux automobilistes venant de la rue Victor Hugo et ayant contourné la gare de reprendre leur direction initiale en empruntant l'avenue Henri Barbusse (et vice-versa). Cette rue de Verdun permet également de rejoindre rapidement l'avenue Aristide Briand (RD 920) plus à l'Est.

Le secteur, fort d'une accessibilité en transport en commun importante, ne comprend par contre pas de nouvelle création d'espace de stationnement.

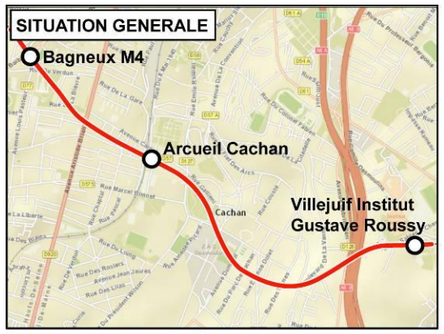
**Accessibilité des modes actifs**

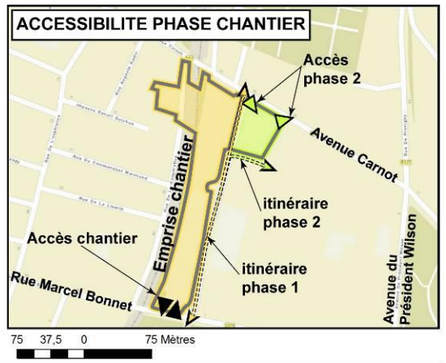
(marche à pied, vélo)

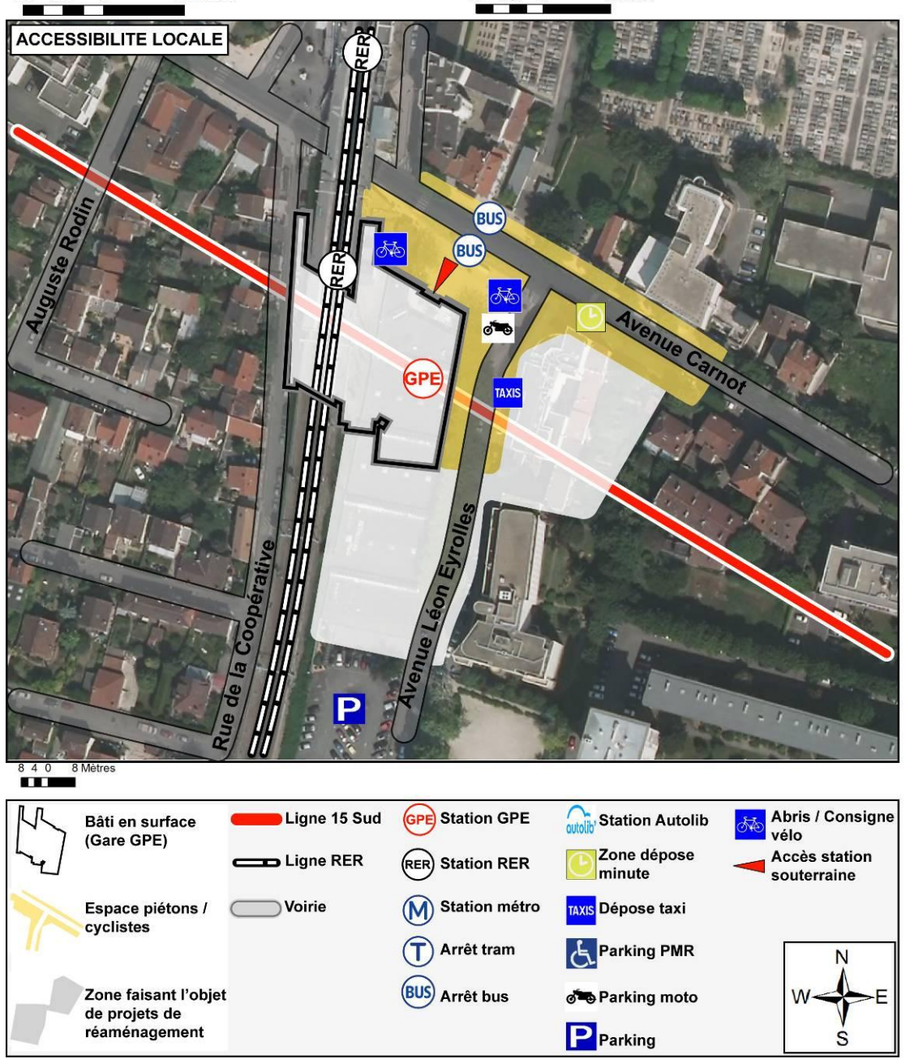
L'entrée principale de la gare, accessible depuis un vaste parvis autour duquel s'articulent de nouveaux immeubles mixtes, bénéficie indubitablement d'une accessibilité piétonne et cycliste majeur. Totalement plan, cet espace représente le point focal du nouveau quartier et fait par conséquent converger les circulations dites « douces » dans une zone totalement sécurisée où seuls les bus ont accès (dans un tracé délimité). Depuis ce parvis, les usagers ont accès à 4 stations/abris de vélos (60 places abritées, 100 places Véligo), à la gare de métro M4 ou à la station de bus aux pieds de la cité des Martyres de Chateaubriand.

Ouvrage traversant, la gare dispose également d'une entrée depuis l'avenue Louis Pasteur où des trottoirs larges assurent la sécurité des déplacements doux. Ce second accès fait face à la rue privée de la cité des Martyrs de Chateaubriand et permet de rejoindre l'arrêt de bus situé de l'autre côté de l'avenue Louis Pasteur, la zone de station vélo, le dépose-minute ou encore la station de motos.

### 1.21.3.6 ARCUEIL CACHAN



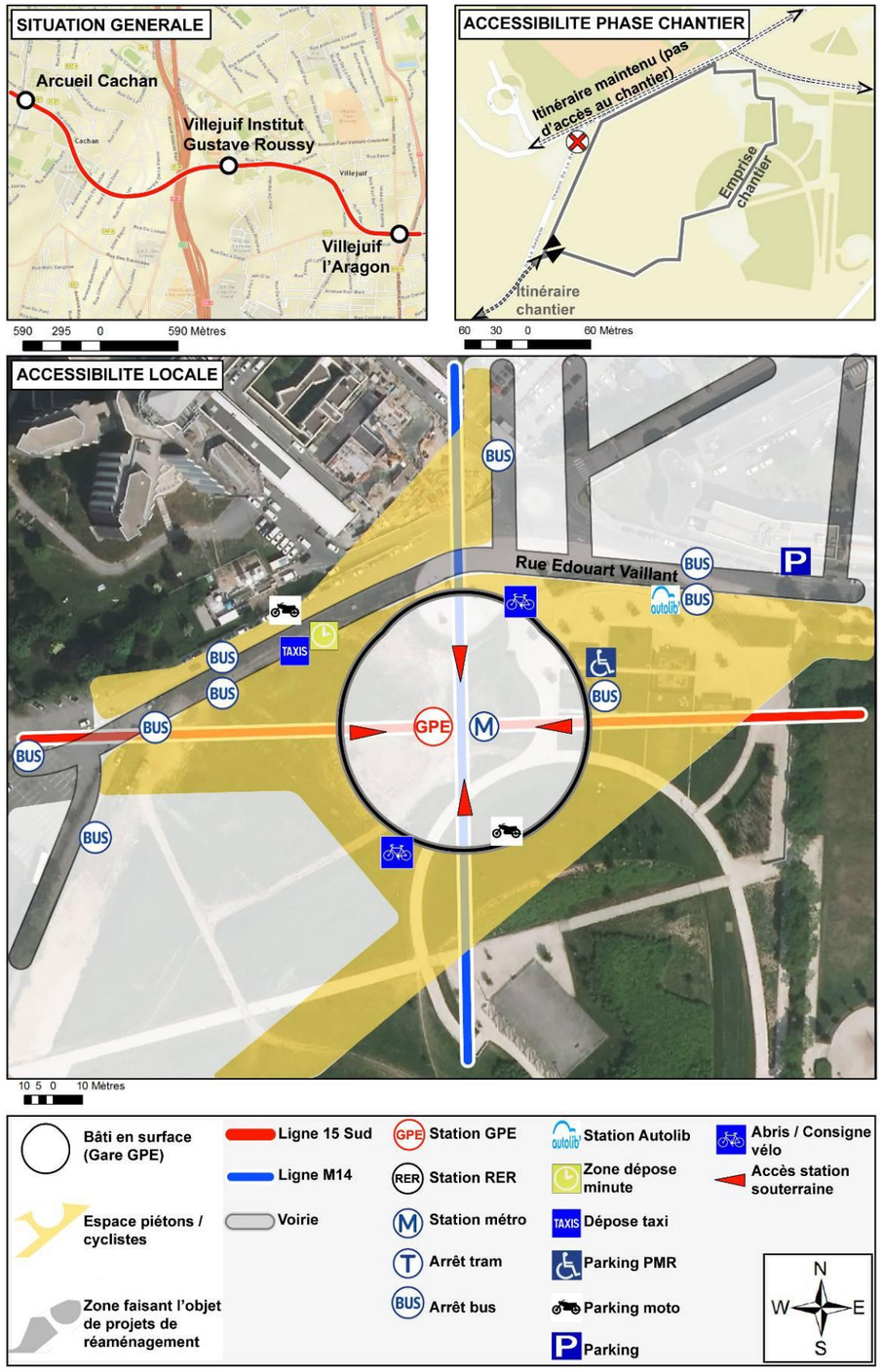

**PHASE CHANTIER**

| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | La circulation sur l'avenue Léon Eyrolles sera coupée à la circulation dès le démarrage des travaux de la gare (avec maintien de l'accès au parking de la Résidence Wilson et au poste ErDF). Le maintien de la circulation piétonne sur un axe Sud-Nord est également prévu (ce passage traversera le chantier), notamment pour les riverains. Les arrêts bus existants seront maintenus ainsi que la circulation piétonne autour des abris.<br>Les circulations principales de chantier se feront côté Sud depuis la rue Marcel Bonnet. Un accès Nord reste tout de même indispensable depuis l'avenue Carnot pour les différentes phases de travaux.<br><br>S'agissant du RER B, un accès provisoire vers les quais sera mise en place rue du docteur Gosselin. |

**PHASE D'EXPLOITATION**

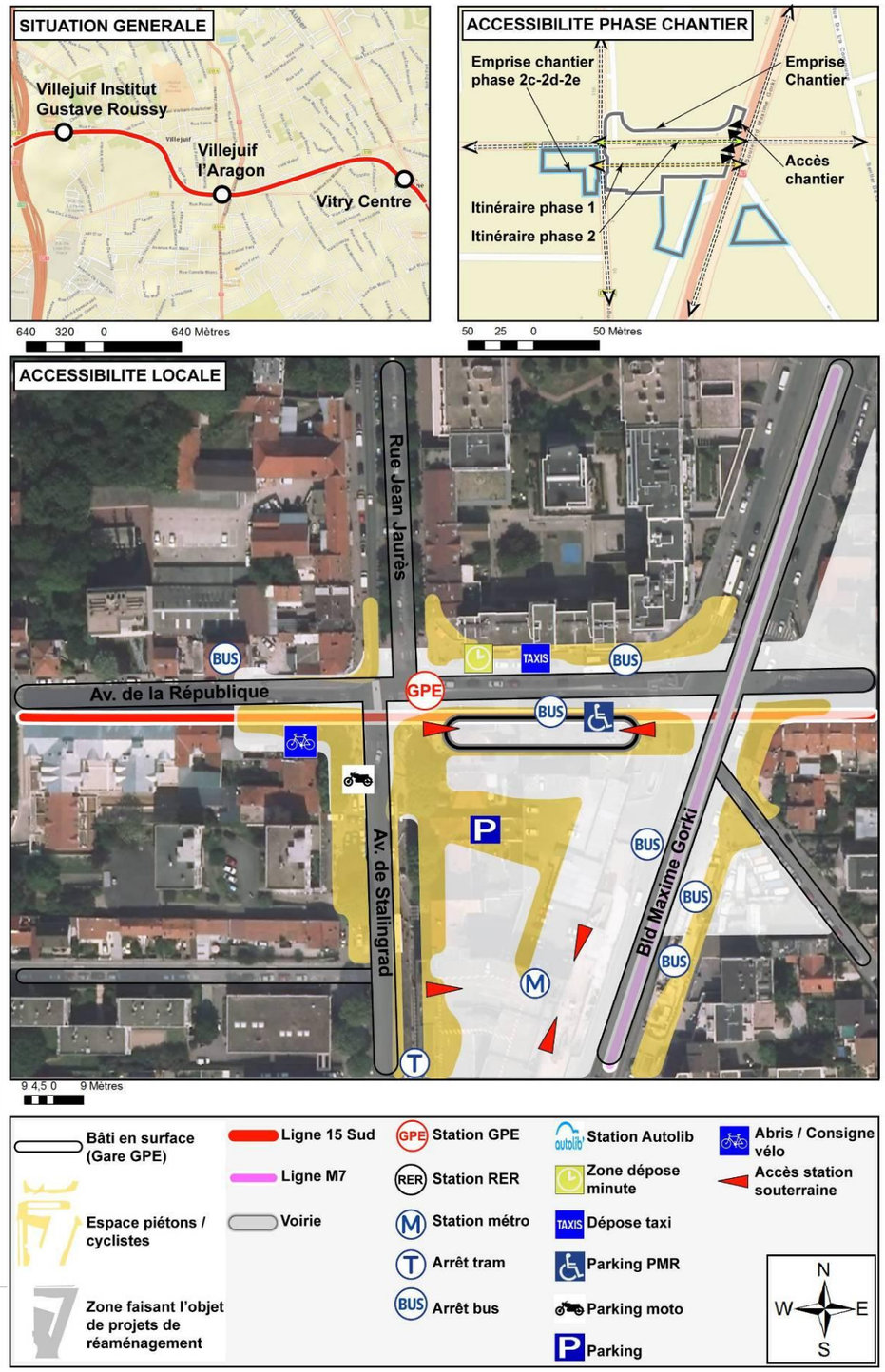
| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | La gare d'Arcueil Cachan constitue un complexe faisant l'articulation entre l'actuelle gare RER B homonyme et la nouvelle station du GPE. Ces deux lignes se superposent, les quais RER étant extérieurs tandis que les quais du GPE sont situés 25 m sous terre, et correspondent via la gare et plusieurs niveaux de plancher pour permettre aux usagers d'aboutir communément sur l'avenue Carnot.<br><br>Cet axe qui joint le centre-ville à l'avenue Aristide Briand est emprunté par cinq lignes de bus du réseau RATP, qui marquent toutes l'arrêt au sortir de la gare avenue Carnot. Des passages pour piétons ceinturant ces zones d'arrêts permettent des déplacements sécurisés pour les voyageurs lors de leurs changements de transport. |
| Accessibilité routière | Outre l'avenue Carnot, le réseau viaire aux alentours de la gare est caractérisé par des voiries de desserte irriguant le tissu urbain résidentiel local. De ce fait, les gabarits de ces voies sont peu adaptés pour accueillir une circulation dense autour de la gare.<br>Compte tenu de la haute accessibilité du site via les autres modes que les véhicules particuliers, le projet de la gare n'a pas inclus d'aménagement spécifique destiné à l'accessibilité routière, se reposant donc sur la situation initiale. A noter toutefois qu'un « dépose-minute » prend place côté Sud de l'avenue Carnot, de l'autre côté de l'avenue Léon Eyrolles par rapport à la gare et qu'un espace destiné aux deux-roues motorisés (10 places) est prévu en marge du parvis (accessible depuis l'avenue Léon Eyrolles).Une borne taxi de 3 emplacements pourra aussi se positionner à proximité du parvis, sur la rue Léon Eyrolles, côté trottoir Est.<br><br>Si aucun espace de stationnement n'est réalisé dans le cadre du projet de gare en tant que tel, les projets d'aménagement urbains envisagés par la ville de Cachan plus au Sud prévoient la réalisation d'opération immobilières (dont du stationnement) en lieu et place de l'ancien parking aérien. |
| Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | Les quais de l'actuelle gare RER sont accessibles en trois points, qui sont maintenus pour deux d'entre eux (ceux situés au Nord de l'avenue Carnot).<br>La gare prend place sur le viaduc du RER B au niveau sud de l'avenue Carnot. Des circulations verticales depuis la salle d'échanges permettent de rejoindre les quais du RER de part et d'autre du viaduc.<br>Depuis le parvis de gare donnant sur l'avenue Carnot, les deux arrêts de bus sont directement accessibles, de même que trois abris de bus extérieurs. A ce stade, le projet prévoit un abri vélo de 20 places situé au Nord du parvis pour dégager la façade de la gare pour les flux piétons. Une consigne de 40 places vélos est également prévue dans le premier bâtiment de la gare, en proue sur le parvis. |

### 1.21.3.7 VILLEJUIF INSTITUT GUSTAVE ROUSSY



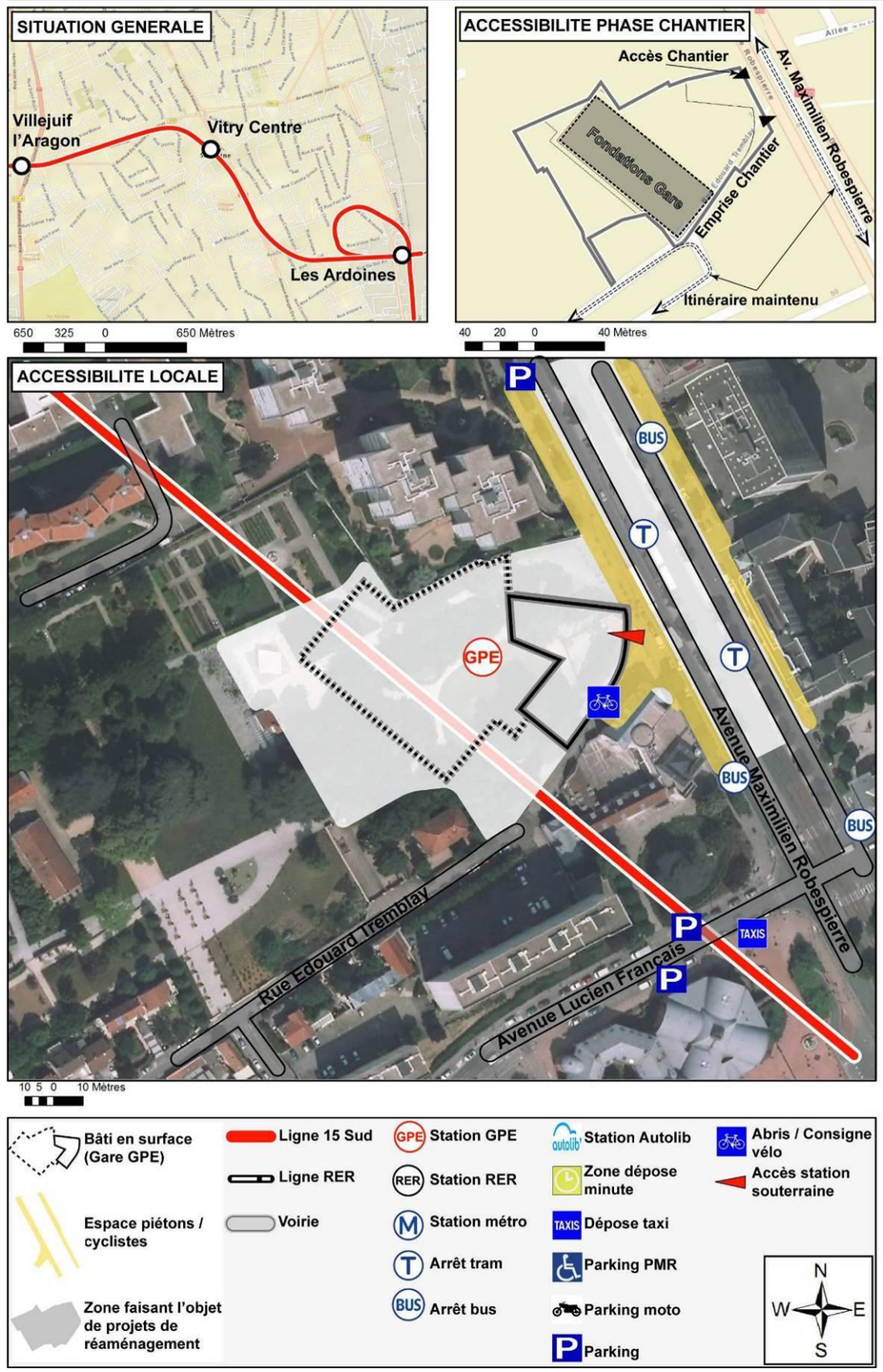

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | Les circulations de chantier devront se faire exclusivement via le passage souterrain sous l'A6 (hors service actuellement). L'aménagement de la piste de chantier reliant l'emprise chantier à ce passage devra se faire dans le cadre du projet ZAC Campus Grand Parc. Cet accès sera commun aux deux chantiers (projet de ZAC et gare). Les voieries actuelles et les circulations piétonnes au Nord de la gare ne seront donc pas impactées par les chantiers. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est une gare profonde qui accueillera deux nouvelles lignes du réseau de transport Grand Paris en correspondance : les lignes 15 (ligne rouge) et 14 Sud (ligne bleue). La correspondance entre les deux lignes se fait au sein du bâtiment de la gare.<br>La Gare de Villejuif IGR est desservie à terme par 9 lignes de bus : la ligne 47, 57, 131, 162, 186, 380, D1, X1 (ligne express en provenance de l'A6) et la ligne X2 (ligne express Nouvelle Nord Essonne en provenance de l'A6). L'aménagement du pôle Bus n'est pas encore finalisé à ce stade des études. Selon les dernières propositions, l'aménagement consisterait en des postes à quais répartis le long des voiries, notamment le long de la rue Edouard Vaillant, de l'allée du Parc et de la rue de la Redoute. Le projet prévoit le passage de 8 lignes de bus par l'allée du Parc dont 4 en double sens. Les postes de régulation pour les lignes en terminus sont dispersés, entre autre sur l'allée du Parc, au niveau de La Redoute et sur le parvis de la Gare dans la partie Ouest. |
| | Accessibilité routière | La gare de Villejuif IGR s'implante au Nord du parc des Hautes-Bruyères, en face de l'Institut Gustave Roussy. Trois voiries entourent la gare : le rue Edouard Vaillant, la voie des Sables et le chemin de la Redoute.<br>L'aménagement de la zone à proximité de la gare prévoit de supprimer au maximum les places de stationnements extérieurs IGR au profit d'espaces publics en les concentrant dans un parking enterré sous la voie des sables. Le nombre d'emplacements de stationnement planifié à ce jour est de 848 places sur 5 niveaux dont une trentaine pourrait être attribués au personnel d'exploitation de la gare. L'entrée de ce parking souterrain est aujourd'hui envisagée au croisement de la rue qui mène à La Redoute et de la rue Edouard Vaillant.<br>Deux zones de stationnement 2 roues sont implantées au Nord du parvis côté IGR, dans un périmètre de moins de 50 mètres des accès à la gare. La Borne Taxi se trouve à proximité de l'aire d'attente abritée par la toiture alors que le stationnement lui-même se fera le long de la rue Edouard Vaillant. La dépose minute est également aménagée sur le parvis Nord-Ouest, le long de la rue Edouard Vaillant dans le prolongement du stationnement aménagé pour les taxis (à moins de 40 mètres des accès et à moins de 20 mètres du parvis couvert). Une station Autolib' est aménagée à l'Est du parvis, le long de la rue Edouard Vaillant. |
| | Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo) | Les voyageurs en provenance de la ville accèdent à la gare au niveau rez-de-chaussée. Le flux de déplacement entre la ville et la gare est de 45 voyageurs montants par minute et 29 voyageurs descendants par minute à l'heure de pointe du matin (les flux étant pendulaires, les chiffres sont inversés à l'heure de pointe du soir).<br>Des accroches vélos et une consigne Véligo sont intégrés dans le rez-de-chaussée de la gare. Le projet de la ZAC planifie l'aménagement de bandes cyclables le long de la coulée verte ainsi que des zones partagées cycles et piétons dont une au niveau de la promenade des Horizons. Ces deux types de cheminements se croisent sur le parvis Est de la Gare et assurent le lien avec la ville. Une consigne collective de 40 places dans un rayon de 6 mètres par rapport aux accès, en relation directe avec la piste cyclable est prévue dans le plan d'aménagement de la ZAC sur la promenade des horizons. Une zone d'accroches-vélos au Sud capable de recevoir 32 vélos est également prévue proche de la promenade des horizons ainsi qu'une zone de vélos en libre-service au Nord Est, à proximité immédiate de la piste cyclable qui suit la coulée verte. Le temps d'accès de l'abri vélo à l'entrée du quai est estimée entre 3.5 et 3.9 minutes pour la ligne 14 et entre 4.5 et 5 minutes, pour la ligne 15. |

### 1.21.3.8 VILLEJUIF LOUIS ARAGON



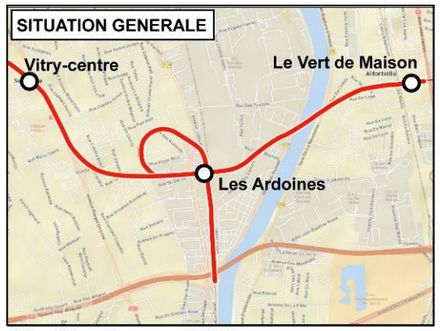

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | La situation de la gare et l'obligation de maintenir l'ensemble des axes de circulation conduisent à des emprises chantier réduites. Le phasage prévoit le maintien d'une voie de circulation sur l'avenue Louis Aragon pendant toute la durée du chantier. Les arrêts de bus 172 de l'avenue Louis Aragon devront être supprimés sur cette avenue pendant la durée du chantier, car le maintien d'une seule voie de circulation dans chaque sens ne permettra pas un stationnement de bus sans gêner la circulation. Les phases de fermeture de Stalingrad et de la rue Jean Jaurès ont des impacts sur la circulation d'autres lignes de bus. Le chantier de correspondance RATP aura des conséquences sur le fonctionnement de la gare routière et sur les bus V7 et 286 dont l'arrêt sur le trottoir Est de la RD7 devra être déplacé. Une circulation piétonne est maintenue pendant les différentes phases de chantier. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare vient s'insérer au sein d'un ilot multimodal accueillant le métro terminus de la ligne 7, le tramway T7 (terminus vers Athis-Mons) et une gare routière de 9 lignes de bus. La correspondance avec le métro ligne 7 s'effectue au sein du bâtiment, et la correspondance avec le tramway T7 et la gare routière se fait en surface. La gare routière, située sur le boulevard Maxime Gorki, regroupe 7 lignes de bus et 2 lignes de Noctilien (286, 180, 580, 162, 172, 185, V7+ N22, N15). L'arrêt de la ligne 172 est situé sur l'avenue Louis Aragon. |
| | Accessibilité routière | La gare s'implante en limite de deux axes routiers importants, l'avenue Louis Aragon (axe Est-Ouest) et le boulevard Maxime Gorki (RD7) reliant Villejuif à Paris à la porte d'Italie (axe Nord-Sud). A l'échelle de l'îlot, le parking relais existant (472 places) actuellement situé au Sud de l'ilot Aragon doit être réaménagé en sous-sol et les accès à ce parking sont en cours de définition, mais ils devraient se situer plus près de la gare, en cœur d'îlot. Ce parking devrait contenir 250 places publiques (P+R) à terme. Le projet prévoit l'aménagement d'une dépose minute (2 places) et d'une station de taxis (3 places) de l'autre côté de l'avenue Aragon, à la place du stationnement existant se trouvant en bordure de voie de bus. Un parking 2 roues (10 places) sera aménagé côté Ouest de l'avenue Stalingrad. Une place de stationnement PMR est prévue sur l'avenue de Stalingrad à proximité d'un des accès à la station souterraine. |
| | Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | La gare dispose de deux accès distincts de part et d'autre de l'ilot, donnant sur les carrefours Aragon/Stalingrad et Aragon/Gorki. Ces deux accès se rejoignent sur un palier d'arrivée commun au niveau -1. Les ascenseurs vitrés du parvis arrivent également sur ce grand palier d'accueil. La salle des billets regroupe tous les espaces de services aux voyageurs sur une même façade, largement éclairée par l'émergence, et très visible depuis l'ensemble des cheminements. Les flux de déplacements à l'heure de pointe du matin est de 45 personnes sortants et 63 voyageurs entrants/minute. Ces flux s'inversent à l'heure de pointe du soir (63 sortants et 45 entrants). L'aménagement d'un abri vélos (60 places) et d'une consigne Véligo (100 places) est prévu. La gare sera reliée aux pistes cyclables aménagées boulevard Gorki et avenue Aragon. Dans le cadre du réaménagement de l'ilot, un deuxième pôle vélos pourrait être réaménagé en cœur de l'intermodalité. L'interconnexion avec le terminus du tramway T7 en direction d'Athis-Mons s'effectue en surface à une distance d'environ 100m par rapport à l'entrée de gare Aragon/Stalingrad. |

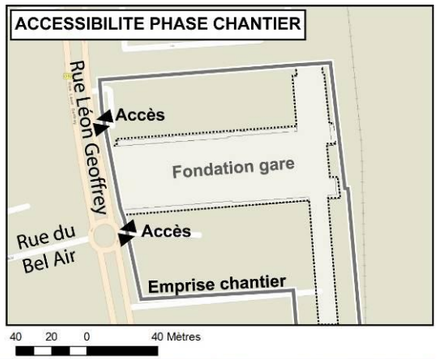
### 1.21.3.9 VITRY CENTRE

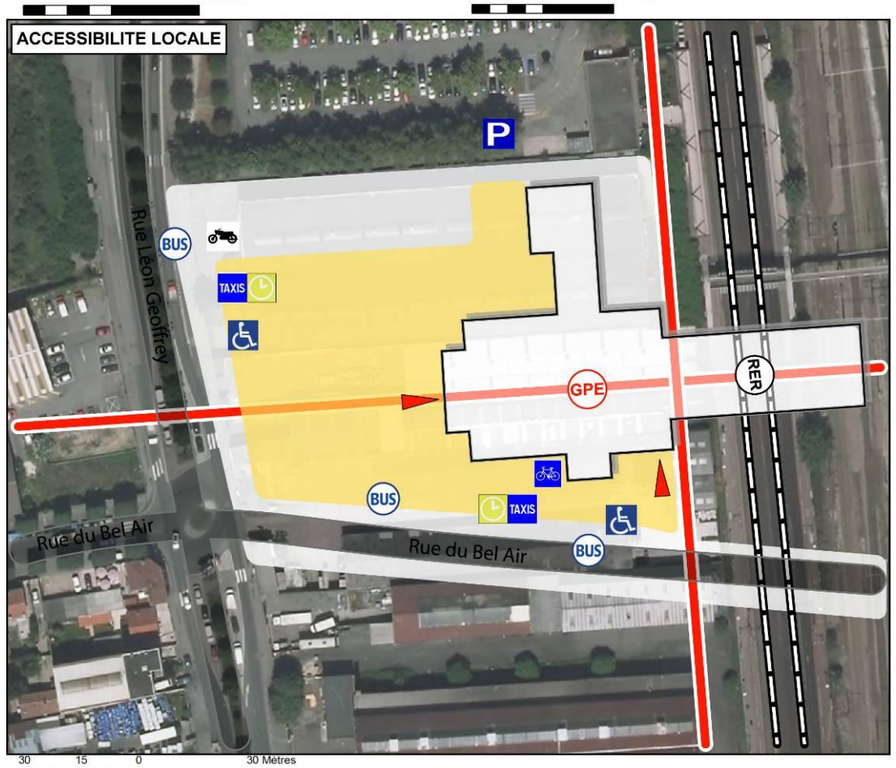


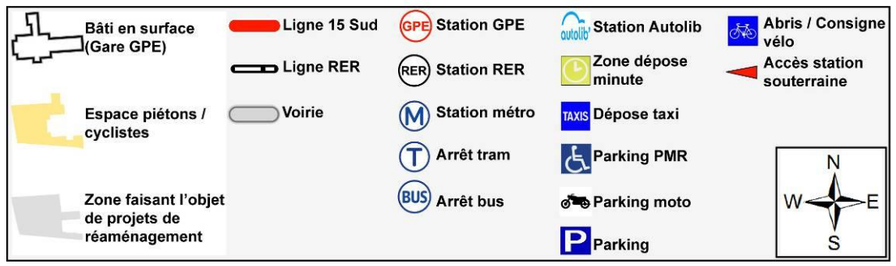

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | Les accès au chantier se font via l'avenue Maximilien Robespierre (véhicules) et la rue Edouard Tremblay (piéton).<br>Les travaux augmenteront sensiblement le trafic local des poids lourds nécessaires aux approvisionnements et à l'évacuation des déblais. Ce trafic sera supporté par l'Avenue Maximilien Robespierre (RD5), par laquelle se font les entrées et les sorties des véhicules.<br>Une option alternative à l'étude est l'emmenée des déblais à la Friche Arrighi pour évacuation fluviale. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare s'implante en face d'un arrêt du projet de tramway T9. Un « plateau traversant » offrant de larges traversées piétonnes sécurisées par des feux traverse la RD5 dans l'axe de l'avenue du Général Leclerc et permet de sécuriser l'interconnexion GPE/T9.<br><br>Au-delà de la ligne 183 qui pourrait être supprimée à la mise en place du tramway, trois lignes de bus traversent le secteur : 172, 180, 132. Des arrêts seront prévus à proximité du plateau traversant face à la gare. La position des arrêts de bus sur le plateau est encore à l'étude. |
| | Accessibilité routière | La gare est entourée des voiries suivantes :<br><br>L'avenue Maximilien-Robespierre (RD5) est l'axe structurant historique de Vitry. Elle est actuellement le troisième axe le plus emprunté au Sud de Paris avec plus de 20 000 véhicules par jour. La RD5 doit faire l'objet d'une requalification dans le cadre de l'arrivée du tramway Paris–Orly (TPO). La RD5 relie les ZAC Concorde Stalingrad au Nord et la ZAC Rouget de Lisle au Sud.<br><br>La rue Edouard-Tremblay longe le parc du Coteau. Peu empruntée sur ce tronçon, elle dessert des immeubles de logements. Elle permet aux circulations douces et aux piétons de relier la RD5. Les véhicules motorisés ne peuvent pas rejoindre la RD5 depuis la rue E. Tremblay.<br><br>La rue des Papelots est une rue sans issue pour les véhicules. Elle longe le parc du Coteau et les immeubles de logements implantés parallèlement au parc.<br><br>Quatre parcs de stationnement ont été recensés dans un périmètre de 500 m autour de la future gare, dont un appartient à un supermarché. Ils sont exploités par la SEMISE, société d'économie mixte. Il n'y a pas de places de stationnement dans le parc du Coteau. Le projet de requalification du boulevard (RD5) avec la venue du tramway prévoit des stations de taxi. Celui-ci devra également prévoir des places de stationnement PMR à proximité de la gare et de son parvis. Le projet de requalification prévoit également des stations de taxis. |
| | Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | L'accès unique à la gare se trouve sur le parvis à l'intersection de la RD5 et de la rue E. Tremblay. L'entrée permet de relier le parvis au bâtiment « voyageurs » de la gare souterraine grâce à une rampe à pente douce (4%) sans emmarchement ou ascenseurs, garantissant l'accessibilité de ce plateau multimodal aux PMR. Les temps de parcours estimés de milieu de quai du tramway T9 à milieu de quai de la gare GPE est estimé 3.48 min.<br><br>Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible actuellement dans la zone de 500 m entourant la gare. Deux emplacements vélos seront réservés au droit de l'émergence dans l'emprise du bâtiment gare donnant sur le parvis : des abris pour vélos de 60 places protégés des intempéries, et une consigne sécurisée de type Véligo de 40 places. Des pistes cyclables sont prévues dans les aménagements du boulevard du T9 sur l'avenue Maximilien-Robespierre (RD5). Les temps de parcours estimés du quai de la gare GPE à l'abri-vélo est estimé 2.94 min. |

### 1.21.3.10 LES ARDOINES



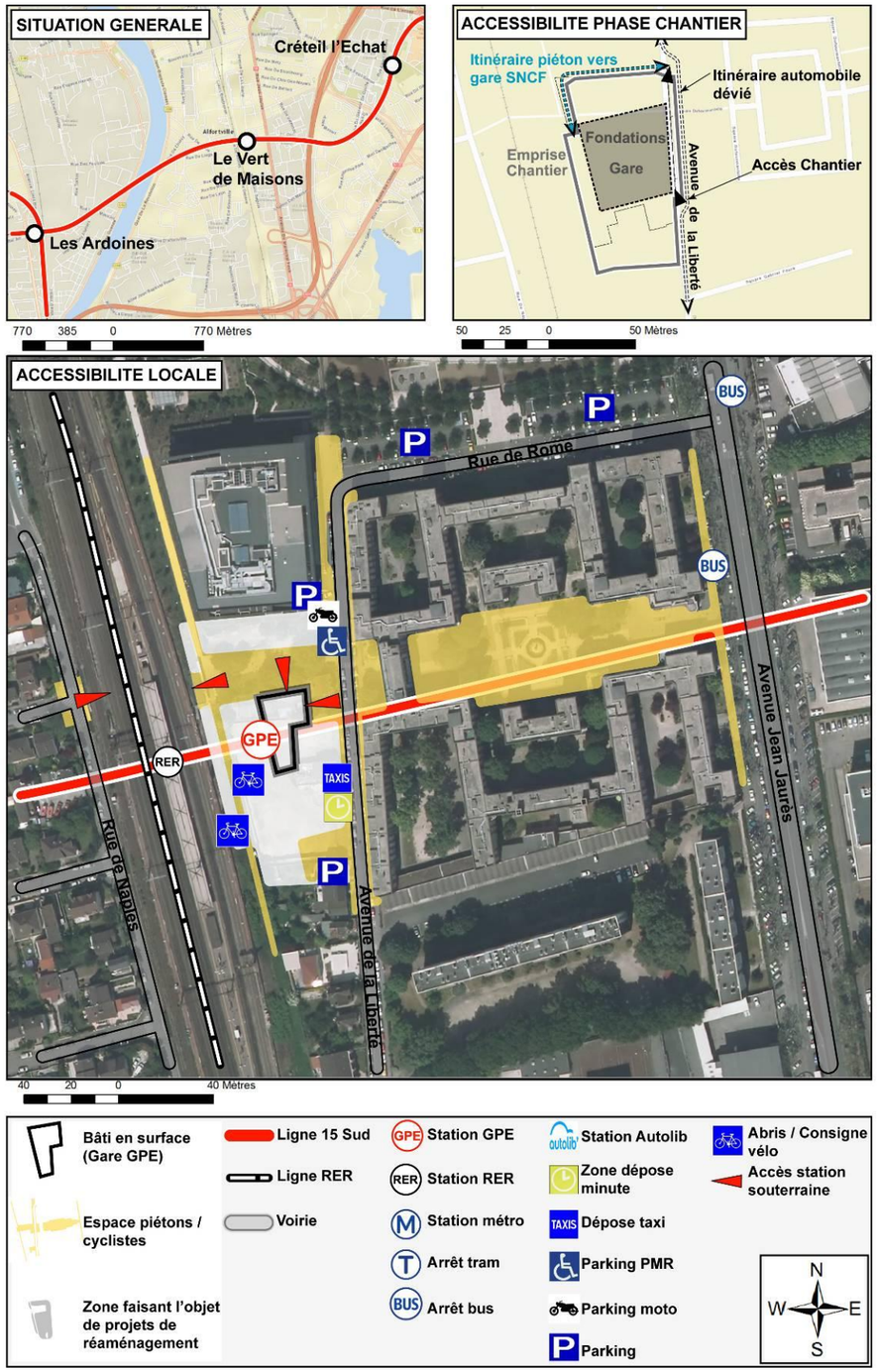



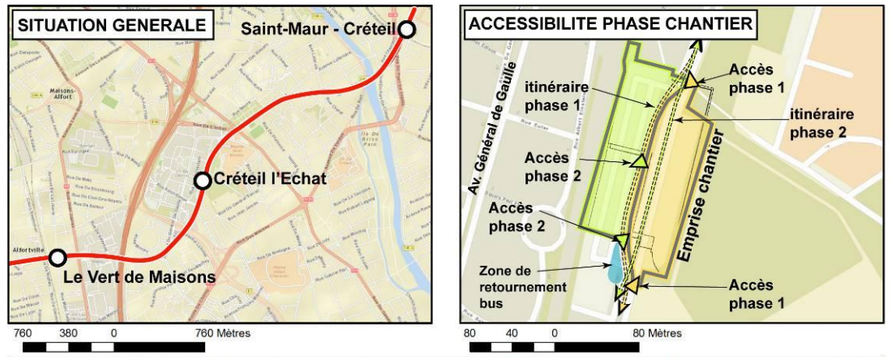

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | Le chantier de la gare ne modifiera pas les itinéraires routiers puisque son emprise jouxtera, sans l'empiéter, la rue Léon Geoffrey. La rue du bel air sera prolongée dans le cadre de l'aménagement urbain du quartier, sans impact majeur sur la mobilité routière dans la zone.<br><br>Seul le charroi important dû aux travaux (de terrassement notamment) aura un impact significatif sur la circulation locale. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare des Ardoines, du fait de son implantation, permet l'intermodalité entre la ligne du GPE et celle du RER C. Les arrêts de ces deux liaisons sont regroupés au sein d'un même complexe, facilitant les correspondances.<br><br>La sortie Sud de la gare débouche, après quelques mètres, sur le tracé en site propre du transport en commun TZen (bus à haut niveau de service). L'arrêt desservant la gare devrait être situé plus à l'Ouest, sur le prolongement de la rue du Bel Air, et se trouver relativement proche de l'entrée Ouest du complexe (la localisation précise n'est toutefois pas encore arrêtée).<br><br>Cette entrée Ouest donne également, par le biais d'un parvis piétonnier aménagé au-dessus des lignes du GPE, sur la rue Léon Geoffrey et l'arrêt de bus qui est aménagée au Nord-Ouest de la gare (ligne n°182).<br><br>La gare des bus est prévue au Nord du parvis avec des arrêts sur la rue Léon Geoffroy sans précisions sur ses dimensions. |
| | Accessibilité routière | Le site de la gare est longé à l'Ouest par la rue Léon Geoffrey, axe permettant de joindre l'autoroute A86 (au Sud) à la D148 en desservant des quartiers résidentiels et d'activités de Vitry-sur-Seine. La voirie est divisée en deux espaces, l'un étant réservé à la circulation automobile en double sens et l'autre à la circulation des bus, en double sens également.<br><br>Au Nord, le parking de la gare existant (400 places), accessible depuis la rue Léon Geoffrey, permettra aux automobilistes d'opérer un changement modal vers le train, le métro ou le bus.<br><br>Au Sud, la gare donnera sur la rue du Bel Air et son prolongement, sous forme de pont ferroviaire, qui sera réalisé au-dessus des voies de la ligne du RER C. Cet axe est appelé à faire la connexion entre les quartiers résidentiels à l'Ouest de la gare et le nouveau quartier mixte (ZAC Gare Ardoines) à l'Est. La circulation sur cet axe est dissociée entre d'une part la circulation automobile en double sens et d'autre part la circulation en site propre du TZen. |
| | Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | La gare possède deux entrées donnant à l'Ouest et au Sud. Elles sont respectivement accessibles depuis le parvis, suivant une légère pente ascendante, et la zone de trottoir bordant la rue du Bel Air. Le parvis au Nord de la gare permet lui de relier rapidement la zone de parking de la gare. A noter que quelques marches doivent être empruntées pour rejoindre le parvis depuis la rue Léon Geoffrey dans l'axe de l'entrée Ouest.<br><br>Un garage Véligo et un abri à vélos (de 60 et 40 places) sont implantés entre ces deux entrées, contre la façade Sud du bâtiment et indifféremment accessibles depuis les rues du Bel Air ou Léon Geoffrey. Des pistes cyclables sont prévues dans tous les aménagements de la ZAC pour les accès à la gare. La consigne de 40 vélos est située dans un volume fermé sous le parvis d'entrée de la gare SNCF. Une rampe à faible pente permet d'y accéder depuis le parvis d'entrée de la gare GPE. D'autres abris pourront être créés à proximité en fonction de l'implantation du terminal de bus. |

## 1.21.3.11 LE VERT DE MAISONS



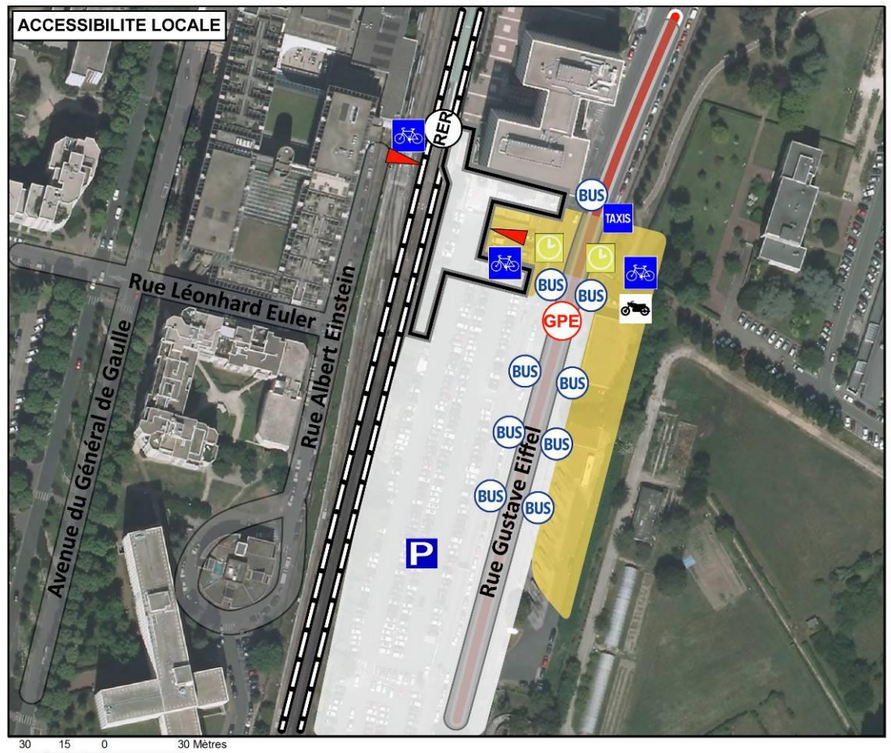

| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | L'avenue de la Liberté, à sens unique, verra une partie de ses places de stationnements supprimées sur 70m environ (tout en laissant une bande de circulation de 3m pour les automobilistes, et 1.40m pour les piétons). Les entrées/sorties du chantier se feront également par cette rue. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La future gare de Vert de Maisons se situe en limite des communes d'Alfortville à l'Ouest et de Maisons Alfort à l'Est. Elle occupe le parvis de la gare RER D existante, avec laquelle elle assure une correspondance. L'accès aux quais du RER D se fait, soit depuis le parvis par le passage piéton existant, soit par un passage souterrain reliant les quais du RER D à la salle d'échange de la gare GPE située sous le niveau du parvis. Le temps de correspondance GPE-RER est de 6 minutes.<br>Il n'y a pas d'arrêt de bus prévu devant la gare. Les arrêts du bus 181 sont sur la RD6 située de l'autre côté du Square Dufourmantelle. La fermeture au public du square réalisée dans le cadre de la résidentialisation de l'ensemble immobilier implique le passage par la rue de Rome pour rejoindre l'arrêt de bus, soit une distance d'environ 300 mètres. |
| | Accessibilité routière | L'avenue de la Liberté qui borde le site à l'Est est à sens unique avec des places de stationnement et des trottoirs étroits disposés de part et d'autre. 7 places seront supprimées sur l'avenue pour l'aménagement du parvis, mais 9 places seront créées par les aménagements dont 2 places PMR.<br>Compte tenu de l'exiguïté du site il n'est pas prévu de places de stationnement au niveau du parvis en dehors du dépose minute et des emplacements pour taxis, véhicules utilitaires, police et fourgon blindé. Le projet prévoit également l'aménagement de places pour PMR et pour motos à l'extrémité Nord-Est du parvis. Les PMR doivent dès lors traverser le parvis pour accéder à l'entrée de la gare (soit 40 mètres environ). Un parking souterrain de 196 places est prévu pour le projet immobilier tiers. 10 places de stationnement motos sont prévues contre le mur pignon du bâtiment qui accueille les commerces. |
| | Accessibilité des modes actifs<br>(marche à pied, vélo) | L'accès principal à la gare se fait à partir du parvis. Tous les espaces publics sont accessibles aux personnes en situation d'handicap. Le personnel dispose d'un accès indépendant en façade Ouest. Un accès est également réservé, en façade Est, aux convoyeurs de fonds.<br>Le programme prévoit un abri vélo de 50 places intégré dans le talus le long des voies ferrées. Une consigne collective de 40 emplacements vélo est également prévue au sein du socle que forme la gare. Cette consigne donne directement sur la piste cyclable. 30 emplacements supplémentaires devront être aménagés côté Alfortville. La piste cyclable aménagée dans la « coulée verte » qui longe le talus de la voie ferrée au Nord devrait être prolongée au Sud dans le cadre du projet.<br>Les flux de déplacements ville-gare GPE est de 51 personnes sortantes/min et 95 personnes entrantes/min à l'heure de pointe du matin et 140 personnes sortantes/min et 33 personnes entrantes/min à l'heure de pointe du soir. |

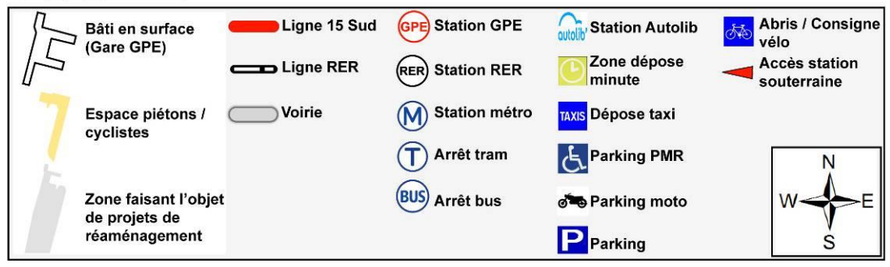
## 1.21.3.12 CRETEIL L'ECHAT









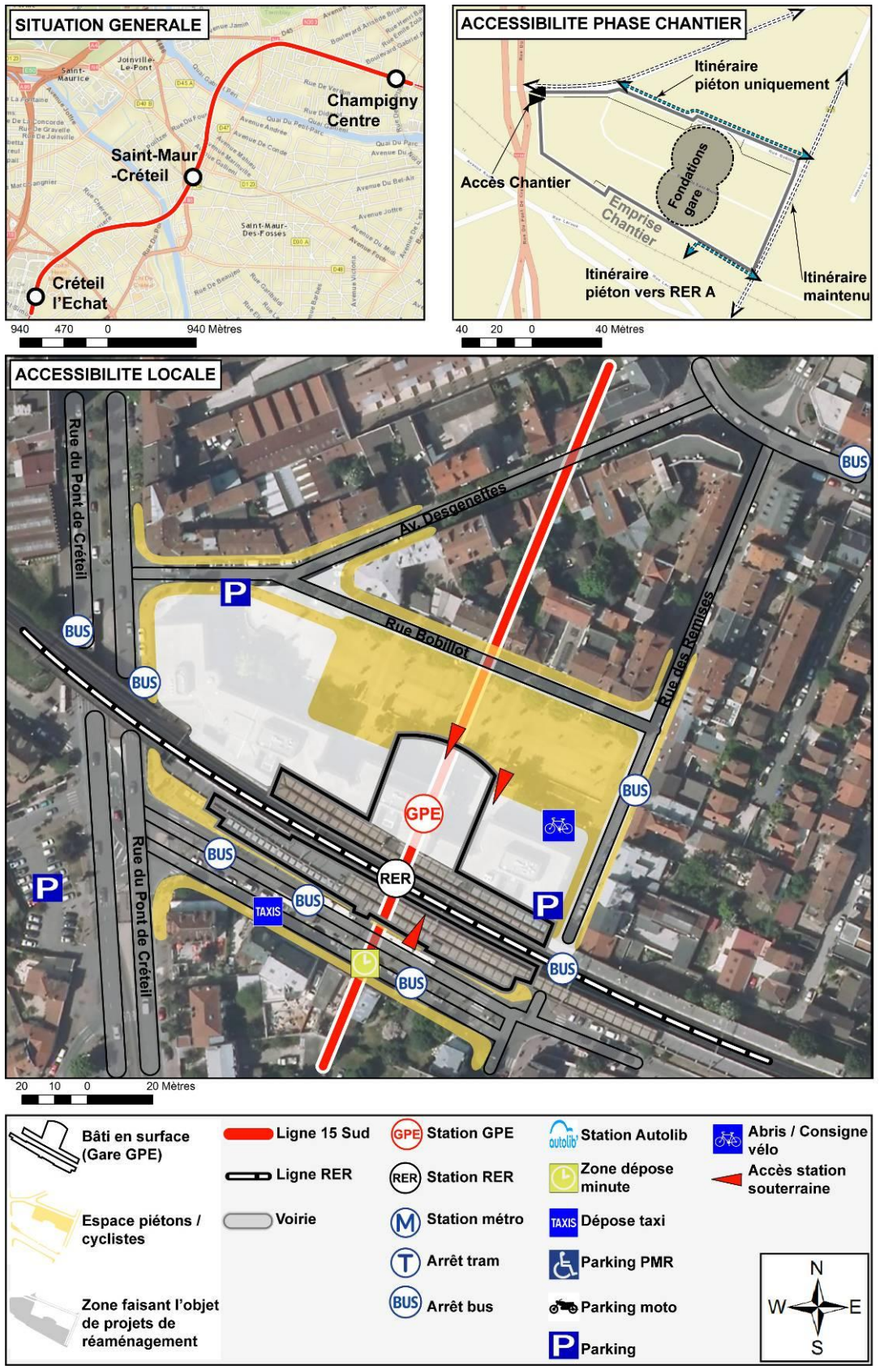

**PHASE CHANTIER**

| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | Lors de la phase 1 du chantier, la rue Gustave Eiffel est déviée sur le parking-relai. Une zone de retournement de bus sera prévue pour le bus RATP 172 au Sud de l'emprise. En phase 2, le chantier sera rebasculé sur le parking relai, et la circulation se fera à nouveau sur la rue Gustave Eiffel (les bandes de circulations seront toutefois réduites).<br>Pendant toute la durée des travaux, des feux tricolores seront installés pour réguler la circulation et des cheminements piétonniers (ainsi que des passages pour piétons) seront mis en place afin d'assurer les circulations piétonnes. |

**PHASE D'EXPLOITATION**

| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | La gare de Créteil l'Echat est un complexe connectant deux lignes de métro souterraines parallèles : la LM8 et la ligne du GPE. Si la station de la LM8 est préexistante au projet de gare, cette dernière représente une extension de la station vers la rue Gustave Eiffel (au Sud), sous laquelle est aménagé la ligne du GPE et la station associée.<br><br>En surface, la gare débouche donc coté Est, sur un parvis donnant accès à la rue Gustave Eiffel et aux bus de la ligne n°172 qui pourront s'y trouver stationnés de part et d'autre (au niveau de l'ancienne gare routière notamment). La gare de bus existante sera détruite pour laisser place à un mail piétonnier. Une nouvelle gare routière, linéaire, de chaque côté de la rue Gustave Eiffel est prévue. Le temps d'accès à la gare depuis la gare bus n'excédera pas 2 min.<br><br>La communication Ouest vers l'avenue du Général de Gaulle est également conservée (au travers des galeries de l'Echat), assurant une communication avec une seconde ligne RATP (n°281). |
| Accessibilité routière | La gare est implantée contre la ligne préexistante LM8 et en bordure avec la rue Gustave Eiffel. Cet axe réaménagé propose deux bandes de circulation destinées aux véhicules particuliers, qui ont la possibilité de s'arrêter devant le parvis de la gare (de chaque côté de la rue) au niveau de deux espaces « dépose-minute » matérialisé par des décroché dans les trottoirs latéraux. Des places pour les taxis sont prévues aux abords du parvis.<br>Via la connexion piétonne vers la rue Général de Gaulle, les usagers ont également la possibilité d'accéder à la gare via cet axe même si ce secteur n'est pas adapté pour la desserte automobile de la gare (pas d'espace alloué au stationnement temporaire des usagers). Il est toutefois possible de passer au-dessus ou au-dessous (rue Saint-Simon) des lignes de métro de la LM8, au Nord ou au Sud de la gare, pour rejoindre l'entrée principale de la gare.<br>La réalisation de la gare suppose la suppression du parking aérien actuellement existant. Dans le cadre de la réalisation du projet connexe à la gare, un parking public de 190 places sera reconstitué. |
| Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | Un mail piétonnier sera créé à la place de la gare bus existante, et longera la rue pour rejoindre la place traversante de la gare et la nouvelle entrée Ouest de l'hôpital Henri Mondor.<br>La rue Gustave Eiffel présente, en démarcation des deux bandes de circulation automobile, une bande cyclable double-sens qui sécurise les déplacements Nord-Sud pour ce mode actif.<br>Par ailleurs, dans le prolongement du parvis de la gare au travers de la rue Gustave Eiffel, une zone d'espace partagé prend place pour permettre les traversées piétonnes vers le côté opposé de la rue et notamment le CHU. Large d'une trentaine de mètres et en légère descente depuis le bâtiment de la gare, cet espace assure la priorité aux modes actifs sur les déplacements motorisés et se poursuit (coté Est) par un mail piétonnier bordant le parc du CHU.<br>Un espace destiné au stationnent vélo est prévu face à l'entrée de la gare (44 places, les cycliste ayant ensuite à traverser la rue via l'espace partagé pour entrer dans la gare), tandis que 2 locaux vélo sont prévus : 30 places directement sur le parvis ; 60 places à proximité de l'entrée Ouest de la gare et de l'entrée de la Galerie de l'Echat. |

### 1.21.3.13 SAINT - MAUR CRETEIL



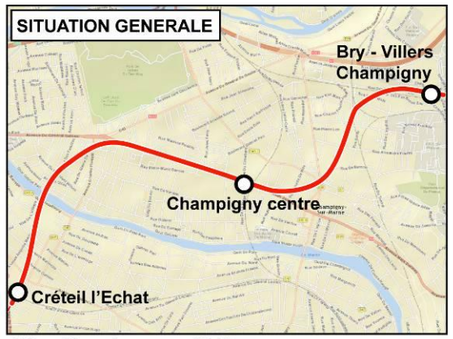

**PHASE CHANTIER**

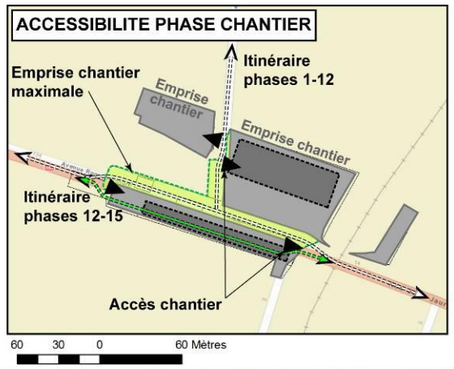
| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | Deux scénarii de chantier sont à l'étude. Dans les deux cas, une fermeture provisoire de l'accès à la gare via le parvis sera nécessaire pour la démolition de la partie du bâtiment existant au-dessus de cette sortie. Dans le premier scénario, l'accès à la gare via le parvis devra être condamné pendant la phase démolition, les voyageurs devront ainsi sortir du côté de la gare routière. Un passage pour les engins de démolition sera inclus dans l'emprise chantier au droit du bâtiment côté parvis. Dans le second scénario, la démolition se fait en 2 temps : en premier lieu, le bâtiment côté rue du pont de Créteil sera démoli puis, une sortie provisoire sur le quai sera mise en place afin de procéder à la démolition du bâtiment restant en condamnant l'accès de la gare donnant sur le parvis.<br><br>Quelque soit le scénario choisi, une partie de la rue de Bobillot sera coupée tout en maintenant un accès riverain ainsi qu'un cheminement piéton.<br><br>Pendant les travaux, le parking sous le parvis (400 places publiques, 200 places privées) devra être démoli. Les études préliminaires ont montré une capacité de restitution de 110 places environ pendant les travaux. |

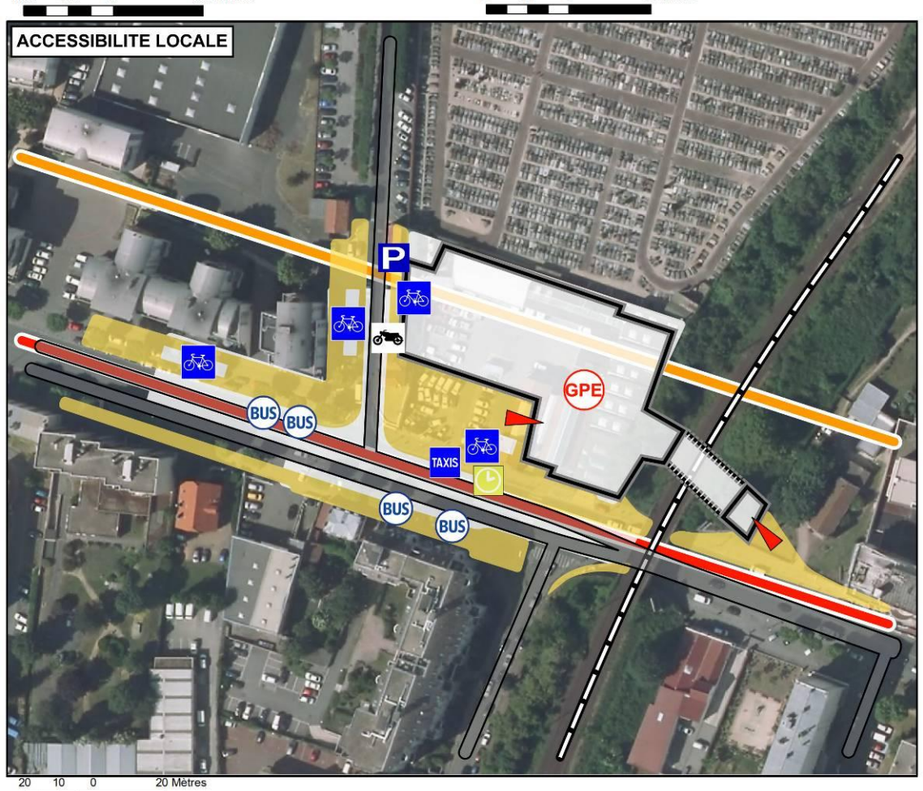
**PHASE D'EXPLOITATION**

| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | Le Réseau de Transport du Grand Paris se développe en sous-sol sur un axe Nord – Sud et croise le réseau du RER A de façon orthogonale au niveau de la gare existante. La future gare Saint-Maur Créteil du Grand Paris sera donc en correspondance avec la gare du RER A.<br><br>Aujourd'hui 6 lignes de bus desservent le quartier (306, 107, 317, 112, 111, TVM) et l'actuelle gare routière est amenée à se développer pour accueillir la future ligne de Bus Est – Trans Val de Marne, TVM. Actuellement, le pôle est constitué de 5 postes à quai. La nouvelle gare proposera un poste à quai supplémentaire intégré à proximité de l'arrêt du TVM et de l'accès au lien de ville sur la rue Leroux. |
| Accessibilité routière | La gare Grand Paris Express de Saint-Maur Créteil est localisée dans une boucle de la Marne à l'Ouest du territoire de la commune de Saint-Maur des Fossés. Elle est située le long d'un espace public majeur, le parvis de Saint-Maur (place du marché), bien desservi par des voies structurantes à l'échelle de la ville.<br><br>A terme, le projet prévoit deux parkings indépendants de deux niveaux de part et d'autre des puits de la gare sous le parvis d'environ 392 places au total.<br><br>Des emplacements dédiés aux taxis et au dépose-minute sont proposés sur la rue Leroux à proximité de l'accès au lien de ville existant. |
| Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | Le bâtiment voyageur s'insère au centre de la place du marché de Saint-Maur-Créteil, appelée le « parvis de Saint-Maur » au plus proche de la correspondance avec le RER A. Deux accès sont présents sur la façade Nord et une au niveau du lien de ville sur la rue Leroux.<br><br>Une consigne et un abri-vélo Véligo sont à prévoir à moins de 70m de la gare côté parvis. |

### 1.21.3.14 CHAMPIGNY CENTRE



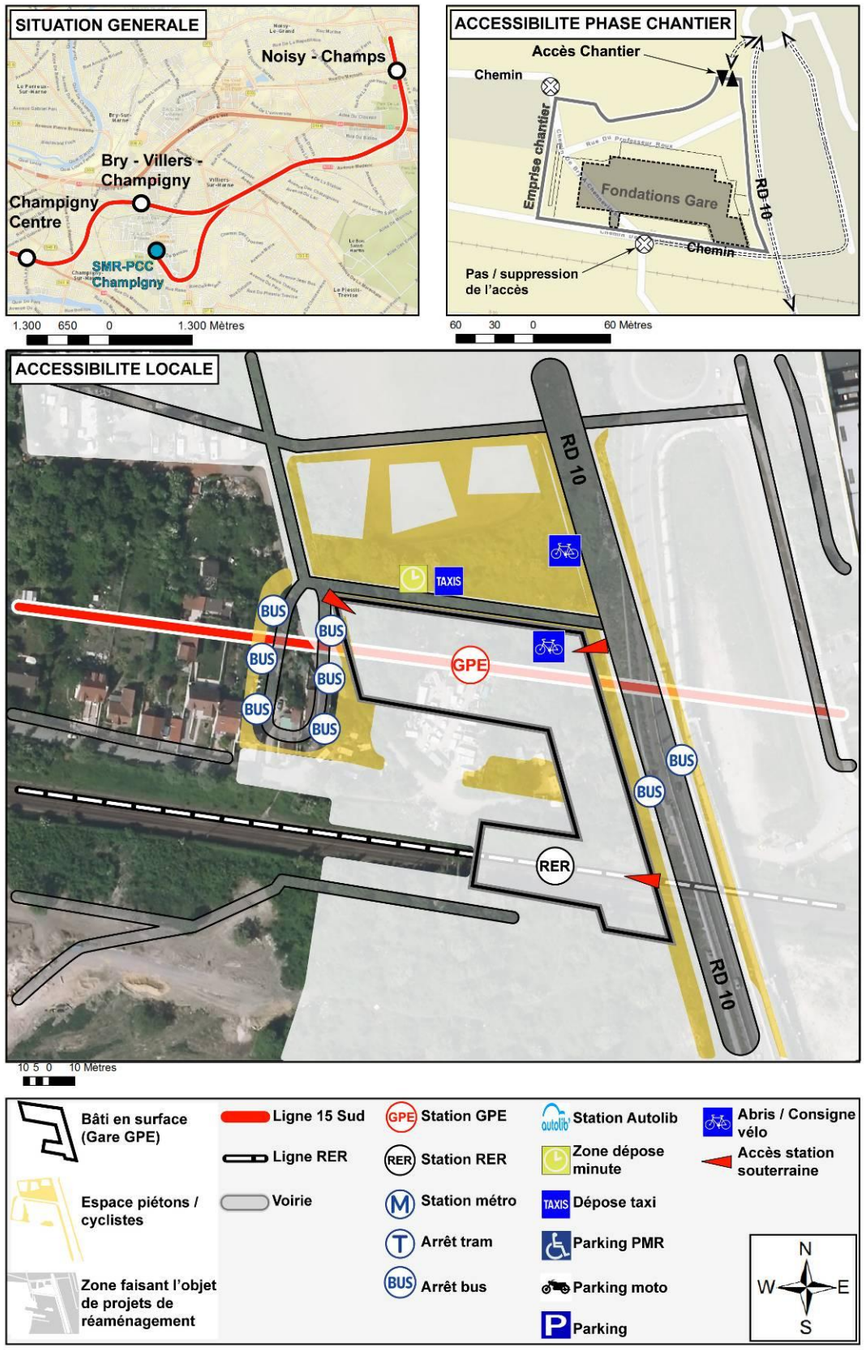

**PHASE CHANTIER**

| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | Selon les phases du chantier, la circulation sur l'avenue Roger Salengro se fera côté Nord ou Sud de la chaussée. La circulation sur cette dernière ne sera jamais coupée entièrement. Lorsque les travaux empiéteront sur la chaussée, la circulation sera maintenue dans les deux sens avec une bande par sens de circulation.<br>Selon les phases du chantier, la rue du Cimetière (lorsque nécessaire) sera mise en impasse, coupée à la circulation ou mise à sens unique. Lorsque la circulation sera coupée, un passage pour les piétons sera néanmoins conservé.<br>Pendant toute la durée des travaux, des feux tricolores seront installés pour réguler la circulation et des cheminements piétonniers (ainsi que des passages pour piétons) seront mis en place afin d'assurer la circulation piétonne. |

**PHASE D'EXPLOITATION**

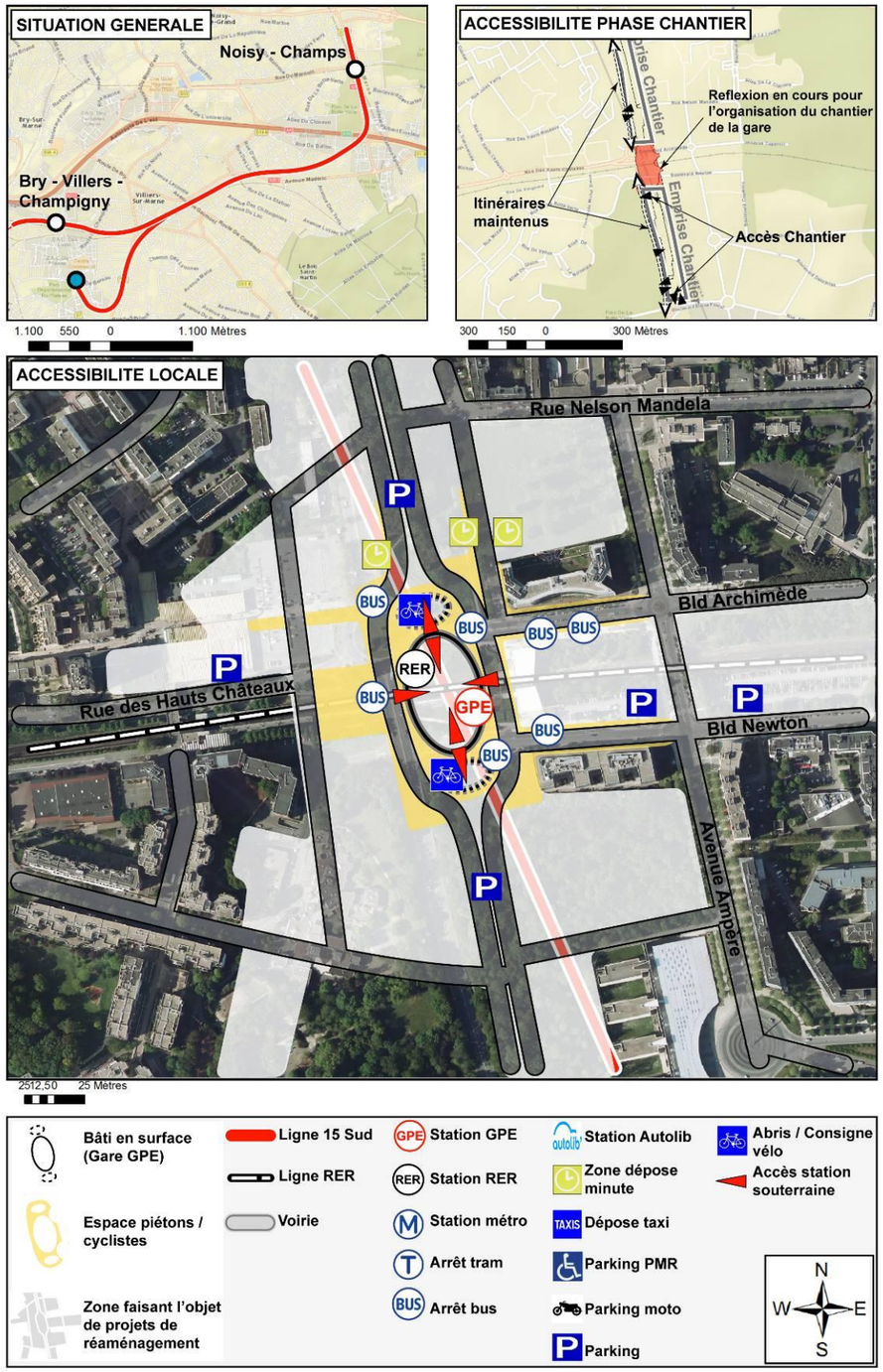
| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | La gare de Champigny Centre est un complexe qui accueille la jonction entre deux lignes de métro du Grand Paris Express : la branche Sud (rouge) de la ligne 15, et la branche Est (orange) de la ligne 15.<br>Actuellement, 3 lignes de bus desservent la parcelle choisie pour l'implantation de la gare: les bus 108 et 110 et le Noctilien N33. Les arrêts de bus sur le trottoir Nord de l'avenue Salengro conservent leur position après création de la gare tandis que ceux du trottoir Sud seront repositionnés face au parvis de la gare pour leur donner une meilleure visibilité. De plus, le linéaire des bus sur l'avenue Salengro sera revu afin de faciliter leur passage. |
| Accessibilité routière | La gare est implantée en bordure de la rue du Cimetière et de l'avenue Salengro. 70 places existantes ont été identifiées. Avec le projet de gare, ces deux voiries seront réaménagées :<br>• Avenue Salengro : 2 places de stationnements sont supprimées au profit des déposes bus et 6 stationnements taxi sont créés face au parvis de la gare, proche de l'entrée principale ;<br>• Rue du Cimetière : 5 places de stationnements sont supprimées pour permettre l'implantation des sorties de secours et des abris Véligo et 3 stationnements réservés et des stationnements 2 roues motorisées sont créés (à une distance de 65 m de l'entrée de la gare). |
| Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | Le parvis génère une nouvelle centralité urbaine autour de laquelle s'organise une offre de moyens de transports doux et collectifs. Le parvis favorise les déplacements rapides, confortables et sécurisés.<br>La gare dispose de 2 entrées : une entrée principale à l'Ouest du talus ferroviaire, donnant sur le parvis principal et qui permet l'accès direct au hall de la gare ; une entrée secondaire, à l'Est du talus ferroviaire, qui permet d'emprunter un passage couvert menant au hall d'accueil.<br>Les consignes Véligo sont intégrées à l'intérieur du bâtiment-voyageur, au sein du bâtiment. L'accès aux consignes se trouve rue du Cimetière. Le parcours entre les consignes Véligo et l'entrée principale, d'une distance de 65 m, se fait via le parvis, sur une aire exclusivement piétonne. Les abris Véligo se répartissent en 3 points : un abri, d'une capacité de 30 vélos, est positionné à une distance de 20 m de l'entrée principale ; les 2 autres abris, d'une capacité de 15 vélos chacun, sont adossés aux sorties de secours de la gare afin de fondre ces dernières dans l'aménagement urbain. Ils sont respectivement situés à une distance de 90 m et 100 m de l'entrée de la gare.<br>L'accès à la gare en vélo sera facilité par de nouveaux aménagements :<br>• À l'Est du talus ferroviaire, la voirie offre dans chaque sens une piste cyclable entre les voies et les places de stationnement ;<br>• À l'Ouest du talus ferroviaire, l'avenue Roger-Salengro fait l'objet d'une étude urbaine de réaménagement qui propose une piste cyclable double sens au Nord de la voirie, côté parvis.<br>En outre, la commune de Champigny projette une piste cyclable longeant le flanc Est du talus ferroviaire, pour créer un nouvel itinéraire doux Nord-Sud. |

### 1.21.3.15 BRY VILLERS CHAMPIGNY




| | | |
|---|---|---|
| PHASE CHANTIER | Accessibilité générale du site | L'emprise du chantier empiétera sur le chemin des Boutareines. Cependant, ce chemin est un chemin de terre où la circulation est très limitée. L'accès au chantier se fera via une voirie d'accès au Nord de l'emprise qui rejoindra la RD10. |
| PHASE D'EXPLOITATION | Accessibilité en transports en commun | La gare est installée suivant l'axe Est-Ouest au plus proche des voies ferrées de sorte à offrir un accès rapide aux lignes du RER E et du Transilien. Suivant l'axe Nord-Sud, la gare est accolée au boulevard J. Monnet et au TCSP Altival qui le longe. Les correspondances à ces deux réseaux se font par voie souterraine, avec un parcours optimisé pour passer d'un réseau à l'autre.<br><br>Actuellement, le site n'est pas pleinement desservi par le réseau bus. Seule, la ligne 110 approche le site en longeant le Nord du golf. Un site propre Altival devrait être mis en place le long du boulevard J. Monnet (à l'étude). Ce dernier sera complété par des lignes de bus fonctionnant tant en lignes passantes qu'en terminus à la Gare. A cet effet, 4 quais de régulation et 9 quasi de terminus ont été prévus à proximité de la gare. Le site propre Altival pourrait également accueillir les bus de lignes en passage sur le boulevard urbain et disposerait d'un arrêt mutualisé avec le quai Altival qui serait dédoublé.<br><br>Depuis le pôle bus, un couloir de circulation intérieure permet d'unifier la gare et offre un passage abrité pour rejoindre le réseau RFF. |
| | Accessibilité routière | Les deux axes routiers les plus importants à proximité de la gare sont l'autoroute A4 au Nord, et, à l'Est, le boulevard Jean Monnet (RD10) qui la longe.<br><br>Des stationnements seront aménagés dans l'environnement de la gare par le projet urbain EPAMARNE (encore non précisés) au regard des besoins des futurs projets qui pourront être envisagés sur le site.<br><br>De plus, trois déposes-minutes ainsi qu'une borne taxi sont prévus le long du parvis sur la façade Nord de la gare. |
| | Accessibilité des modes actifs<br><br>(marche à pied, vélo) | Le hall d'accueil de la gare bénéficie de deux entrées ouvertes sur le parvis Nord et en liaison directe à l'Est, avec le boulevard urbain et la station Altival projetée, et à l'Ouest, avec le pôle bus. Un second accès sur la façade Est a également été prévu afin d'accéder facilement aux quais du RER.<br><br>Les besoins exprimés par le STIF à ce stade des études prévoient l'installation d'une consigne vélos de 80 places au rez-de-chaussée de la gare, et d'un abri pour vélos de 40 places.<br><br>Le plan de développement proposé par EPAMARNE évoque des aménagements cyclables sur le boulevard urbain, ceux-ci restent néanmoins en cours de définition. |

### 1.21.3.16 NOISY-CHAMPS



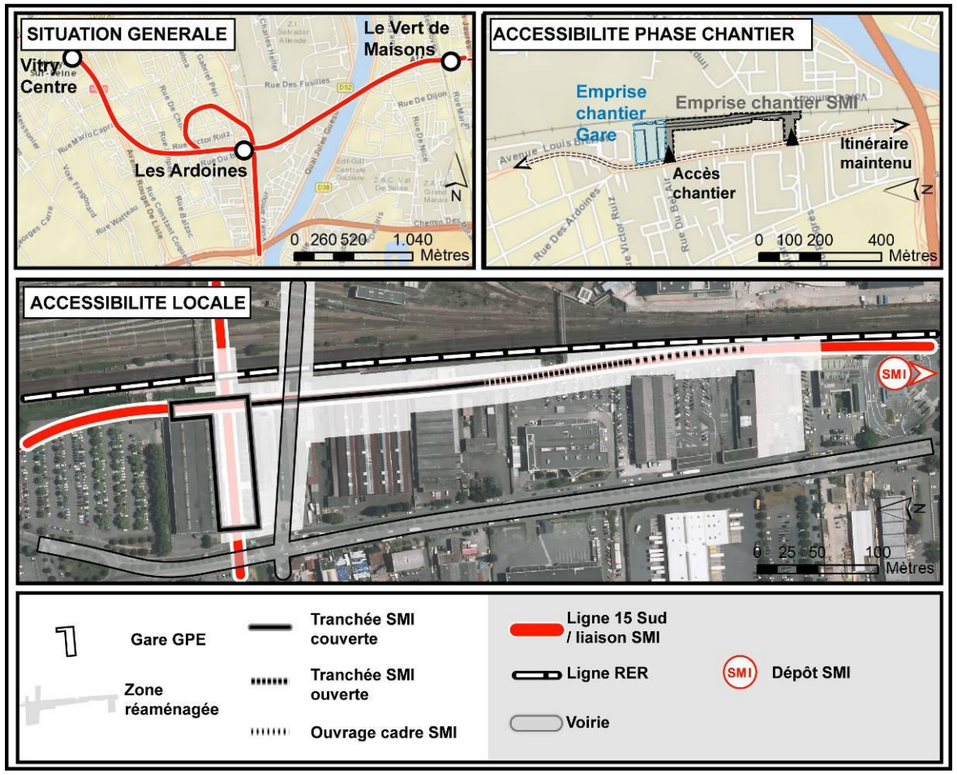

**PHASE CHANTIER**

| | |
|---|---|
| Accessibilité générale du site | Les travaux de la gare de Noisy-Champs engloberont également ceux des puits 0801P et 0802P (avant-gare et arrière-gare).<br>Les méthodes de construction de la gare sont, à l'heure actuelle, en cours d'étude. |

**PHASE D'EXPLOITATION**

| | |
|---|---|
| Accessibilité en transports en commun | En plus de la correspondance avec le RER A, la gare de Noisy Champs accueille les terminus de trois lignes de métro :<br>la nouvelle Ligne 15 Sud provenant de Pont de Sèvres ;<br>la nouvelle Ligne 16 provenant du Bourget ;<br>la ligne M11, prolongée depuis Rosny Bois-Perrier.<br>Les correspondances entre le RER A et les lignes de métro sont assurées au sein du bâtiment de la gare. Des ascenseurs panoramiques permettent également un accès direct vers les quais.<br>A l'horizon de la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud, la gare est desservie par neuf lignes de bus : 212, 213, 310, 312, 320, 10, Express 100, Express 18, et Express 19. Le maintien d'une partie de l'organisation actuelle est proposé, avec la gare routière bus conservée et une boucle de bus ceinturant la gare. A plus long terme, à l'horizon des projets urbains menés par les communes de Noisy-Le-Grand et Champs-Sur-Marne à proximité de la future gare, l'organisation de la desserte des bus n'est pas encore définie. |
| Accessibilité routière | La nouvelle gare de Noisy-Champs s'insère au centre des axes routiers suivants : boulevard du Rû de Nesle, boulevard de Newton et le boulevard d'Archimède.<br>Deux parkings existent à proximité de la future gare : le parking couvert du Champy (327 places) et le parking plein air boulevard Archimède (76 et 276 places). La réalisation de la Ligne 15 Sud en tranchée ouverte aux abords de la gare, offre la possibilité de réaliser des parkings pour véhicules motorisés supplémentaires en liaison directe avec la gare.<br>Côté Sud, un parking pour voitures (160 places) est créé au-dessus des voies de la ligne M15. Au Nord, un niveau de parking pour voitures (100 places) est créé au-dessus des voies de la ligne M15. Des stationnements pour motos (40 places) sont prévus également dans ces parkings. Les voitures partagées et des branchements aux bornes électriques pourront se faire au niveau -1 du parking. L'automobiliste (et le motard) accède aux parkings souterrains, Nord ou Sud, depuis le boulevard du Rû de Nesles. Les entrées et sorties du parking s'intégreront à la future morphologie et implantation de boulevard du Rû de Nesles, en fonction des différents les projets urbains à l'étude autour de la gare. Des accès routiers provisoires sont réalisés en attendant la réalisation du futur boulevard du Rû de Nesles. Les déposes routières et la prise en charge taxi prendront place autour du parvis de la gare selon le projet urbain qui sera retenu. |
| Accessibilité des modes actifs<br>(marche à pied, vélo) | Les piétons accèdent à la gare via quatre accès principaux:<br>Deux accès à l'Ouest et à l'Est desservant directement le hall d'accueil, central et traversant, permettent à tous les voyageurs, d'accéder à l'ensemble des quais des métros et aux deux directions du RER-A.<br>Deux accès au Sud et au Nord de la gare, depuis les deux larges parvis traversant dans l'axe des boulevards Archimède et Newton permettent l'accès direct aux rampes conduisant directement au quai du RER-A et au niveau de distribution de la gare du GPE vers l'ensemble des quais des métros.<br>L'accès piéton aux parkings pour voitures se fait depuis ces mêmes parvis Nord et Sud. Il en est de même pour les cyclistes qui par des rampes douces descendent dans les espaces de stationnement vélo, réservés et sécurisés en extrémité des parkings. Le projet prévoit la création de 30 places de type « abris » et 50 places de type « consigne » du côté Nord et 90 places de type « abris » et 140 places de type « consigne » du côté Sud. Les parkings pour vélos se situent à proximité immédiate de la gare. |

## 1.21.3.17 SMI de VITRY

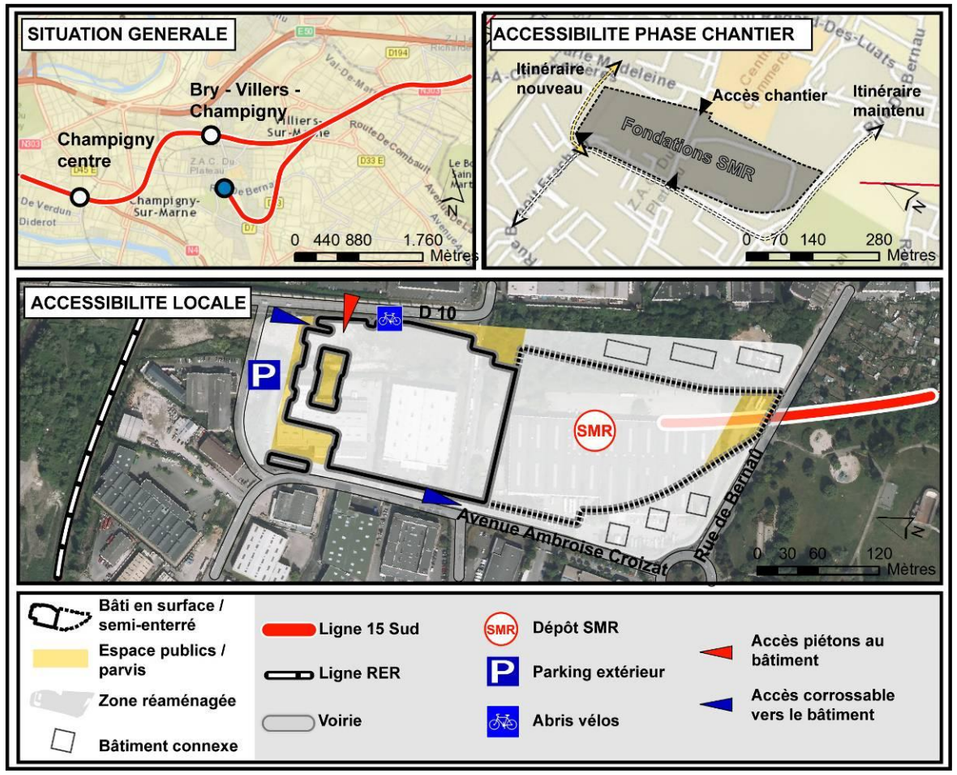



**Accessibilité phase chantier :** pendant les travaux les accès au chantier se feront via la rue Léon Geffroy. Mises à part les entrées/sorties des véhicules du chantier, ce dernier n'aura pas d'impact sur la circulation.

**Phase d'exploitation :**

Pendant la phase d'exploitation, le SMI sera accessible depuis la rue Léon Geffroy, et, à plus grande échelle par l'autoroute A86.

## 1.21.3.18 SMR de CHAMPIGNY




**Accessibilité phase chantier :** la construction du SMR implique la suppression d'une partie de la rue Alexandre Fourny (située au centre de la parcelle). Pendant les travaux, la rue Frachon sera prolongée au Nord du site (« Itinéraire nouveau » sur la figure ci-dessus) et l'avenue Ambroise Croizat ne sera pas impactée. Les accès chantiers se feront via la rue Frachon, l'avenue Ambroise Croizat et la RD10.

**Phase d'exploitation :**
Les trains : depuis le tunnel, les rames arrivent sur un faisceau de voies ferroviaires. Ce large espace couvert rassemble les positions d'échange, d'attente ainsi que le hall de remisage et la station de lavage. Depuis cet espace, un accès aux différents ateliers de maintenance et de nettoyage est prévu.
Les livraisons : l'accès de livraison sécurisé se fera directement depuis la rue Frachon au Nord – Ouest du terrain.
Les modes doux : l'entrée piétonne se situe le long de la RD10. C'est depuis cette entrée que se fait l'accès aux abris vélo et motos. Par cet accès, les employés accèderont au hall principal en passant sur une passerelle au-dessus des voiries techniques. Un arrêt ALTIVAL se situera au droit de cette entrée.
Parking voiture : l'accès des automobilistes au parking sécurisé de 152 places (5 PMR) se fera depuis la rue Frachon prolongée. Depuis ce parking, les piétons accèderont au hall principal en passant sous la passerelle.
Les services de secours : l'accès des pompiers se fera depuis l'accès livraison sur la rue Frachon. Une voie pompier fera le tour complet du bâtiment. Un accès secondaire piéton se fera également depuis la RD10 pour atteindre ce rez-de-voie. Il sera également possible aux services de secours d'accéder au bâtiment via le hall principal à rez-de-parvis.

### 1.21.3.19 Mesures d'optimisation à proximité des gares et coûts associés

L'ambition du Grand Paris Express est de réaliser, avec les partenaires que sont le STIF, les acteurs locaux et les opérateurs de transports, une intermodalité qui favorise tous les modes de déplacement : marche à pied, bus, tramway, vélos, Vélib', taxis, voitures particulières, deux roues motorisés, auto-partage (Autolib'), covoiturage, etc. et de mettre en œuvre des aménagements qui s'insèrent harmonieusement et judicieusement dans les environnements urbains. Ces projets sont conçus de manière à laisser une place importante à l'innovation dans le traitement de l'espace public et permettre l'émergence de nouveaux modes de déplacements.

Pour atteindre cet objectif, chaque pôle-gare fera l'objet d'une étude (dans un rayon de 800 mètres) et d'actions (dans un rayon de 300 mètres) qui devront être opérationnelles à la mise en service du Grand Paris Express. Les études sont financées par la Société du Grand Paris dans la limite de 100 000 euros et sont menées par un pilote (collectivité locale ou établissement public d'aménagement) en lien avec l'ensemble des partenaires concernés par le pôle et en premier lieu, le STIF et la Société du Grand Paris. Le pilote, désigné au cas par cas pour chaque gare, est l'acteur qui sera considéré comme le plus pertinent à l'échelle de chaque territoire pour conduire la démarche.

Les actions projetées dans le cadre de l'étude de pôle s'articuleront avec les aménagements déjà envisagés par la Société du Grand Paris aux abords immédiats des gares. Un programme d'investissements sera formalisé à l'issue de la démarche avec pour chaque action, un maître d'ouvrage désigné, un coût, un financement et un planning de réalisation des travaux.

Parallèlement, le STIF mène actuellement des études pour restructurer les réseaux de bus existants en lien avec l'arrivée des gares du Grand Paris Express. Ces études permettront de dégager les itinéraires et les positions de bus nécessaires à créer ou à reconstituer pour chaque pôle à l'horizon de mise en service du métro. Le Société du Grand Paris et les gestionnaires de voirie seront chargés de réaliser ces positions bus, qu'il s'agisse de points d'arrêt sur voirie et de création de pôles bus conformément à la répartition convenue des périmètres de maîtrise d'ouvrage.

Dans ce sens, les aménagements détaillés précédemment pourront être amenés à évoluer ou être complétés en fonction des conclusions des études mentionnées ci-dessus.

### 1.21.3.20 Impacts et mesures à proximité des ouvrages annexes (phase de chantier)

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage, et qui constitue l'une des pièces du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, détaille la stratégie et les engagements de la Société du Grand Paris en matière de gestion des déchets. Il permet d'accompagner les différents maîtres d'œuvre dans l'organisation, la planification et la gestion des déchets sur les chantiers. Il propose ainsi, entre autre, des solutions pour l'évacuation des déblais.

Les fiches suivantes tirent ainsi une partie de leur information de ce schéma directeur pour la Ligne 15 Sud. Dans toutes les figures suivantes, la légende est la suivante :

- Emprise chantier OA
- Emprise chantier OA
- Sortie en sens unique du chantier
- Entrée en sens unique du chantier
- Accès à double sens au chantier




**Chantier de l'OA 2301P (Ile-de-Monsieur)**

**Evacuation des déblais :** par voie fluviale
**Volume de déblais :** 75 500 m³, cadence max. 2 barges/j
**Empiétement sur voirie :** non
**Voirie immédiate proximité :** rue de Saint-Cloud, trafic très fort
**Entrées/sorties du chantier :** rue de Saint-Cloud, mise en place d'un feu tricolore et d'un stop
**Impacts :** Le trafic existant étant très fort, les entrées/sorties du chantier seront gérés par un feu tricolore ce qui permettra de limiter au minimum l'impact sur le trafic existant. De plus, il a été prévu de maintenir la circulation piétonne existante permettant de rejoindre le Parc Nautique. Ce chantier fera l'objet d'une attention particulière pour éviter une perturbation importante du trafic.

**Chantier de l'OA 2203P (ZAC SAEM)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** non
**Voirie immédiate proximité :** quai Georges Gorse, trafic moyen
**Entrées/sorties du chantier :** via allée Georges Askinazi ou quai Georges Gorse avec mise en place d'un feu tricolore

**Impacts :** La mise en place d'un feu permettant de sortir sur le quai Georges Gorse permettra de limiter l'impact du chantier sur le trafic existant. De plus, la mise en place d'un feu piéton quai Georges Gorse permettra de sécuriser les traversées piétonnes.







**Chantier de l'OA 2201P (Place de la Résistance)**

**Empiétement sur voirie :** Quai de Stalingrad, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Place de la Résistance, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Quai de Stalingrad, mise en place de stop

**Impacts :** le chantier empiète que le quai de Stalingrad où le trafic est modéré. Pour éviter une perturbation importante, une modification de la circulation a été prévue. Une déviation de la circulation piétonne a elle aussi été planifié pour sécuriser le cheminement piéton. Ce chantier fera l'objet d'une attention particulière pour veiller à la non perturbation du trafic. La mise en place de stop à la sortie du chantier permettra de sécuriser les sorties sur le quai où le trafic est modéré.

**Chantier de l'OA 2101P (Parc Henri Barbusse)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue de l'Egalité, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Rue de la Défense, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** entrée/sortie rue de l'Egalité et sortie rue de la Défense ; les sorties sont munies de stop.

**Impacts:** Le chantier empiète sur la rue de l'Egalité où le trafic est modéré. A cet effet, une modification de la circulation rue de l'Egalité a été prévue pour rendre cet impact négligeable. De même, la mise en place de stop aux deux sorties du chantier permettra de réduire les perturbations du trafic au minimum.






**Chantier de l'OA 2002P (Square Malleret Joinville)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue du Général Malleret Joinville et boulevard du Colonel Fabien, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Boulevard du Colonel Fabien (portail)

**Impacts :** le chantier va empiéter sur des trottoirs existants, ainsi il a été prévu de dévier la circulation piétonne via la création d'un passage piéton et le décalage d'un second.

**Chantier de l'OA 1801P (Parc Robespierre)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue de Verdun, trafic faible, avenue Louis Pasteur trafic modéré, avenue Aristide Briand trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Rue de Verdun

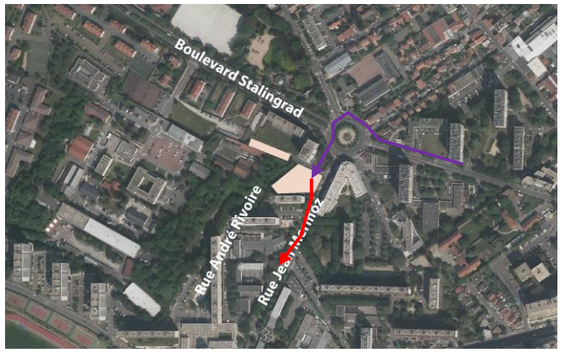
**Impacts :** Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue De Verdun où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.




**Chantier de l'OA 2001P (Fort de Vanves)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue André Rivoire, trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Rue Jean Mermoz, trafic faible, boulevard Stalingrad, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Rue Jean Mermoz

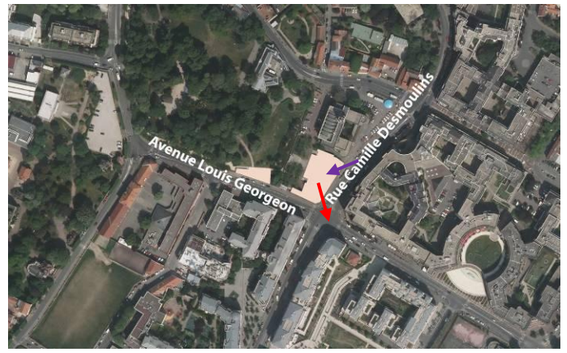
**Impacts :** Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue Jean Mermoz où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.




**Chantier de l'OA 1702P (Square General De Gaulle)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue Camille Desmoulins, avenue Louis Georgeon, trafics modérés
**Entrées/sorties du chantier :** Rue Camille Desmoulins, protégé par un portail

**Impacts :** Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la Rue Camille Desmoulins où le trafic est modéré.

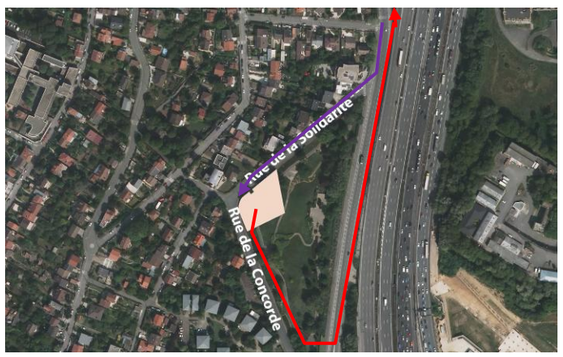



**Chantier de l'OA 1902P (Cimetière Parisien)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Marx Dormoy, trafic modéré ; avenue Jean Jaurès, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** Avenue Max Dormoy

**Impacts :** Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue Marx Dormoy où le trafic est modéré.




**Chantier de l'OA 1701P (Jardin Panoramique)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue de la Solidarité trafic faible, rue Gabriel Péri trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Rue de la Concorde

**Impacts :** Le chantier n'impact pas les voiries existantes. Les entrées/sorties se font via la rue de la Concorde où le trafic est faible et n'auront donc pas d'incidences. Cependant, les camions emprunteront la rue Gabriel Péri pour arriver/repartir du chantier, où le trafic est modéré.




**Chantier de l'OA 1901P (Pierre-Plate)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue de Turin, rue Jean Marin Naudin, rue Serge Prokofiev, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** Entrée rue de Turin, sortie rue Serge Prokofiev

**Impacts :** Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via des rues où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.

**Chantier de l'OA 1601P (Rue Jules Joffrin)**

**Evacuation des déblais :** route
**Volume de déblais :** 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue Jules Joffrin et rue Jules Vallès, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** entrée via le début de la rue Jules Joffrin, sortie rue Jules Vallès

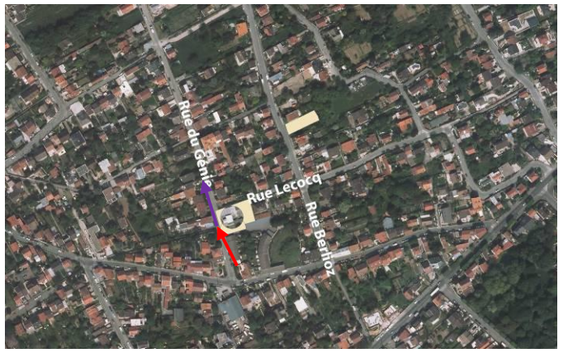
**Impacts :** Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci.



**Chantier de l'OA 1501P (Rue du Génie)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 16 610 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue du Génie, trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Rue du Génie, rue Lecocq, rue Berlioz, trafics faibles
**Entrées/sorties du chantier :** une entrée et une sortie via rue du Génie, trafic faible

**Impacts :** Les entrées/sorties se font via une rue où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influence sur celle-ci. Le chantier empiète sur la rue du Génie mais une déviation sera mise en place afin de palier à ce dérangement temporaire.







**Chantier de l'OA 1404P (Rue Gabriel Péri)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 1 590 m³, cadence max. 3 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue Gabriel Péri, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Rue Gabriel Péri, Villa Broussais
**Entrées/sorties du chantier :** 4 entrées/sorties seront présentes sur la rue Gabriel Péri

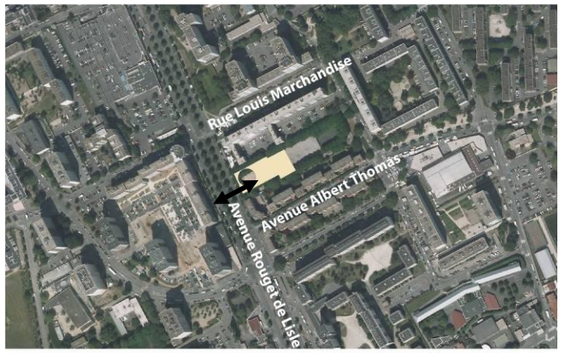
**Impacts :** Le chantier aura un impact négligeable sur les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est modéré mais les véhicules ne s'insèrent pas directement depuis le chantier dans la circulation (espace d'attente) et n'auront donc pas d'influences sur la circulation.

De plus, leur nombre sera relativement restreint. La circulation sur la rue Gabriel Péri sera également modifiée pendant la durée des travaux afin de limiter l'impact du chantier sur sa circulation.

**Chantier de l'OA 1402P (Rue Louis Marchandise Et Ave Albert Thomas Vitry)**

**Evacuation des déblais :** Fluvial, avec pré- acheminement routier
**Volume de déblais :** 48 530 m³, cadence max. 140 bennes/j et 3 barges/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Rouget de Lisle, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Avenue Rouget de Lisle

**Impacts :** Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci. Malgré la cadence




importante des camions, cela correspond à environ 1 camion tous les 5min. Le trafic étant faible, l'insertion des camions au sein de la circulation ne posera pas de problème.




**Chantier de l'OA 1401P (Centre Technique Municipal Vitry/Rue Bel Air)**

**Evacuation des déblais :** Fluvial, avec pré-acheminement routier
**Volume de déblais :** 45 600 m³, cadence max. 96 bennes/j et 2 barges/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue de Choisy, rue du Bel Air, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** il y a 4 entrées/sorties prévues pour le chantier : 1 Rue de Choisy et 3 rue du Bel Air dont 1 temporaire qui n'aura lieu que durant la première phase des travaux (entrée/sortie la plus à droite sur la carte ci-contre)

**Impacts :** Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci. Enfin, pendant la première phase, le chantier impactera la voirie permettant de rejoindre le centre technique municipal mais une déviation sera mise en place pour palier à ce dérangement temporaire.

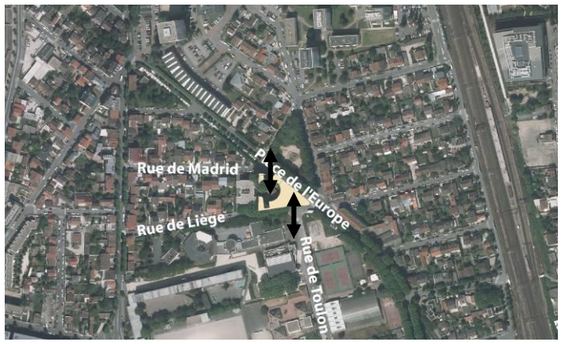
**Chantier de l'OA 1302P (Friche Arrighi Vitry)**

**Evacuation des déblais :** Fluvial et post-acheminement en routier
**Volume de déblais :** 58 900 m³, cadence max. 2 barges/j
**Empiétement sur voirie :** Quai Jules Guesde, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Quai Jules Guesde trafic modéré, Rue Léon Mauvais trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** une entrée/sortie Quai jules Guesde, une entrée/sortie Rue Léon Mauvais

**Impacts :** Les entrées/sorties via la rue Léon Mauvais n'auront pas d'impact sur le trafic de la voirie. L'empiétement sur le quai Jules Guesde (permettant d''évacuer les déblais par voie fluviale) ainsi que l'entrée/sortie pourraient perturber le trafic. Il sera cependant mis en place des voies de circulation et une attention particulière sera portée à ce chantier pour éviter une perturbation importante du trafic.
La traversée du quai Jules Guesdes pour charger les barges ne perturbera que peu le trafic (1 benne/5min).




**NB :** l'extraction des déblais des chantiers des tunnels Villejuif Louis Aragon/puits d'attaque Arrighi et puits d'attaque Arrighi/1103P se fera également via l'OA 1302P. L'évacuation se fera par voie fluviale et n'aura que peu d'impact sur la circulation (cadence maximale de 2berges/j).




**Chantier de l'OA 1301P (Rue De Rome)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 14 890 m³, cadence max. 7 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue de Toulon, trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Rue de Toulon, rue de Madrid et place de l'Europe (rue de Rome), trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** Pendant la phase 1, par la rue de Madrid, pendant la phase 2 par la rue de Toulon

**Impacts :** Les trafics dans les voiries d'entrées/sorties du chantier sont faibles. L'impact sera donc négligeable. Le chantier empiète sur une partie de la rue de Toulon, mais le trafic étant faible, et la déviation minime, cela n'aura pas d'impact sur la circulation.

**Chantier de l'OA 1201P (Université Créteil)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 10 990 m³, cadence max. 8 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Sur le trottoir rue Pasteur Vallery Radot
**Voirie immédiate proximité :** Rue Pasteur Vallery Radot trafic modéré, et avenue du Général de Gaulle, trafic modéré, entrée du parking de l'Université
**Entrées/sorties du chantier :** Via la rue Pasteur Vallery Radot en empruntant la voirie menant au parking de l'Université.

**Impacts :** Le chantier empiète sur une partie du trottoir de la rue Pasteur Vallery Radot mais un passage piéton se situe juste avant, ainsi l'impact sur la circulation piétonne sera négligeable. Les entrées/sorties n'auront qu'un impact faible sur le trafic existant modéré. L'accessibilité au parking de l'université de Créteil sera maintenue pendant toute la durée des travaux.







**Chantier de l'OA 1103P (Stade F. Desmond)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 14 580 m³, cadence max. 6 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** légèrement sur l'avenue Laferrière
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Laferrière trafic faible, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Via l'Avenue Laferrière

**Impacts :** Le trafic dans la voirie d'entrées/sorties du chantier est faible, l'impact sera donc négligeable. Le chantier empiète sur une partie du trottoir de l'avenue Laferrière, une déviation de la circulation piétonne sera ainsi mise en place pour réduire la gêne occasionnée, l'impact sera donc minime.

**Chantier de l'OA 1102P (Ave Ceinture)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 2 160 m³, cadence max. 2 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Avenue de Ceinture, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** Avenue de Ceinture, trafic faible

**Impacts :** Les entrées/sorties se font via l'avenue de la Ceinture où le trafic est négligeable, il n'y aura donc pas d'impact.







**Chantier de l'OA 1101P (Rue Du Port Créteil)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 16 990 m³, cadence max. 10 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue du Cap trafic faible et rue du Port trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** idem
**Entrées/sorties du chantier :** entrée au Nord via la rue du Port, et sortie au Sud via la rue du Port

**Impacts :** Le chantier empiétera sur la voirie de la rue du Port et de la rue du Cap. Afin de palier à la gêne les voies de circulation ont été décalé sur la rue du Port et un feu de circulation alternée a été prévue rue du Cap. Sur chacune des rues, un trottoir est toujours accessible pour les piétons.

Une partie de la piste cyclable rue du Port sera supprimée le temps des travaux. Cependant, la portion est restreinte, et l'impact sera donc négligeable.

**Chantier de l'OA 1003P (Impasse Abbaye)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 13 850 m³, cadence max. 8 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue de l'Abbaye, trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Rue de l'Abbaye, trafic faible, Quai Beaubourg, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** Rue de l'Abbaye

**Impacts :** Les entrées/sorties se font via la rue de l'Abbaye où le trafic est faible, il n'y aura donc pas d'impact. L'emprise du chantier sur la rue de l'Abbaye, sera compensée par une déviation de la circulation piétonne (avec création de passage piéton) et un rétrécissement de la chaussée pour les voitures. Cependant, vu le trafic faible, les impacts seront négligeables et les mesures prises seront suffisantes.







**Chantier de l'OA 1002P (Ave Charles Floquet)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 3 670 m³, cadence max. 6 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue Charles Floquet, trafic modéré, Rue Papin (trottoir)
**Voirie immédiate proximité :** Rue Charles Floquet, trafic modéré, rue Papin et rue St Etienne trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/sortie rue Papin, 1 entrée/sortie rue St Etienne, 1 entrée/sortie rue Charles Floquet

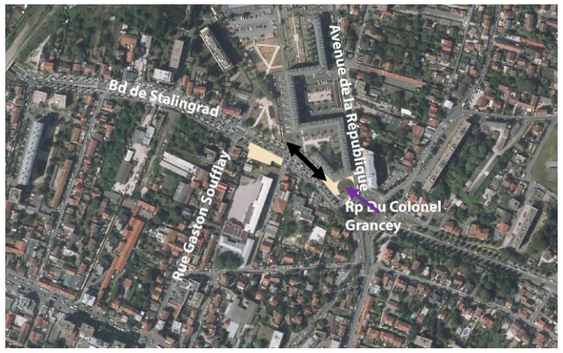
**Impacts :** La localisation des entrées/sorties n'aura pas de conséquence sur le trafic existant. Le chantier empiète sur une partie des trottoirs avoisinant, ainsi la circulation piétonne sera déviée et des passages piétons ont donc été prévus. De même la circulation sera en partie déviée sur la rue Charles Floquet (chaussée rétréci).

**Chantier de l'OA 1001P (Av Roger Salengro Champigny)**




**Volume de déblais :** 141 700 m³, cadence max. 57 bennes/j
**Evacuation des déblais :** Route
**Empiétement sur voirie :** Avenue Roger Salengro trafic modéré, avenue Aristide Briand trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Roger Salengro, rue Romain Rolland, avenue Aristide Briand
**Entrées/sorties du chantier :** différentes selon la phase du chantier, toujours sur l'avenue Roger Salengro

**Impacts :** Les entrées/sorties se font via l'avenue Roger Salengro où le trafic est modéré. Cependant les entrées/sorties se font toujours en dehors des voies de circulation. De plus, le chantier est prévu en différentes phases permettant de dévier la circulation d'un côté ou de l'autre de la voirie pour éviter une perturbation trop important de la circulation. Cependant, lors de 6 des phases, l'avenue Aristide Briand (3 fois), la rue Félix Pyat (3 fois) et la rue Romain Rolland (1 fois) auront leur accès à l'avenue Roger bloqués. Des itinéraires alternatifs seront mis en place pour minimiser l'impact. Enfin les déblais seront évacués par camion vers l'A86. Ce trafic n'aura cependant pas un impact important sur le trafic existant modéré (moins de 5 véhicules/heures). Une attention particulière sera portée à ce chantier pour vérifier que les mesures mises en place soient suffisantes.




**Chantier de l'OA 902 (Rp Du Colonel Grancey Champigny)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 13 550 m³, cadence max. 11 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Boulevard de Stalingrad, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Bd de Stalingrad, rond-point du Colonel Grancey, trafics modérés
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée pour la phase 1 par le rond-point, 1 entrée/sortie par le boulevard de Stalingrad

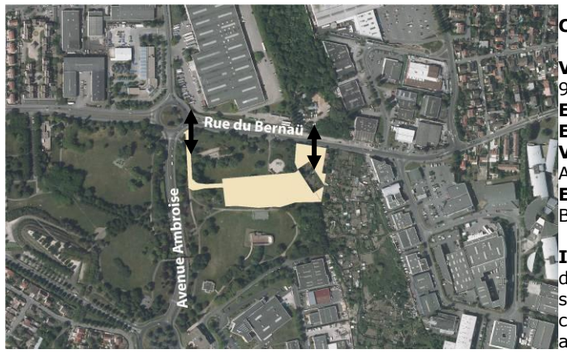
**Impacts :** La localisation des entrées/sorties n'aura pas de conséquences sur le trafic existant car celle située sur le rond-point n'est que temporaire, et la seconde se fait en dehors du trafic. Le chantier empiète sur une partie des trottoirs avoisinant, ainsi la circulation piétonne sera déviée et des passages piétons ont donc été prévus.

**Chantier de l'OA 0901P (Clos Du Pré De L'Etang)**




**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 1 610 m³, cadence max. 2 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Chemin du Pré de l'Etang, clos du Pré de l'Etang, trafics faibles
**Voirie immédiate proximité :** Chemin du Pré de l'Etang, clos du Pré de l'Etang
**Entrées/sorties du chantier :**

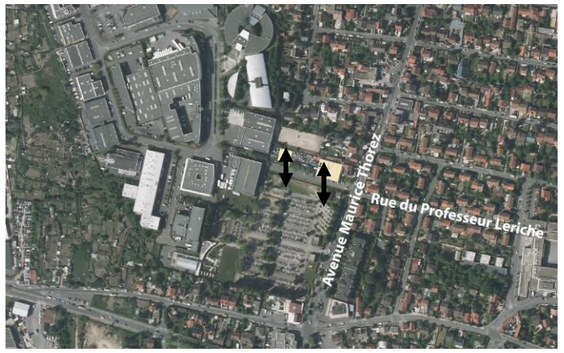
**Impacts :** Lors de la première phase du chantier, une entrée se situera au clos du Pré de l'Etang. Cette entrée sera par la suite supprimée. Vu le trafic négligeable de cette voirie, l'entrée/sortie des véhicules de chantier n'aura pas d'impact. Les deux autres entrées/sorties (chemin du Pré de l'Etang) seront conservés pendant toute la durée des travaux. Elles n'auront pas d'incidences sur le trafic qui est faible. L'accès à la rue Guy Moquet depuis le chemin du Pré de l'Etang sera bloqué pendant toute la durée des travaux. Un itinéraire alternatif sera proposé. La circulation sur le chemin du Pré de l'Etang à hauteur des travaux sera également modifiée, permettant de minimiser l'impact de ces derniers. La circulation piétonne sera maintenue. L'impact du chantier sera faible au niveau de la mobilité. Un accès temporaire à un bâtiment existant jouxtant le chantier sera créé afin de laisser l'accès pendant tous les travaux




**Chantier de l'OA 0813P (Puits D'entrée Du Tunnelier)**

**Volume de déblais :** 22 960m³, cadence max. 97 bennes/j
**Evacuation des déblais :** Routier
**Empiétement sur voirie :** Rue de Bernaü, trafic modéré
**Voirie immédiate proximité :** Rue de Bernaü, avenue Ambroise Croizat, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** 2 entrées/sorties rue de Bernaü

**Impacts :** Les entrées/sorties du chantier n'auront pas d'impact sur le trafic existant car ne se font pas directement sur la chaussée. Durant les travaux, une des phases du chantier empiétera sur la rue de Bernaü, la circulation sera alors modifiée, rendant ainsi les perturbations minimales. Les déblais seront évacués vers le Nord pour rejoindre l'A4 via la D10. Le trafic chantier sera minime par rapport au trafic existant et n'aura donc pas d'impact sur ce dernier.




**Chantier de l'OA 0811P (Ave Maurice Thorez)**

**Volume de déblais :** 10 240 m³, cadence max. 11 bennes/j
**Evacuation des déblais :** Routier
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Maurice Thorez, trafic modéré
**Entrées/sorties du chantier :** via une voie privée

**Impacts :** Les entrées/sorties du chantier n'auront pas d'impact sur le trafic existant car ne se font pas directement sur la chaussée.

**Chantier de l'OA 0810P (Rue Du General Leclerc)**




**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 1 600 m³, cadence max de 3 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue du Général Leclerc
**Voirie immédiate proximité :** Rue du Général Leclerc, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny
**Entrées/sorties du chantier :** 2 entrées/sorties Rue du Général Leclerc

**Impacts :** Les entrées/sorties du chantier ne se font pas directement dans la circulation de la rue, et n'auront donc qu'un impact négligeable. Le chantier empiétera sur la rue du Général de Gaulle, mais une déviation de la circulation est prévue pour limiter les impacts au minimum et ne pas créer de perturbations importantes.




**Chantier de l'OA 0808P (Ave Henri Dunant Villiers)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 3 300 m³, cadence max de 5 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Avenue Henri Dunant Nord et Sud
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Henri Dunant, trafic faible
**Entrées/sorties du chantier :** Avenue Henri Dunant

**Impacts :** Le chantier va empiéter sur l'avenue Durant Sud, bloquant l'accès à l'Avenue Durant Nord. Ainsi, une voirie va être construite pour remplacer cet accès. Le chantier empiète également sur un morceau de l'avenue Henri Dunant Nord. Là aussi, une déviation de la circulation sera mise en place. Les impacts du chantier seront donc faibles.

**Chantier de l'OA 0807P (Sentier Des Marins)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 137 300 m³, cadence max de 57 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue des Chapelles, sentier des Marins, trafics négligeables
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/sortie rue des Chapelles, et 1 interne

De plus, l'extraction des déblais du tunnel de raccordement SMR se fera également via ce puits d'attaque pendant le chantier. Cette extraction durera 10 mois, avec une cadence maximale de 105 bennes/j.




**Impacts :** le trafic sur les voiries à immédiate proximité du chantier est faible, l'impact des entrées sorties sera donc négligeable. La note de gestion des déblais précise que l'évacuation pour cet OA se fera via la rue du Général de Gaulle vers l'A4 (plus au Nord). Le trafic est modéré sur la rue du Général de Gaulle et l'impact sera donc négligeable (moyenne haute de 3 camions/10min lors du cumul des deux chantiers, et 1 camions/10min en dehors).

**NB :** l'extraction des déblais de la gare de Brie-Villiers-Champigny, du tunnel 1103P-Brie-Villiers-Champigny et du SMR seront également extrait via ce puit d'attaque. L'extraction se fera cependant via la voie de chemin de fer ce qui n'aura donc pas d'impact sur la circulation en voirie.




**Chantier de l'OA 0806P (Rue Mozart)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 3 800 m3, cadence max. 4 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue Mozart, trafic faible
**Voirie immédiate proximité :** Rue Mozart, rue de Paris, trafics faibles
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/sortie rue de Paris, 1 entrée et 1 sortie rue Mozart

**Impacts :** Une partie du chantier va bloquer la circulation entre la rue Mozart et la rue Victor Messer. La circulation piétonne sera par contre maintenue. Le trafic étant faible dans ces voiries, l'impact sera négligeable. Les entrées / sorties de chantier n'auront pas non plus d'impact sur le trafic.

**Chantier de l'OA 0805P (Ave Mederic Noisy Le Grand)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 11 710 m³, cadence max. 12 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue des Hêtres
**Voirie immédiate proximité :** Avenue Médéric, rue des Hêtres
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/ sortie sur voirie privée
**Impacts :** Les entrées/sorties du chantier se font sur une voirie privée puis rejoignent une voirie où le trafic est modéré. Les impacts seront donc négligeables. Le chantier va également bloquer une partie de la rue des Hêtres mais la circulation pourra toujours avoir lieu. Le trafic local étant faible, le chantier aura un impact négligeable.







**Chantier de l'OA 0804P (Place Des Yvris)**

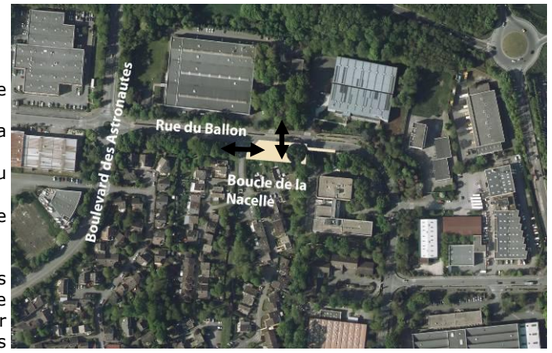
**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 15 040 m3, cadence max. de 11 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Non
**Voirie immédiate proximité :** Rue des Pleïades boulevard des Astronautes, place des Yvris, rue de la Chapelle, trafics faibles
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/sortie rue des Pléïades

**Impacts :** Les entrées / sorties de chantier n'auront pas d'impact sur le trafic de la rue des Pléiades qui est négligeable. Le chantier aura un impact faible en termes de mobilité.

**Chantier de l'OA 0803P (Rue Du Ballon)**

**Evacuation des déblais :** Route
**Volume de déblais :** 1 940 m³, cadence max. de 4 bennes/j
**Empiétement sur voirie :** Rue du Ballon et boucle de la Nacelle (trottoir), trafics faibles
**Voirie immédiate proximité :** Boucle de la Nacelle, rue du Ballon
**Entrées/sorties du chantier :** 1 entrée/sortie via boucle de la Nacelle, 1 entrée/sortie via rue du Ballon

**Impacts :** le trafic est faible sur les rues d'entrées/sorties du chantier, ainsi le trafic chantier n'aura pas d'impact sur le trafic. Le chantier empiète sur la rue du Ballon ainsi que sur le trottoir de la boucle de la Nacelle. Des déviations véhicules et piétonnes, avec création de passages piétons seront mise en place pour pallier aux éventuelle perturbations. Vu le trafic faible sur ces rues et les mesures mises en œuvre, l'impact du chantier sera négligeable.



### *1.21.3.21 Synthèse des impacts à proximité des gares et ouvrages annexes en phase de chantier*

Sur la base du trafic estimé à l'horizon du chantier sur les voies directement impactées par les zones de chantier ou situées à leur immédiate proximité, une graduation des enjeux a été établie de la manière suivante : enjeu très fort (trafic à l'heure de pointe du matin supérieur à 9000 véhicules), fort (supérieur à 3000), modéré (supérieur à 200) et faible (inférieur à 200). Le tableau suivant présente ces résultats.

**Enjeux liés à l'impact des zones de chantier des gares sur le trafic routier (source : Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)**

| Nom de la gare/chantier | Voie empiétée/à proximité immédiate | Enjeu par rapport à la voirie | Enjeu global |
|---|---|---|---|
| Noisy-Champs | Boulevard Archimède | Modéré | Fort |
| | Rue des Hauts-Châteaux | Modéré | |
| | Boulevard du Ru de Nesle | Fort | |
| Bry-Villiers-Champigny | Chemin des Boutareines | Faible | Modéré |
| | Chemin de Bry A Chennevières | Faible | |
| | Rue du Professeur Roux | Faible | |
| | D10 | Modéré | |
| Champigny Centre | Rue Jean Jaurès | Modéré | Modéré |
| | Rue du Cimetière | Faible | |
| | Rue de la Plage | Faible | |
| Saint-Maur - Créteil | Rue Bobillot | Faible | Modéré |
| | Rue du Pont de Créteil | Modéré | |
| Créteil L'Echat | Rue Gustave Eiffel | Modéré | Modéré |
| Le Vert de Maisons | Avenue de la Liberté | Faible | Faible |
| Les Ardoines | Rue Léon Geffroy | Modéré | Modéré |
| Vitry Centre | Rue Edouard Tremblay | Faible | Modéré |
| | Avenue Maximilien de Robespierre | Modéré | |
| Villejuif Louis Aragon | Avenue de Stalingrad | Modéré | Modéré |
| | Rue Jean Jaurès | Faible | |
| | Avenue de la République | Modéré | |
| | Avenue Louis Aragon | Modéré | |
| Villejuif Institut Gustave Roussy | Voie des Sables | Faible | Faible |
| Arcueil – Cachan | Avenue Carnot | Modéré | Modéré |
| | Rue Marcel Bonnet | Modéré | |
| | Avenue Léon Eyrolles | Faible | |
| | Rue de la Coopérative | Faible | |
| Bagneux | Rue de Verdun | Faible | Modéré |
| | Avenue Henri Barbusse | Modéré | |
| | Avenue Victor Hugo | Modéré | |
| | Rue Romain Rolland | Faible | |
| | Avenue Louis Pasteur | Modéré | |
| Châtillon - Montrouge | Avenue Max Dormoy | Modéré | Modéré |
| | Avenue de la République | Modéré | |
| | Avenue J Jaurès | Modéré | |
| Fort d'Issy - Vanves - Clamart | Boulevard des Frères Vigouroux | Modéré | Modéré |
| | Rue du Clos-Montholon | Faible | |
| | Avenue de la Paix | Modéré | |
| | Rue du Chemin Vert | Faible | |
| | Avenue du Gnal De Gaulle | Modéré | |
| Issy RER | Rue Aristide Briand | Modéré | Fort |
| | Avenue de Verdun | Modéré | |
| | Avenue Victor Cresson | Modéré | |
| | Avenue Pasteur | Modéré | |
| | Boulevard Garibaldi | Modéré | |
| | Place Léon Blum | Fort | |
| Pont de Sèvres | Rond-Point du Pont de Sèvres | Très fort | Très fort |
| | Quai Georges Gorse | Fort | |

Un site de chantier de gare est identifié comme représentant un enjeu très fort, deux comme un enjeu fort, 11 comme des enjeux modérés, et 2 comme des enjeux faibles. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

De plus, il convient de noter que les chantiers des gares de Noisy-Champs, Fort d'Issy – Vanves-Clamart et Issy RER et des puits ZAC SAEM et Ile-de-Monsieur seront en partie établis sur les réseaux ferrés existant à proximité. Une attention particulière sera prêtée à ces chantiers, qui seront organisés afin de réduire au minimum les perturbations du trafic ferroviaire.

**Enjeux liés à l'impact des zones de chantier des puits sur le trafic routier** (source : Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)

| Nom du Puits/Chantier | Voie empiétée/à proximité immédiate | Enjeu par rapport à la voirie | Enjeu global |
|---|---|---|---|
| RUE DU BALLON | Rue du Ballon/Boucle de la nacelle | Faible | Faible |
| PLACE DES YVRIS | Rue de la Chapelle/Boulevard des Astronautes | Faible | Faible |
| AVE MEDERIC NOISY LE GRAND | Avenue Médéric | Modéré | Modéré |
| RUE MOZART | Rue de Paris | Modéré | Modéré |
| | Avenue Mozart | Faible | |
| SENTIER DES MARINS | Sentier des marins/Rue des Chapeliers | Faible | Modéré |
| | Rue du Gnal de Gaulle | Modéré | |
| | Avenue de Gaumont | Modéré | |
| | Rue du Gnal de Gaulle | Modéré | |
| AVE HENRI DUNANT VILLIERS | Avenue Henri Dunant | Faible | Faible |
| RUE DU GENERAL LECLERC | Rue du Gnal de Gaulle | Modéré | Modéré |
| AVE MAURICE THOREZ | Avenue Maurice Thorez | Modéré | Modéré |
| PUITS D'ENTREE DU TUNNELIER | Rue de Bernaü | Modéré | Modéré |
| | Avenue Ambroise Croizat | Modéré | |
| | Rond-point Rue de Bernaü/Ambroise Croizat | Modéré | |
| CLOS DU PRE DE L ETANG | Chemin du Pré de l'Etang/ Clos du Pré de l'Etang | Faible | Faible |
| RP DU COLONEL GRANCEY CHAMPIGNY | Boulevard de Stalingrad | Modéré | Modéré |
| | Rond-Point du Colonel Grancey | Modéré | |
| AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY | Av Roger Salengro | Modéré | Modéré |
| | Rue Des frères Petits | Faible | |
| | Rue Félix Pyat | Faible | |
| | Boulevard Aristide Briand | Faible | |
| AVE CHARLES FLOQUET | Rue Papin | Faible | Modéré |
| | Avenue Charles Floquet | Modéré | |
| | Rue Saint-Etienne | Faible | |
| IMPASSE ABBAYE | Quai Beaubourg | Modéré | Modéré |
| | Rue de L'abbaye | Faible | |
| RUE DU PORT CRETEIL | Quai de Halage/Rue du Port | Modéré | Modéré |
| | Rue du Cap | Faible | |
| AVE CEINTURE | Avenue de ceinture | Faible | Faible |
| STADE F. DESMOND | Avenue Laferrière | Faible | Modéré |
| | Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny | Modéré | |
| UNIVERSITE CRETEIL | Rue Pasteur Valléry Radot | Modéré | Modéré |
| RUE DE ROME | Rue de Rome | Faible | Faible |
| | Rue de Liège | Faible | |
| | Rue de Toulon | Faible | |
| FRICHE ARRIGHI VITRY | Quai Jules Guesde | Modéré | Modéré |
| | Rue Léon Mauvais | Faible | |
| CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR | Rue de Choisy/Rue du Bel Air | Faible | Faible |
| RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY | Avenue Rouget de Lisle | Modéré | Modéré |
| RUE GABRIEL PERI | Rue Gabriel Péri | Modéré | Modéré |
| RUE DU GENIE | Rue du génie | Faible | Faible |
| | Rue Lecocq | Faible | |
| | Rue Berlioz | Faible | |
| RUE JULES JOFFRIN | Rue Jules Vallès | Faible | Faible |
| | Rue Jules Joffrin | Faible | |
| JARDIN PANORAMIQUE | Rue de la Solidarité/Rue de la Concorde | Faible | Faible |
| SQUARE GENERAL DE GAULLE | Rue Marx Dormoy | Modéré | Modéré |
| | Rue Camille Desmoulins | Modéré | |
| PARC ROBESPIERRE | Avenue Louis Pasteur | Modéré | Modéré |
| | Rue de Verdun | Faible | |
| PIERRE-PLATE | Rue Serge Prokofiev/Rue de Turin | Faible | Faible |
| CIMETIÈRE PARISIEN | Avenue J Jaurès | Faible | Modéré |
| | Avenue Max Dormoy | Modéré | |
| FORT DE VANVES/J. MERMOZ | Rue André Rivoire | Faible | Faible |
| SQUARE MALLERET JOINVILLE | Boulevard du Colonel Fabien | Modéré | Modéré |
| | Rue du Gnal Malleret-Joinville | Faible | |
| PARC HENRI BARBUSSE | Rue Pierre Brossolette | Modéré | Modéré |
| | Rue de la Défense | Modéré | |
| | Rue de l'Egalité | Modéré | |
| PLACE DE LA RÉSISTANCE | Quai de Stalingrad | Modéré | Modéré |
| ZAC SAEM | Quai George Gorse | Modéré | Modéré |
| ILE-DE-MONSIEUR | Rue de Saint Cloud | Très fort | Fort |

Douze sites puits sont identifiés comme représentant un enjeu faible, 23 comme des enjeux modérés, et 1 comme un enjeu fort. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

### 1.21.4 Synthèse des impacts et mesures associées liée à la mobilité

Le projet, par les correspondances qu'il offre et les territoires qu'il dessert, est un maillon essentiel du projet de réseau Grand Paris Express.

Le report modal induit par le projet est léger mais significatif : pour les déplacements qui débutent à l'intérieur du périmètre d'étude, la part modale des transports publics avec le projet augmente de 0,6 point de pourcentage tandis que celle de la voiture diminue de 0,6 point de pourcentage par rapport à la situation de référence, à l'horizon 2022.

Localement, la mise en service du métro permettra d'améliorer le maillage du réseau existant. 14 des 16 gares du projet offriront une correspondance avec le RER, le Transilien, le Tramway ou le métro. Les gares du Grand Paris Express seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et efficaces, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité.

Le réseau Grand Paris Express dans son ensemble aura, par ailleurs, un impact positif en soulageant les axes radiaux de transports en commun, principalement les lignes RER et du Transilien. Le projet Grand Paris Express aura également un impact fort sur la modération de la circulation automobile à l'échelle de la région Ile-de-France. Dans le périmètre d'étude de la Ligne 15 Sud, une diminution de  4 391 véhicules-kilomètres est attendue à la pointe du matin par rapport à l'horizon 2030, ce qui correspond à une diminution de 0,9% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

Le tableau page suivante présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

**Synthèse des impacts et mesures associée liée à la mobilité**

| Eléments concernés | Enjeux identifiés dans l'état initial | Impacts | | Mesures |
|---|---|---|---|---|
| **Evolution des déplacements** | Les déplacements de banlieue à banlieue sont en augmentation tandis que les infrastructures de transports en commun restent généralement organisée de manière radiale par rapport à Paris. | Les territoires traversés par la ligne verront leur offre en transport augmenter et bénéficieront d'une liaison ferroviaire structurante nouvelle. | | Néant |
| **Fréquentation des réseaux** | Forte augmentation du trafic sur les autoroutes en rocade (A86, Francilienne), alors que le trafic diminue sur les autoroutes radiales (A13, A14…) et les voiries non autoroutières proches de Paris (RN13, …).<br>Les lignes ferrées (RER A, B, C, D et E) sont particulièrement chargées et arrivent en limite de capacité. | Réseau routier : diminution de 9141 véhicules-kilomètres à la pointe du matin dans le périmètre d'étude, soit -1,9% par rapport à la référence 2022<br>Réseau ferré : réduction de la fréquentation et de la charge maximale sur le tramway T3, les RER et les métros 6 et 10.<br>Permet de réduire la sollicitation du réseau routier et de délester les tronçons du réseau ferré qui arrivent en limite de capacité. | | Néant |
| **Parts modales** | L'utilisation des transports en commun dans la compétition avec la voiture particulière doit être favorisée pour atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transport en commun dans la région. | Augmentation de 0,6 point de la part modale des transports en commun pour les déplacements ayant comme origine le périmètre d'étude, par rapport à la référence 2022.<br>Favorise l'utilisation des transports en commun et contribue à atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transports en commun. | | Néant |
| **Chantiers et desserte des gares** | Rendre le moins gênant possible les impacts des chantiers sur les circulations (véhicules privés, transports en commun, modes actifs) | Charroi des véhicules nécessaires aux chantiers<br>Déviations d'itinéraire et impact sur la voirie<br>Impact sur les transports en commun et les modes actifs | Fort : puits Ile-de-Monsieur et gare du Pont de Sèvres | Mesure de réduction : Planification des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais). Les itinéraires de déviations (véhicules, piétons et transport) et une information adéquate devraient permettre de réduire les impacts. |
| | | | Fort : gare d'Issy RER et gare de Noisy Champs | |
| | | | Modéré : 23 puits et 11 gares | |
| | | | Faible : autres chantiers n'empiétant pas directement sur les voiries ou où le trafic est non significatif | |
| | Les futures gares sont généralement bien connectées au réseau de transports en commun existant.<br>L'accessibilité routière est également généralement bien assurée mais de nombreux axes supportent un trafic important proche de la saturation. | Augmentation des besoins en stationnement aux abords de certaines gares du fait du rabattement en voiture particulière | | Mesures de réduction :<br>Favoriser l'intermodalité par les autres modes de transport en commun et les modes actifs<br>Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries |

*Légende :*

| | *Pas d'enjeu* | *Enjeu faible* | *Enjeu modéré* | *Enjeu fort* |
|---|---|---|---|---|
| *Impact positif* | *Pas d'impact* | *Impact faible* | *Impact modéré* | *Impact fort* |

# 1.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

Ce chapitre évalue les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre induites directement par la Ligne 15 Sud (construction et exploitation de l'infrastructure) ou évitées grâce aux effets indirects du projet (report modal de la voiture particulière vers les transports en commun). Dans un premier temps, l'analyse du bilan énergétique permet de comparer les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de la Ligne 15 Sud et l'impact du projet sur les consommations du trafic routier en Ile-de-France. Ensuite, le bilan des émissions de gaz à effet de serre permet d'étendre le champ d'analyse en prenant en compte les émissions liées aux matériaux de construction et aux chantiers ainsi que les impacts du projet sur l'urbanisation.

Tant au niveau de l'énergie qu'au niveau des émissions de gaz à effet de serre, l'analyse s'attache d'abord à évaluer les impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020. Cet impact est ensuite évalué à des horizons plus lointains de manière à évaluer le bilan général du projet.

## 1.22.1 Energie

### *1.22.1.1 Rappel des enjeux*

Comme détaillé dans l'analyse de l'état initial, l'enjeu principal vis-à-vis des consommations énergétiques sera de parvenir à se libérer de la dépendance face aux énergies fossiles en réduisant les consommations et en se tournant vers les énergies renouvelables. Depuis le Grenelle de l'environnement, l'objectif est, au niveau national, de diminuer de 2% par an les consommations en énergie[20] dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030.

En améliorant la mobilité en Ile-de-France, le Réseau de Transport du Grand Paris Express devrait permettre de réduire l'utilisation de la voiture particulière et ainsi de diminuer les consommations du trafic routier.

Dans le cadre d'une évaluation environnementale des projets d'infrastructures de transport, le Code de l'Environnement prévoit, à cet effet, la réalisation d'une « évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ». Cette évaluation se focalise donc principalement sur les consommations énergétiques en phase de fonctionnement.

Les consommations énergétiques directes réalisées en phase chantier, notamment pour l'acheminement des matériaux et l'évacuation des déblais, seront également abordées. Les consommations indirectes liées, par exemple, à la production des matériaux, ne seront, en revanche, pas prises en compte dans le cadre du bilan énergétique mais seront analysées en détails dans la partie traitant des émissions de gaz à effet de serre. L'impact indirect du projet sur la rénovation et la densification du bâti pourrait aussi permettre de réduire les consommations énergétiques des secteurs résidentiel et tertiaire. Cette thématique sera également détaillée dans la partie spécifique aux émissions de gaz à effet de serre.

L'analyse des impacts énergétiques du projet est abordée ci-dessous en deux volets : d'une part la phase de chantier et d'autre part la phase d'exploitation du projet.

[20] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB.

### *1.22.1.2 Impacts et mesures en phase chantier*

*a. Impacts directs et indirects*

En phase de construction, les consommations énergétiques directes concernent essentiellement l'énergie nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais et l'énergie nécessaire pour les chantiers eux-mêmes (bases vie, engins de chantier, etc.).

Concernant l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais, le chantier de la Ligne 15 Sud devrait, en effet, engendrer l'évacuation d'environ 4 200 000 m³ ce qui correspond approximativement à 420 000 chargements (sur base d'une charge de 20 tonnes de terres de densité moyenne de 2 tonne/m³). Dans le cas hypothétique où tous les déblais seraient évacués par la route et que les camions parcouraient 100 km pour chaque aller-retour, cela correspondrait à la consommation de 9400 tep pour l'entièreté de la construction.

Cette consommation approximative sera néanmoins réduite grâce aux mesures d'accompagnement qui seront mises en place afin de réduire les distances parcourues et favoriser les modes de transports moins consommateurs que le mode routier (voir ci-dessous).

Concernant les chantiers eux mêmes, une première approximation sur base d'une consommation moyenne du tunnelier de 20kWh/m³ et de 1 litre de gazole par m³ pour la manutention des terres en surface donne 10 900 tep consommées pour l'ensemble du chantier.

Plus en amont, la production des matériaux nécessaires à la construction peut également nécessiter des quantités très importantes d'énergie (notamment pour la production de béton). Cependant, comme mentionné précédemment, ces consommations « indirectes » seront abordées plus en détails dans l'analyse des impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

*b. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation*

Le principal poste de consommations énergétiques en phase chantier étant celui du transport de matériaux et d'évacuation des déblais, la principale mesure permettant de réduire la consommation sera la rationalisation et l'optimisation du transport.

Cette rationalisation et optimisation passera, tout d'abord, par la réduction des quantités de déblais à évacuer. Pour ce faire, il sera envisagé autant que possible la réutilisation des terres excavées à proximité du chantier (y compris pour le comblement de carrières).

Les distances parcourues par les camions seront également limitées au maximum en privilégiant les sites de stockage ou de traitement situés à proximité du chantier.

Le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

Dans ce sens, les transports fluviaux et ferroviaires seront privilégiés pour les distances importantes. Les travaux d'extension de la ligne 12 du métro vers Aubervilliers, ont montré la capacité à évacuer des déblais majoritairement par la voie fluviale et constitue un retour d'expérience intéressant. Ainsi, 75% des 530 000 tonnes de déblais générés par les travaux ont été acheminées vers leur exutoire par la voie d'eau. La situation de la Ligne 15 Sud est d'ailleurs favorable à ce mode de transport de par sa proximité avec la Seine, en particulier à hauteur des gares de Pont de Sèvres et des Ardoines, ainsi qu'aux abords de la Marne concernant la gare de

Saint-Maur Créteil. Concrètement, cette mesure sera mise en œuvre via la mise en place des installations permettant l'utilisation des modes de transports alternatifs : Appontements pour l'évacuation fluviale à Ile Monsieur et Pont de Sèvres, voie ferrée de chargement à Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Bien que le chantier de la Ligne 15 Sud induise des consommations non négligeables d'énergie, celles-ci-resteront limitées par rapport aux gains qui pourront être réalisés par la suite lors de l'exploitation de la ligne. En effet, comme exposé par la suite, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet permettra, en phase de fonctionnement, une diminution des consommations énergétiques en Ile-de-France qui devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les consommations énergétiques mais aussi, à moyen terme, permettre de réduire les consommations énergétiques en Ile-de-France. Il n'y aura donc pas d'impact résiduel et aucune mesure de compensation n'est donc envisagée.

*c. Coût des mesures*

Le coût de ces mesures est difficile à évaluer à ce stade mais il est clair que l'objectif premier est de rationnaliser et d'optimiser l'organisation des chantiers dans une optique de durabilité, c'est-à-dire sur base de critères sociaux, environnementaux mais également économiques. Les modes alternatifs au transport routier seront donc privilégiés lorsque cela est intéressant du point de vue environnemental mais également lorsque cela est intéressant économiquement. Les mesures ne devraient donc pas influer de manière importante sur les coûts totaux du chantier.

*d. Mesures de suivi dans le temps*

La principale mesure de suivi dans le temps qui sera mise en œuvre réside dans le suivi des chantiers. Le respect des actions prévues dans le planning initial conduira à une maîtrise des évènements et donc des consommations énergétiques associées.

### *1.22.1.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation*

En phase d'exploitation, les principales consommations énergétiques influencées par le projet sont liées au fonctionnement même du métro ainsi qu'au trafic routier :

- Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de la traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations…) et les bâtiments techniques (sites industriels) et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

- Les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux effets principaux se distinguent : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun, et d'autre part, les gains de consommation réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier, due à une diminution de la congestion.

Les différentes consommations énergétiques sont exprimées en tonnes équivalent pétrole afin de pouvoir comparer les sources d'énergie.

*a. Besoins propres à l'infrastructure*

Les besoins propres au fonctionnement du métro correspondent principalement à l'énergie de traction et à l'énergie utilisée dans les bâtiments (gares et les centres de maintenance). La répartition entre ces deux postes de consommations varie selon la structure du réseau : elle est de 65/35 pour le métro parisien, et de 85/15 pour les RER RATP .

Sur la base des consommations moyennes estimées du réseau de métro de la RATP et des consommations moyennes des bâtiments, il est possible d'évaluer de manière conservative la consommation future du réseau de métro du Grand Paris à partir des voitures.kilomètres parcourus (pour les consommations liées à la traction des rames), et des consommations effectives de bâtiments existants similaires aux gares et bâtiments techniques du réseau (pour les consommations liées au fonctionnement de ces bâtiments).

*Besoins énergétiques liés à la traction*

La traction des rames est un poste particulièrement important de consommation énergétique des réseaux de métro. L'énergie de traction est généralement exprimée en kilowatts x heure (kWh) par voitures x kilomètre. Celle-ci dépend principalement :

- de la taille des rames ;
- de la vitesse de pointe ;
- de la technologie de roulement (sur fer ou sur pneu), le fer offrant une résistance inférieure au déplacement ;
- de l'efficacité de récupération d'énergie des trains, et de la ligne : le matériel roulant récent permettant une récupération d'énergie de l'ordre de 40 % de l'énergie nécessaire (essentiellement lors du freinage) ;
- de la maîtrise des pertes en ligne, qui dépendent du niveau de tension du courant de traction ainsi que de la nature et de l'importance des sections conductrices ;
- des optimisations de fonctionnement réalisées par le système de conduite automatique.

Concernant la Ligne 15 Sud, un facteur de consommation moyen de 2,2 kWh/voiture.km a été retenu. Il correspond à une hypothèse prudente pour la consommation moyenne d'un matériel roulant sur fer. Le nombre de voitures.kilomètres parcouru a, quant à lui, été évalué sur base des études d'exploitation.

Les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Caractéristiques et consommation énergétique de traction**

| | Milliers de voitures.km / an | Consommation annuelle |
|---|---|---|
| Ligne 15 Sud (2020) | 27 700 | **60 900 MWh** soit **5 200 tep** |

La consommation annuelle de la Ligne 15 Sud, une fois celle-ci en service en 2020, représente près de 12% de la consommation de l'ensemble du réseau du Grand Paris. Cette part significative s'explique surtout par la longueur importante de la ligne (17% du linéaire du réseau global) et par la longueur des trains (6 voitures en heures de pointe).

*Besoins énergétiques des bâtiments*

Les besoins des gares correspondent à l'électricité nécessaire à leur fonctionnement (éclairage, informatique, panneaux lumineux,…). La consommation énergétique dépend de nombreux facteurs,

notamment de l'organisation et de la surface des bâtiments, des matériaux de construction, de la qualité de l'isolation ou encore du type d'énergie utilisée. Il est donc difficile, à ce stade, d'évaluer la consommation exacte des gares.

Cependant, il est possible d'évaluer une consommation moyenne par gare sur base de données générales par comparaison avec la consommation de bâtiments similaires. En gardant une approche conservatrice, cette méthode permet d'évaluer globalement la consommation des bâtiments, tout en sachant que l'utilisation de méthodes actuelles et plus efficaces, notamment en termes d'isolation et d'éclairage, devrait permettre de réduire significativement cette consommation.

La Ligne 15 Sud comprend également deux sites industriels, à savoir le SMR de Champigny-sur-Marne et le SMI de Vitry-sur-Seine. Afin d'évaluer leurs consommations énergétiques, un facteur de 126 kWh/m²/an a été retenu pour le fonctionnement électrique général (éclairage, systèmes informatiques, etc.) et un facteur de 167 kWh/m²/an supplémentaire a été retenu pour les surfaces devant être chauffées.

Le tableau ci-dessous présente les estimations de consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement des gares et bâtiments techniques de la Ligne 15 Sud.

**Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques de la Ligne 15 Sud.**

| | |
|---|---|
| Consommation d'électricité des 16 gares de la Ligne 15 Sud | 16 320 MWh soit 1 400 tep |
| Consommation d'électricité du SMR et du SMI | 6 930 MWh soit 600 tep |
| Consommation de chauffage du SMR et du SMI | 4 590 MWh soit 350 tep |
| **Total** | **27 840 MWh soit 2 350 tep** |

Cette consommation des bâtiments de la Ligne 15 Sud représente environ 24% de la consommation globale des bâtiments du réseau du Grand Paris Express.

*Conclusion des besoins propres à l'infrastructure*

D'un point de vue des consommations énergétiques et sur la base des hypothèses détaillées précédemment, la Ligne 15 Sud présente une répartition de 69% des consommations énergétiques pour la traction et 31% pour le fonctionnement des gares et bâtiments techniques.

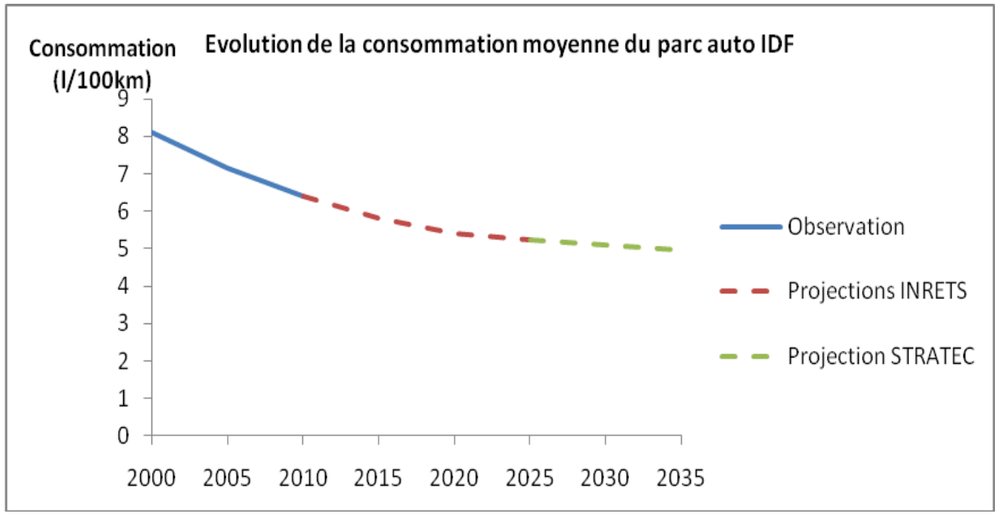
*b. Consommations liées à la circulation routière*

Le report d'une partie des déplacements de la route vers les transports en commun induit une réduction des distances totales parcourues (véhicules.kilomètres) par les usagers et donc une réduction des consommations.

Pour calculer la consommation globale des véhicules, il est nécessaire de tenir compte des projections de la consommation moyenne du parc automobile.

Les courbes de consommation ont été obtenues sur base des consommations moyennes du parc automobile et des objectifs du Grenelle pour 2050. La courbe de consommation est représentée dans la figure suivante.

Il faut noter, par ailleurs, que la diminution du nombre de véhicules circulant sur la route permet de réduire la congestion et donc d'accélérer les vitesses moyennes. Or la consommation des véhicules dépend de leur vitesse de circulation. En Ile-de-France, la vitesse moyenne de circulation des véhicules étant relativement faible, elle est généralement inférieure à la vitesse correspondant à l'optimum de consommation (environ 60 à 70 km/h). Une accélération globale sur le réseau permet donc un rapprochement de cet optimum, ce qui engendre une baisse de la consommation globale des véhicules (véhicules particuliers et poids lourds) en circulation.




**Evolution de la consommation moyenne du parc auto en IDF**[21]

Ainsi, pour évaluer les impacts de la Ligne 15 Sud sur les consommations énergétiques du trafic routier, il a été nécessaire de calculer les consommations totales des véhicules circulant sur chaque voirie du modèle de transport. En tenant compte des variations de flux et de vitesse, il a alors été possible de comparer les consommations globales du trafic routier en Ile-de-France dans une situation de référence (sans le projet) et dans une situation de projet (prenant en compte la Ligne

Les résultats présentés ci-après concernent l'horizon de la mise en service de la Ligne 15 Sud, c'est-à-dire 2020. Pour évaluer le bilan de la Ligne à plus long terme (depuis 2020 jusque 2035), les mêmes calculs ont été réalisés pour chaque année en tenant compte de la diminution des consommations des véhicules routiers. Ces résultats ont été intégrés dans le bilan 2020-2035 de la

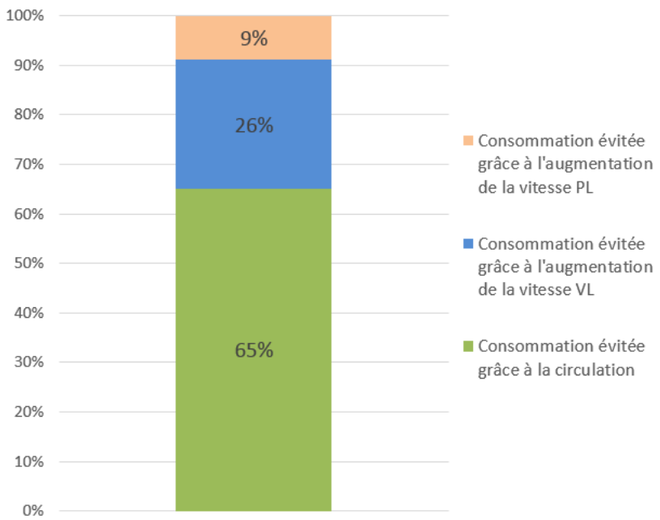
*[21] 2000-2010 : Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement, observations et statistiques, La consommation d'énergie et les émissions polluantes liées aux déplacements, http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr, 2012 ; 2010-2025 : INRETS : Directives et facteurs agrégés des véhicules routiers en France de 1970 à 2025 ; 2025-2050 : projection linéaire STRATEC pour atteindre 4,5l/100km en 2050.*

ligne mais, par souci de clarté, les chiffres annuels ne sont pas détaillés dans ce rapport.

**Résultats des gains énergétiques annuels liés aux variations des consommations du trafic routier engendrées par le projet à l'horizon 2020 en tonnes équivalent pétrole (tep)**

| | Impacts annuel du projet à l'horizon 2020 |
|---|---|
| Gains liés à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers | - 16 500 tep |
| Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers | - 6 600 tep |
| Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds | - 2 200 tep |
| Total | - 25 300 tep |

Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de 25 300 tep économisées annuellement. La diminution des distances parcourues est responsable de 65% de ce total tandis que la légère augmentation de la vitesse de circulation des véhicules particuliers est responsable de 26% et celle des poids lourds de 9%.

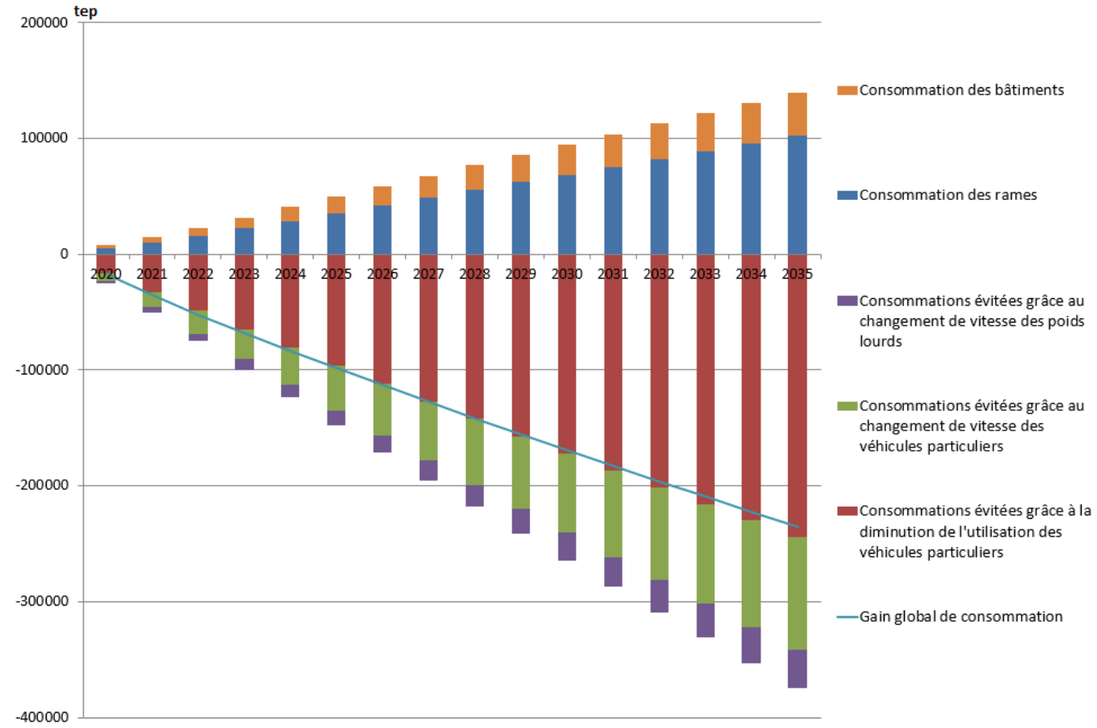



**Répartition annuelle des consommations évitées grâce à l'amélioration des conditions de circulation après mise en service de la Ligne 15 Sud (horizon 2020).**

*Synthèse*

L'énergie nécessaire à la traction du métro (5200 tep) et aux fonctionnements des gares et SMR/SMI (2350 tep) est donc largement compensée par l'énergie en moins consommée par le trafic routier (- 25 300 tep en 2020).

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. La figure révèle que le bilan énergétique de la Ligne 15 Sud est particulièrement bénéfique puisque les consommations évitées grâce aux améliorations du trafic routier surpassent largement les consommations induites par le fonctionnement du métro.




**Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service de la Ligne 15 Sud**

Ainsi, au total entre 2020 et 2035, plus de 102 milliers de tep seraient nécessaires à la traction des rames, ainsi que 38 milliers de tep au bon fonctionnement des bâtiments. A l'inverse, l'amélioration du trafic routier (diminution des distances parcourues et diminution de la congestion) permettrait d'éviter la consommation de 375 milliers de tep. Au final, la consommation générale d'énergie serait donc réduite de 235 milliers de tep entre 2020 et 2035, ce qui correspond à environ **-14 700 tep par an**, soit un gain énergétique global particulièrement important.

Ce résultats révèle, par ailleurs, que l'énergie nécessaire pour l'organisation du chantier (20 300 tep) sera faible en comparaison avec les gains induits en phase d'exploitation (-14 700 tep) et que l'énergie nécessaire au chantier sera donc rentabilisée en moins de deux années d'exploitation.

### c. *Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation*

L'analyse des impacts du projet montre que l'infrastructure aura un effet globalement positif sur les consommations énergétiques en Ile-de-France. Il n'y a donc pas lieu d'éviter de réduire ou de compenser les impacts du projet mais plutôt d'optimiser le projet de manière à maximiser ses effets positifs.

Des mesures d'optimisation du projet seront donc mises en place afin de réduire au maximum les consommations de l'infrastructure et de maximiser les gains liés au report modal.

En ce qui concerne la consommation de l'infrastructure, des choix stratégiques seront faits afin de réduire les besoins énergétiques du métro. La traction du métro représentant la majeure partie des consommations énergétiques de l'infrastructure, elle constitue un poste stratégique sur lequel une attention particulière sera portée. Il sera notamment envisagé d'utiliser un système de récupération de l'énergie cinétique au freinage. L'énergie cinétique dissipée lors des freinages représente, en effet, approximativement 40 % de la consommation énergétique. Les constructeurs ont donc mis en place des dispositifs de stockage d'énergie permettant de renvoyer celle-ci en ligne afin qu'elle soit utilisée par un autre train demandeur d'énergie. Ce système est d'autant plus efficace si le métro est automatique. En effet, l'optimisation des profils de vitesse et des tables horaires d'exploitation engendrent une utilisation optimum de l'énergie cinétique des véhicules. Or l'énergie cinétique dissipée des trains de la Ligne 15 Sud est élevée, de par les fréquences et les capacités conséquentes des métros du Réseau de Transport du Grand Paris d'où un potentiel d'action efficace. A Turin, Siemens a évalué à 33 % (projet VAL, Turin) l'économie d'énergie effectuée lors de l'automatisation du métro[22].

Bien que moins importante, la consommation des gares sera également être limitée au maximum. En termes de conception des bâtiments, le critère énergétique a été pris en compte dans la conception et l'isolation des bâtiments. L'utilisation de luminaires LED qui consomment moins d'électricité est également privilégiée tandis que les bâtiments voyageurs auront, dans la mesure du possible, de grandes baies vitrées, de larges ouvertures ou des verrières pour maximiser l'apport de lumière naturelle.

L'ensemble de ces mesures concernant à la fois l'amélioration du report modal et l'optimisation des consommations énergétiques liées au fonctionnement du métro devraient permettre d'augmenter sensiblement la différence entre les consommations nécessaires au métro et les gains liés au trafic routier et d'accentuer ainsi le bilan en faveur du projet.

*d. Coûts associés aux mesures*

Les coûts de ces différentes mesures sont très variables mais c'est leur critère de durabilité qui sera pris en compte dans le choix de la mise en œuvre ou non de ces mesures. Ainsi, la plupart de ces mesures devraient présenter des avantages, non seulement pour l'environnement, mais également du point de vue économique. Les coûts supplémentaires liés à ces mesures devraient donc être très faibles.

*e. Mesures de suivi*

Les performances énergétiques du projet pourront être suivies dans le temps via la mesure des consommations induites par le matériel roulant et les bâtiments. Ces mesures seront échelonnées dans le temps et confrontées d'une part aux estimations émises précédemment et d'autre part aux gains estimés liés au trafic routier. Ceci permettra d'apprécier l'impact énergétique global du projet.

La mise en place d'indicateurs liés au suivi de ces grandeurs constituera un moyen pertinent pour évaluer les performances énergétiques du projet. De tels indicateurs représenteront autant d'outils permettant un suivi efficace des consommations réelles et estimées, ainsi qu'une base de réflexion solide dans le but de mettre en œuvre de potentiels mesures de réduction des consommations.

[22] Metro automatique et économie d'énergie, Siemens, 2009

## 1.22.2 Energies renouvelables

Cette partie aborde la question du développement potentiel des énergies renouvelables au travers du projet et concerne donc essentiellement la phase exploitation. Elle vise également à présenter la synthèse des éléments du projet en rapport avec les éléments du Permis de Construire.

La Société du Grand Paris présentera dans le dossier du Permis de Construire de chaque ouvrage, l'analyse détaillée sur ce sujet. Les ouvrages concernés par cette procédure de permis de construire sont les gares et les sites de maintenance.

### *1.22.2.1 Rappel des besoins en énergie*

Comme l'a montré l'analyse précédente portant sur l'ensemble du projet, les besoins énergétiques nécessaires au fonctionnement de la Ligne 15 Sud sont principalement ceux de la traction du matériel roulant, de l'électricité utilisée dans les gares et les bâtiments techniques (éclairage, panneaux d'informations, machines diverses, etc.) et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

L'électricité est très largement dominante :

- il s'agit d'un métro électrique. Il est donc normal que la traction représente la plus grande part de l'énergie consommée. Elle représente à elle seule 69 % des consommations totales estimées.

- l'électricité représente aussi une part significative des consommations hors traction. En effet, la fonction d'éclairage est assurée entièrement par des appareils électriques. Les fonctions liées à l'exploitation du métro, en particulier la ventilation, la distribution des billets, les portiques de contrôles, les appareils liés aux fonctions d'alarme et de sécurité, sont assurées par des appareils fonctionnant à l'électricité.

- la plupart des fonctions annexes présentes dans les gares reposent sur l'énergie électrique : éclairage des boutiques, distributeurs alimentaires, etc.

Les autres types d'énergie sont quasiment absents dans le fonctionnement actuel des métros existants.

Les énergies fossiles ne sont utilisées que pour produire de l'électricité en cas de défaillance de l'alimentation par le réseau. Elles sont essentiellement utilisées dans des groupes électrogènes dont la mission est de faire fonctionner certains appreils permettant la mise en sécurité des personnes présentes.

### *1.22.2.2 Faisabilité de l'utilisation des énergies renouvelables – analyse générale*

La mise en œuvre des énergies renouvelables dans le projet de métro du Grand Paris Express peut se concevoir a priori selon deux angles de vue :

- **Les ouvrages produisent de l'énergie renouvelable pouvant être consommée dans l'exploitation du projet**. Cette production doit à la fois produire une énergie consommable (de l'électricité principalement) et être réalisée dans des conditions compatibles avec les exigences de tous types de l'exploitation d'un métro : sécurité, Etablissement Recevant du Public, milieu souterrain confiné, disponibilité en ventilation et aération limitée ;

- **les ouvrages consomment de l'énergie renouvelable produite par ailleurs** : à défaut de production d'énergie, cette solution encourage la filière de production des énergies renouvelables.

*a. Production d'énergie au niveau des ouvrages du projet*

De manière générale, les ouvrages du projet sont peu adaptés à une production d'énergie de type renouvelable. En effet :

- L'infrastructure se trouvant principalement en sous-terrain, les surfaces émergeantes pouvant profiter de l'énergie solaire (thermique ou photovoltaïque) ou de l'énergie éolienne sont très limitées et n'offrent donc qu'un potentiel restreint, limité à quelques ouvrages ayant des émergences de grande taille (sites de maintenance, gares de Villejuif IGR et de Noisy-Champs) ;

- Ni l'énergie d'origine hydraulique, ni les énergies issues de combustion (biomasse ou biogaz) ne sont réellement envisageables dans une infrastructure souterraine recevant du public dans un espace réduit et confiné. L'emploi de ces énergies supposerait la mobilisation de volumes supplémentaires pouvant être significatifs, en partie liés à des considérations de sécurité de l'infrastructure (risque d'inondation par fuite du système hydraulique, risque d'explosion et/ou d'émissions de fumées toxiques).

Le seul type d'énergie renouvelable qui est potentiellement adapté à un projet souterrain concerne les échanges de chaleur avec des circulation d'eau, comme la géothermie, les pompes à chaleur et le réseau de chauffage urbain. Les secteurs les plus favorables à la géothermie, déjà fortement sollicités, sont la nappe de la craie dans la boucle de Boulogne-Billancourt et la nappe du Calcaire grossier (sous alluvions) dans le secteur de Vitry-sur-Seine / Alfortville. En ce qui concerne le réseau de chauffage urbain, c'est la proximité du réseau qui rend le secteur favorable.

Malgré le potentiel de production d'énergie renouvelable assez limité du projet, une étude d'approvisionnement en énergie a été réalisée pour chaque gare ainsi que pour le SMR de Champigny, analysant aussi bien la disponibilité des ressources en énergies renouvelables que la faisabilité technique et le potentiel de production. Le tableau suivant synthétise les résultats de ces analyses pour chacune des gares de la Ligne 15 Sud. La partie analyse détaillée au chapitre suivant présente des éléments complémentaires pour chaque gare.

Il ressort de cette étude que 8 gares présentent des sites favorables à très favorables à la mise en place de systèmes de récupération de l'énergie géothermique : Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy Vanves Clamart, Villejuif IGR, Villejuif Louis Aragon, Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil l'Echat, et Noisy Champs.

Ces gares doivent ainsi faire l'objet d'études plus approfondies en phase projet pour préciser leurs potentiels et la possibilité de la mise en place de structures thermoactives.

L'étude a également testé le potentiel des sections en tunnel dont il est ressort que deux zones de tunnel devraient faire l'objet d'une étude plus approfondie (techniques de construction, besoins énergétiques de proximité, …) pour la mise en place de voussoirs thermoactifs (tubes échangeurs de chaleur) :

- entre les gares de Créteil l'Echat et de Vitry Centre (3 inter-stations – environ 6 km) ;
- entre les gares d'Issy RER et de Pont de Sèvres (1 inter station).

Les études de faisabilité à venir permettront de consolider les résultats de l'étude sur le potentiel ENR et ainsi déterminer la nature des aménagements retenus.

Bien que l'étude confirme que le potentiel de production d'énergie solaire photovoltaïque est limité, la technologie sera néanmoins utilisée dès que possible, sur les toits des gares, lorsque les surfaces seront suffisantes, ainsi que sur les bâtiments des sites de maintenance. En effet, ces derniers sont des bâtiments industriels de grande superficie (plusieurs milliers de mètres-carrés), donc présentant une surface potentiellement intéressante pour des panneaux solaires.

La production d'énergie renouvelable est donc intéressante car elle permettra, à son échelle, de participer à l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique de l'Ile-de-France et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, la production potentielle du projet reste très limitée par rapport aux besoins relativement élevés nécessaires au fonctionnement du métro.

**Synthèse des possibilités d'approvisionnement en énergies renouvelables des différentes gares et du SMR de la Ligne 15 Sud.**

| Gare | Solaire thermique | Solaire photovoltaïque | Chaudière bois ou biomasse | Chaudière à condensation | Eolien | Réseau urbain | Pompe à chaleur sur air | Pompe à chaleur sur nappe | Pompe à chaleur sur sondes | Pompe à chaleur sur parois moulée | Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels | Groupe à absorption | Cogénération | Récupération de chaleur sur eaux grises |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pont de Sèvres** | + | + | - | + | - | ++ | ++ | ++ | ++ | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Issy RER** | - | - | - | + | - | - | ++ | ++ | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Fort d'Issy-Vanves-Clamart** | - | - | - | + | - | ++ | ++ | - | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Châtillon-Montrouge** | -/+ | -/+ | - | + | - | Réseau en projet ++ | ++ | - | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Bagneux** | - | - | - | + | - | Réseau en travaux ++ | + | - | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Arcueil Cachan** | - | - | - | - | - | ++ | ++ | ++ | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Villejuif IGR** | - | - | - | + | - | ++ | ++ | - | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Villejuif Louis Aragon** | - | - | - | + | - | ++ | ++ | - | + | - | - | + | + | + (réc. passive) |
| **Vitry Centre** | - | - | - | - | - | ++++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + (réc. passive) |
| **Les Ardoines** | + | + | - | ++ | + | ++++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **Vert de Maisons** | + | + | - | ++ | + | NC | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **Créteil l'Echat** | - | - | - | ++ | - | ++++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + (réc. passive) |
| **Saint Maur Créteil** | - | - | - | ++ | - | - | +++ | - | ++ | ++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **Champigny Centre** | + | + | - | ++ | + | -/+ | +++ | - | ++ | ++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **Bry-Villiers Champigny** | + | + | - | ++ | + | -/+ | +++ | - | ++ | ++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **Noisy-Champs** | - | - | - | + | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | + (réc. passive et active) |
| **SMR** | ++ | ++ | - | + | - | - | NC | ++ | NC | NC | NC | NC | NC | NC |

Au vu du potentiel ENR synthétisé dans le tableau ci-dessus :

- Gare Pont-de-Sèvres : la solution réseau de chaleur urbain et les solutions de pompe à chaleur sont les plus favorables.
- Gare Issy RER : les solutions de pompe à chaleur sont les plus favorables.
- Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Chatillon-Montrouge : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare de Bagneux : la solution réseau de chaleur urbain est la plus favorable.
- Gare Arcueil-Cachan : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Villejuif IGR : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Villejuif Louis Aragon : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Vitry-centre : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Les Ardoines : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Vert-de-Maisons : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Créteil L'Echat : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Saint-Maur Créteil : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Champigny centre : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Bry-Villiers-Champigny : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Noisy-Champs : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- SMR Champigny : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.

Ces solutions ENR feront donc l'objet d'une étude de faisabilité spécifique au cours des phases suivantes du projet de la Ligne 15 sud.

b. <u>Utilisation d'énergie renouvelable produite par ailleurs</u>

La part des énergies renouvelables en l'Ile-de-France reste assez limitée puisqu'elle représente actuellement moins de 5% des consommations finales. Les principales filières d'énergies renouvelables utilisées en région Ile-de-France sont (source SRCAE 2009) :

- Les pompes à chaleur aérothermiques et géothermiques sur les bâtiments, pour des usages de chaleur ou de climatisation dans le tertiaire, représentent une production renouvelable de près de 3 850 GWh/an.
- La biomasse, essentiellement utilisée en maison individuelle, et comme chauffage d'appoint, représente une production renouvelable de près de 3 190 GWh/an en individuel. Les chaufferies collectives, sur réseau de chaleur ou hors réseaux de chaleur, ne représentent qu'une part marginale du bilan.
- La récupération de chaleur et la production d'électricité à partir des Unités d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) représentent une production de 3 563 GWh/an.
- La production de chaleur sur réseaux par géothermie représente une production de 1 035 GWh/an.

Cette part est toutefois en augmentation significative avec le développement de projets importants en géothermie et le développement du réseau de chauffage urbain.

L'énergie d'origine solaire se développe également mais dans de moindres proportions. L'usage des toitures est concurrencé par les toitures végétalisées qui permettent de remplir d'autres fonctions.

Les autres types d'énergies renouvelables donnent lieu à des productions anecdotiques au niveau régional (55GWh pour le solaire photovoltaique, 37 GWh pour l'énergie hydraulique, 20 GWh pour l'éolien et 18,8.GWh pour le solaire thermique)[23].

L'électricité consommée pour l'essentiel des besoins de fonctionnement de l'infrastructure ne sera donc que très partiellement issue d'origines renouvelables. Par ailleurs, la seule ressource renouvelable externe potentiellement utilisable serait une connexion aux réseaux de chaleur urbaine (notamment de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU)). Ces réseaux font circuler de la vapeur d'eau sous pression chauffée par plusieurs types d'énergie, dont l'incinération d'ordures ménagères. A nouveau, la part du chauffage dans les consommations est faible et l'impact sur la part des énergies renouvelable serait très faible mais cela reste tout de même intéressant. Les bâtiments qui pourraient être connectés à de tels réseaux sont les gares du Pont de Sèvres, de Fort d'Issy Vanves Clamart, Châtillon-Montrouge, Bagneux M4, Arcueil Cachan, Villejuif IGR, Villejuif Louis Aragon, Vitry Centre, Les Ardoines et Créteil l'Echat ainsi que le SMR (mais la connexion n'est pas envisagée au stade actuel).

### *1.22.2.3 Faisabilité de l'utilisation des énergies renouvelables – analyse détaillée*

Ce chapitre a pour vocation d'apporter des précisions au niveau de chaque ouvrage étudié par rapport aux éléments ci-dessus.

Les éléments présentés restent d'approche générale. Ils ne sont compréhensibles que si les caractéristiques de chaque ouvrage sont connues, donc si le lecteur dispose de la pièce B2 consacrée à la description du projet.

---

[23] *Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France 2014, Consommations finales 2009 et production d'énergies renouvelables 2012.*

Les données disponibles ne permettent pas de réaliser complètement l'étude de faisabilité du potentiel de développement des ENR au sens réglementaire du terme (article L128-4 du code d el'urbanisme, issu de l'article 8 de la Loi Grenelle 1 du 1er juillet 2009) :

- Le calcul des besoins énergétiques reste général et est soumis à de très nombreuses incertitudes liées à des choix de conception et d'exploitation non encore réalisés – Les éléments généraux disponibles ont été donnés ci-dessus.

- L'évaluation du potentiel d'utilisation des énergies renouvelables est l'objet principal du présent chapitre,

- L'élaboration d'un ou des scénarios énergétiques n'est pas envisageable au stade actuel de définition des ouvrages et de leur fonctionnement.

Les études complémentaires à venir, qu'elles soient de conception des ouvrages ou de conception du fonctionnement et de l'exploitation de ces ouvrages, permettront de définir précisément les solutions « ENR » retenues, donc de répondre pleinement aux exigences réglementaires.

Pour chaque ouvrage pris en compte, un tableau spécifique d'adéquation des différents types de ressource énergétique envisagés est présenté. Ce tableau présente la justification du potentiel en fonction des caratéristiques de l'ouvrage.

La colonne intérêt du concept ou intérêt de la solution repose sur le code suivant :

- Tiret rouge : solution non intéressante ou peu pertinente,

- Croix rouge : solution présentant peu d'intérêt ou de pertinence limitée,

- Croix vertes : solution présentant un intérêt certain ou pertinente,

- Croix bleues : solution présentant un grand intérêt ou très pertinente.

Le stade actuel de définition des études ne permet pas de dire, lorsque une ou plusieurs solutions sont très pertinentes, si elles seront utilisées ou comment, ni à quel niveau d'intégration, elles seraient utilisées.

**Gare de PONT-DE-SEVRES**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable en ayant recours à la toiture de l'émergence « accès secondaire ». | + |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | + |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant proche. | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | OUI | La densité de réseaux existants sur la zone, rendent ce concept très contraignant. | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | La densité de réseaux existants sur la zone, rendent ce concept très contraignant. | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | NON | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Pont de Sèvres – Source Société du Grand Paris**

**Gare de ISSY-RER**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| Solaire thermique | OUI | Pas de toiture disponible sur cette gare. | |
| Solaire photovoltaïque | OUI | Pas de toiture disponible sur cette gare. | - |
| Chaudière bois ou biomasse | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| Chaudière à condensation | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage. | + |
| Éolien | OUI | Pas de toiture disponible sur cette gare. | - |
| Réseau urbain | NON | Pas de réseaux urbains identifiés à proximité. | - |
| Pompe à chaleur sur air | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | ++ |
| Pompe à chaleur géothermique sur nappe | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| Pompe à chaleur géothermique sur sondes | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable. | - |
| Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable. | - |
| Groupe à absorption | OUI | Envisageable pour production simultanée de chaleur (chauffage, ECS) et de rafraichissement. | + |
| Cogénération | OUI | Envisageable pour production chaleur (chauffage, ECS) et électricité simultanée. | + |
| Récupération de chaleur sur eaux grises | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Issy RER – Source Société du Grand Paris**

**Gare de FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | NON | Pas de nappe exploitable. | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Source Société du Grand Paris**

**Gare de CHATILLON-MONTROUGE**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | -/+ |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | -/+ |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau en projet | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | NON | Pas de nappe exploitable | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Chatillon-Montrouge – Source Société du Grand Paris**

**Gare de BAGNEUX**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Création d'un réseau à l'horizon 2016. | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | NON | Pas de nappe exploitable | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable. | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Bagneux – Source Société du Grand Paris**

**Gare de ARCUEIL-CACHAN**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant proche. | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Arcueil-Cachan – Source Société du Grand Paris**

**Gare de VILLEJUIF IGR**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | NON | Pas de nappe exploitable | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif IGR – Source Société du Grand Paris**

**Gare de VILLEJUIF LOUIS ARAGON**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt du concept |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Architecture de la gare non-favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville | ++ |
| **Pompe à chaleur sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement. | ++ |
| **Pompe à chaleur géothermique sur nappe** | NON | Pas de nappe exploitable | - |
| **Pompe à chaleur géothermique sur sondes** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement | + |
| **Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable | - |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable. | - |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée. | + |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif Louis Aragon – Source Société du Grand Paris**

## Gare de VITRY CENTRE

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Eolien** | OUI | Architecture et environnement de la gare non favorable | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | ++++ |
| **Pompe à chaleur géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Pompe à chaleur Sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Récupération passive envisageable pour production d'ECS ou chauffage mais ressource très limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif Louis Aragon – Source Société du Grand Paris**

## Gare des ARDOINES

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable pour production ECS uniquement. | + |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | + |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | + |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | -/+ |
| **Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | ++ (-) |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare des Ardoines – Source Société du Grand Paris**

## Gare de VERT DE MAISONS

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable pour production ECS uniquement. | + |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | + |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | + |
| **Réseau urbain** | INCONNU | | |
| **Pompe à chaleur géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Vert de Maisons – Source Société du Grand Paris**

## Gare de CRETEIL L'ECHAT

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | ++++ |
| **Pompe à chaleur géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Pompe à chaleur Sur air** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Récupération passive envisageable pour production d'ECS ou chauffage mais ressource très limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Créteil L'Echat – Source Société du Grand Paris**

**Gare de SAINT MAUR CRETEIL**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable pour production ECS uniquement. | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | - |
| **Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | ++ (-) |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Saint-Maur-Créteil – Source Société du Grand Paris**

**Gare de CHAMPIGNY CENTRE**

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable pour production ECS uniquement. | + |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | + |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | + |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | -/+ |
| **Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | ++ (-) |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Champigny-Centre – Source Société du Grand Paris**

## Gare de BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Envisageable pour production ECS uniquement. | + |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Envisageable pour production d'électricité. | + |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Encombrement et contraintes d'exploitation importants. | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | ++ |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | + |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | -/+ |
| **Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ (-) |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Bry-Villiers-Champigny – Source Société du Grand Paris**

## Gare de NOISY-CHAMPS

ECS : Eau Chaude Sanitaire

| Systèmes étudiés | Disponibilité des ressources | Commentaires | Intérêt de la solution |
|---|---|---|---|
| **Solaire thermique** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Solaire photovoltaïque** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Chaudière bois ou biomasse** | OUI | Architecture de la gare non favorable | - |
| **Chaudière à condensation** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. | + |
| **Eolien** | OUI | Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée. | - |
| **Réseau urbain** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche. | - |
| **Pompe à chaleur géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Pompe à chaleur non-géothermique** | OUI | Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement. | +++ |
| **Groupe à absorption** | OUI | Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement. | + |
| **Cogénération** | OUI | Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée. | + |
| **Récupération de chaleur sur eaux grises** | OUI | Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée. | + |
| **Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels** | OUI | Envisageable pour production de chauffage. | ++ |

**Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Noisy-Champs – Source Société du Grand Paris**

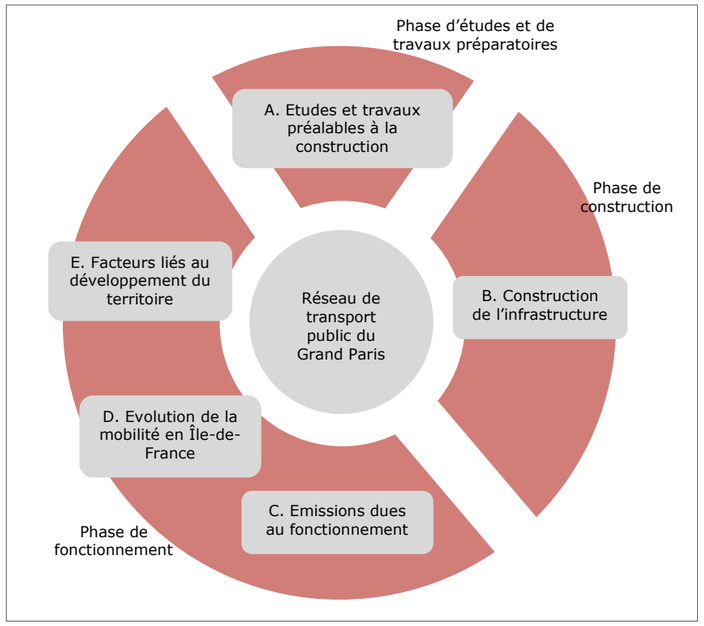
### 1.22.3 Emissions de gaz à effets de serre

#### *1.22.3.1 Rappel des enjeux*

L'importance de la population et des activités en Ile-de-France font de cette région un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre. Selon le Bilan Carbone® expérimental réalisé en 2006, l'empreinte carbone de la région s'élève à 38,5 millions de tonnes équivalent carbone par an. Les trois postes d'émissions les plus importants sont le secteur des transports, le résidentiel et le tertiaire.

Un projet d'infrastructure de transport tel que celui de la Ligne 15 Sud ayant des incidences majeures sur la mobilité mais également sur la structure urbaine, représente donc un enjeu très important pour les émissions de gaz à effet de serre. L'importance de cet enjeu est renforcée par les engagements ambitieux de la France et de l'Ile-de-France en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'objet de ce chapitre est d'évaluer l'impact du projet sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les changements climatiques qu'elles induisent. La méthodologie de calcul a fait l'objet d'un long développement spécifique afin de tenir compte de l'ensemble des impacts qu'une infrastructure de l'envergure de celle du Réseau de Transport du Grand Paris peut causer. La méthodologie est synthétisée brièvement ci-dessous. Pour plus de détails, il est recommandé au lecteur de consulter le rapport détaillé spécifique à cette méthodologie (Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de $CO_2$ induites par la réalisation du Réseau de Transport du Grand Paris).




**Principales catégories de postes d'émissions en fonction des différentes phases de réalisation du projet**

Afin d'étudier les émissions de GES, le projet est divisé en cinq grandes thématiques qui représentent les phases du projet. Les émissions correspondantes aux activités induites par ces différentes phases sont calculées en multipliant les données relatives aux activités concernées par des facteurs d'émissions afin de les traduire en émissions de GES exprimées en tonnes équivalent $CO_2$.

Les facteurs d'émissions sont issus de différentes sources internationales, telles que le *Guide des* facteurs d'émissions V6.1, ADEME 2010, et du rapport Guidelines to Defra/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting, Defra & DECC, 2011. Certains facteurs d'émissions ont également été calculés ou adaptés pour correspondre le mieux possible à la situation réelle de l'Ile-de-France. Pour un complément d'information, se référer au rapport complet, et plus particulièrement à la phase 2 de celui-ci qui s'attache à l'Identification des valeurs de référence en téq $CO_2$ pour les différents postes et élaboration de l'outil de calcul des bilans.

#### *1.22.3.2 Impacts et mesures en phase chantier*

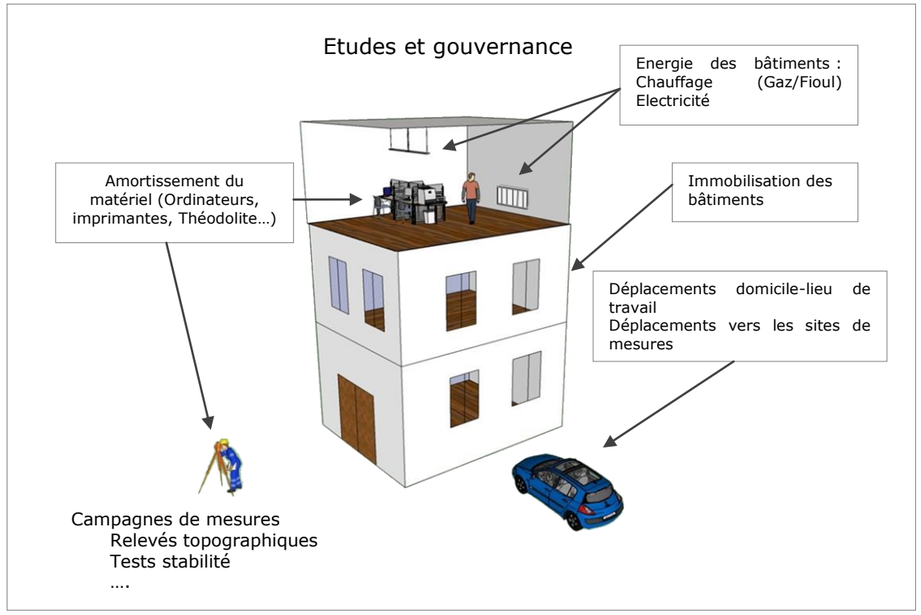
En phase chantier, l'enjeu principal se situera dans les méthodes de constructions et les types de matériaux utilisés : il s'agira de choisir les techniques les moins émissives possibles et de réduire les émissions liées à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

*a. Impacts directs et indirects*

*Etudes et travaux préalables à la construction*

La réalisation de projets majeurs d'infrastructures de transport requiert de nombreuses concertations, études et travaux préparatoires (figure suivante), et notamment les études d'intérêt socio-économiques, les études d'incidences environnementales, les débats et enquêtes publics, les études géotechniques, les études de génie civil, etc. L'initiation et le suivi du projet nécessitent également un important travail de gouvernance.

Sur base des estimations des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance, les émissions correspondantes aux études préalables de la ligne à l'étude ont été évaluées à 17 700 téq $CO_2$ (soit environ 12% de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris).




**Représentation des postes d'émissions lors de la phase d'études et de travaux préalables. (Source : Stratec).**

*Construction de l'infrastructure*

Comme défini plus en détails dans le rapport méthodologique spécifique, la quantification des émissions de GES de la construction prend en compte :

- Les émissions de GES liées à l'énergie consommée par les différents outils mis en œuvre pour le creusement des tunnels, l'évacuation des déblais et la mise en place des remblais ;
- Les émissions de GES dues à la fabrication des matériaux consommés pour les différents ouvrages construits : les bétons et les ciments en part prépondérante, mais également les métaux, la chaux et les autres matériaux (ou ensemble de matériaux) tels que les ponts routiers ou ferroviaires ;
- Les émissions de GES dues aux transports des personnes travaillant sur les chantiers ainsi que celles liées au fret des matériaux consommés et des déblais ;
- Les émissions de GES liées au changement d'usage des sols.

Le croisement des flux d'émissions et des flux d'activité permet une représentation matricielle des émissions de GES. Le tableau suivant en est un exemple.

**Flux d'émissions et flux d'activité de la quantification des émissions de gaz à effets de serre liées à la construction de la Ligne 15 Sud**

| | | Tunnels par tunnelier | Tranchées couvertes | Ouvrages d'art aériens | Sections de surface | Equipements ferroviaires | Bâtiments, quais et voirie | Organisation du chantier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Km de dble voie*** | ***34*** | ***0*** | ***0*** | ***1*** | ***34*** | | |
| tCO2e | Energie, déblais et re | 6.420 | 0 | 0 | 135 | 0 | 6.260 | 950 |
| | Bétons, ciments | 523.000 | 0 | 0 | 0 | 22.900 | 0 | 0 |
| | Métaux | 0 | 0 | 0 | 0 | 84.300 | 0 | 0 |
| | Chaux | 0 | 0 | 0 | 290 | 0 | 0 | 0 |
| | Autres matériaux | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77.600 | 0 |
| | Transport et fret | 53.700 | 0 | 0 | 389 | 1.880 | 18.100 | 56.300 |
| | Changement usage d | 0 | 0 | 0 | 119 | 0 | 0 | 0 |
| | **TOTAL** | **583.000** | **0** | **0** | **933** | **109.000** | **102.000** | **57.300** |
| | | **852.000** | | | | | | |
| | **Par km de dble voie (33,5)** | **17.400** | **0** | **0** | **28** | **3.260** | **3.040** | **1.710** |
| | | **25.400** | | | | | | |

Tout comme pour l'approche au niveau global, la méthodologie utilisée pour réaliser la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 15 Sud s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®.

La plupart des informations nécessaires à la quantification des émissions liées à la construction se trouvent dans les rendus produits pour le projet lors des études de faisabilité.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

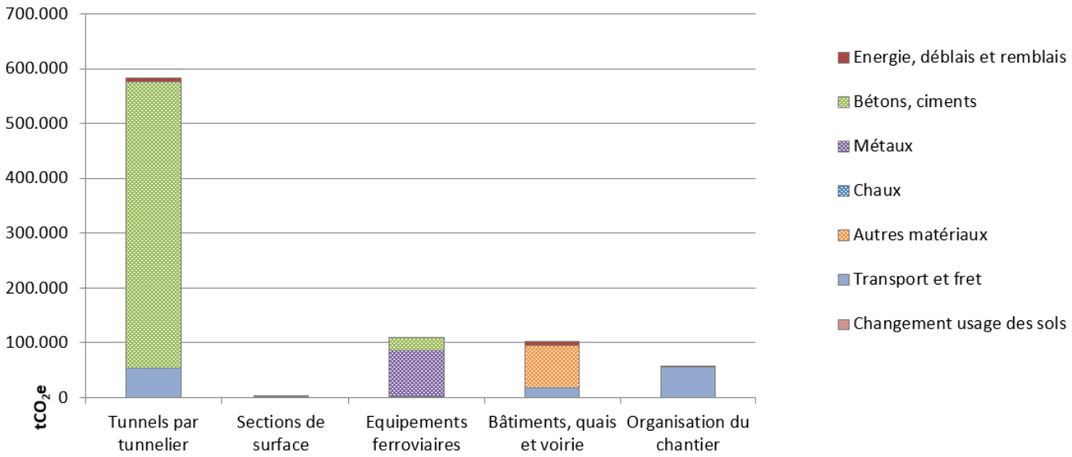
- La longueur de voie à réaliser est d'environ 34 km. Les parties courantes sont réalisées au tunnelier et sont de type monotube.
- Le nombre de gares en incluant les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs est de 16.
- Matériel roulant : il s'agit de trains sur fer composés de 6 voitures.

Le traitement des informations collectées a ainsi permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des parties de la ligne. Les valeurs sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent.

**Emissions globales et par km de voie liées à la construction.**

| | |
|---|---|
| **Emissions globales (téq $CO_2$)** | **852 000** |
| **Emissions par km (téq $CO_2$/km)** | **25 400** |

Le graphique suivant présente le croisement des flux d'émissions avec les flux d'activité.




**Emissions de GES, en téq. $CO_2$, par type d'activité et par type de flux d'émissions pour la Ligne 15 Sud**

Le flux prépondérant reste les émissions de GES engendrées par la production du béton et/ou du ciment. En effet, les quantités de ces matériaux qui sont mises en œuvre sont très importantes et cet effet de masse se combine avec un procédé de fabrication très émetteur de GES pour le béton et le ciment.

*b. Mesures – importance des choix techniques*

Lors de la construction (et en amont lors des études de faisabilité et de la maitrise d'ouvrage), les choix techniques des processus de construction et des matériaux sont cruciaux. En effet, la phase de construction est un poste d'émissions très important du projet.

Ces choix techniques constituent donc des leviers permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre du projet. En ce qui concerne le creusement par tunnelier, la qualité des voussoirs et les caractéristiques du radier influencent notamment les émissions de GES.

Tout au long de la conception du projet, les choix techniques évoqués précédemment seront donc réalisés de manière éclairée du point de vue des émissions de gaz à effet de serre. L'outil CarbOptimum® développé notamment à cet effet, sera utilisé afin d'évaluer les impacts de ces choix sur les émissions de gaz à effet de serre, et incarnera un outil pertinent permettant de réaliser un suivi dans le temps.

### *1.22.3.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation*

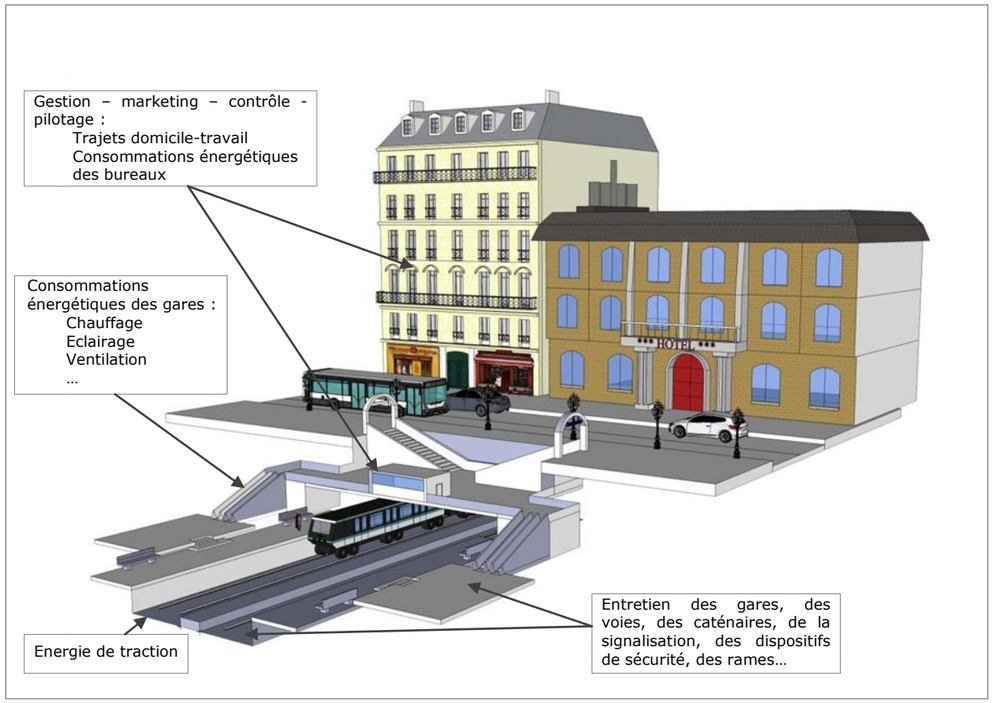
Lors des choix de conception du métro et des gares, l'enjeu sera également de favoriser un matériel roulant et des bâtiments durables et économes afin de limiter les émissions de gaz à effets de serre en phase d'exploitation.

A proximité des gares, il s'agira de mettre en place des mesures visant à assurer une urbanisation durable en densifiant le bâti.

Enfin en termes de mobilité, les enjeux sont également nombreux et consistent principalement à favoriser le report modal de la voiture particulière particulièrement défavorable du point de vue des émissions de gaz à effet de serre au profit des transports en commun largement plus économes.

De nombreux flux de carbone sont liés au fonctionnement des infrastructures de transport. Il s'agit principalement de la consommation d'énergie et de tous les intrants liés au fonctionnement des trains et des gares :

- L'énergie de traction, nécessaire au mouvement des trains : les rames de transport de voyageurs sont mues en recourant à l'électricité. Les différentes fonctions à bord sont assurées par cette même énergie, parfois transformée (air comprimé pour le freinage, chaleur ou froid pour le confort thermique, etc.).
- La consommation en énergie des gares (éclairage, chauffage, ventilation, etc.) ; les bâtiments d'accueil du public, de gestion et techniques (atelier de maintenance…) consomment également de l'électricité et éventuellement des combustibles.
- Les émissions induites par toutes les activités de gestion, de marketing, de contrôle, de pilotage, etc. Ces émissions concernent la plupart des postes mentionnés dans les études préalables à la construction de l'infrastructure, c'est-à-dire : les trajets domicile-travail des employés, les consommations énergétiques des bureaux, l'amortissement du matériel et de l'immobilier ; le personnel travaillant au fonctionnement de l'infrastructure (agents de conduite, agents de maintenance, régulateurs…) induisent des déplacements quotidiens pour se rendre à leur travail et en repartir.
- Les émissions liées à l'entretien et renouvellement de l'infrastructure : L'infrastructure ferroviaire, les bâtiments et le matériel roulant demandent un entretien continu tout au long de leur durée de vie avec des consommations de pièces détachées, de produits d'entretien, etc. Des opérations plus lourdes de rénovation ou de renouvellement sont parfois aussi nécessaires.




**Représentation des postes d'émissions de l'infrastructure en fonctionnement. (Source : Stratec)**

*Emissions liées à l'énergie nécessaire à la traction*

Ces émissions se basent sur la consommation énergétique du métro, qui est calculée en fonction du nombre de voitures.kilomètres parcourus (voir la partie relative à l'énergie pour plus d'informations), et qui est ici converti par le facteur d'émissions de l'énergie électrique.

Les émissions liées à l'énergie de traction du projet s'élèvent à 4 000 teq $CO_2$ en 2020, et les émissions cumulées s'élèvent à 140 000 teq $CO_2$ à l'horizon 2050.

*Emissions liées à l'énergie nécessaire aux bâtiments*

Les émissions de GES liées à la consommation énergétique des gares, et des bâtiments techniques (maintenance) sont issues des estimations de consommations d'énergie moyennes de ces bâtiments, comme dans la partie relative à l'énergie.

Les émissions de $CO_2$ de l'utilisation des bâtiments sont de 2 600 teq $CO_2$ en 2020.

*Activités de gestion, de marketing, de pilotage, d'entretien*

Les émissions du projet liées aux activités de gestion ont été évaluées sur base des budgets prévisionnels pour de ces activités. Elles s'élèvent à 5 300 teq $CO_2$ en 2020.

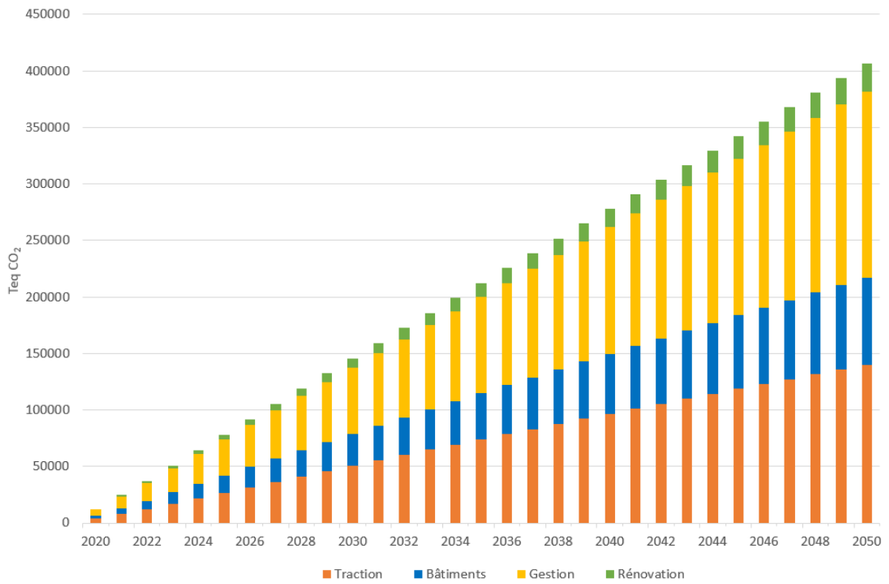
*Emissions liées au renouvellement du matériel et aux opérations lourdes de rénovation*

Une infrastructure de transport telle que celle du projet aura une durée de vie très longue que l'on peut considérer comme égale ou supérieure à 100 ans. Cependant, pour maintenir l'infrastructure dans un état optimal de fonctionnement, un renouvellement de certains équipements ferroviaires (rails, caténaires…) et des opérations de rénovations des bâtiments (gares, locaux techniques…) devront être réalisés. Les émissions liées à ces opérations ont donc été prises en compte en considérant une durée de vie moyenne des matériaux concernés de 45 ans. Les émissions associées ont ainsi été réparties uniformément au cours du temps dès l'année suivant la mise en service du projet. Ainsi, les émissions de rénovation pour la Ligne 15 Sud ont été évaluées à 820 téq $CO_2$ par an à partir de 2021.

*Résultats globaux liées au fonctionnement de l'infrastructure*

Le graphe suivant regroupe l'ensemble des émissions cumulées liées au fonctionnement de l'infrastructure : les émissions dues à l'énergie nécessaire à la traction du métro, à l'énergie des bâtiments, aux activités de gestion et à l'entretien.

Les résultats montrent que la gestion est le premier poste responsable des émissions de GES (41%), devant la traction (34%), le fonctionnement des bâtiments (19%) et la rénovation lourde (6%).




**Emissions (téq $CO_2$) cumulées par poste de fonctionnement pour le projet.**

*Réduction d'émissions liée au report modal de la voiture vers les transports publics*

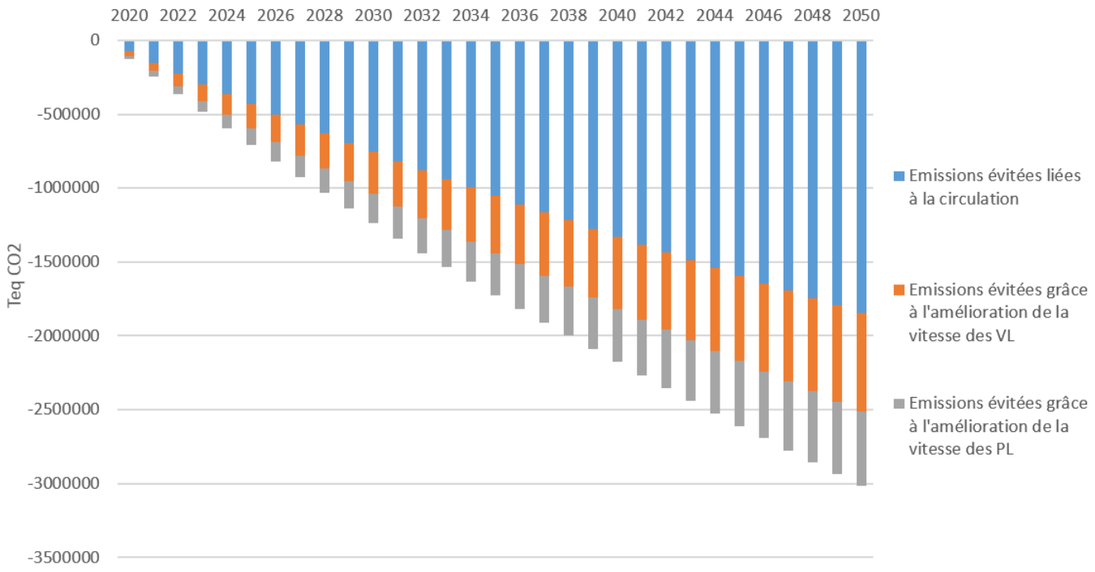
De par sa nature, le projet vise à améliorer la mobilité en Ile-de-France et à induire un report modal de la route vers les transports en commun. Ce report modal permettra une réduction de l'utilisation de la voiture particulière et donc des émissions qui en découlent.

Comme lors de l'estimation des gains énergétiques, deux effets principaux du projet de métro sur le trafic routier et sur les émissions de $CO_2$ sont constatés :

- Une diminution des distances parcourues correspondant à une réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation de carburant et à l'usure des véhicules ;
- Une augmentation de la vitesse moyenne des véhicules (légers et poids lourds) sur le réseau qui induit généralement une diminution des consommations (excepté sur les axes rapides et non saturés où l'augmentation peut être à l'origine d'émissions supplémentaires).

L'impact sur les distances parcourues a été évalué sur base des résultats du modèle de transport. Ce même modèle a également permis de déduire les vitesses moyennes de parcours sur les différents axes du réseau et d'estimer, les consommations moyennes en situation de référence et en situation de projet en tenant compte des effets de congestion.

La figure suivante représente les émissions évitées cumulées grâce à la mise en service de la Ligne 15 Sud au cours du temps. Ils mettent en évidence la distinction entre les émissions liées aux distances parcourues et les émissions liées aux vitesses des véhicules.




**Cumul des émissions évitées (téq $CO_2$) liées au trafic routier suite à la mise en service de la Ligne 15 Sud.**

En 2020, ce sont environ 76 400 téq $CO_2$ évitées grâce à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers, 29 200 téq $CO_2$ évitées grâce à l'augmentation des vitesses des véhicules particuliers et 19 100 téq $CO_2$ évitées grâce à l'augmentation des vitesses des poids lourds. Ces gains annuels diminuent légèrement au cours du temps car le parc automobile devient plus efficace du point de vue énergétique mais au total entre 2020 et 2050, ce sont 3 017 000 téq $CO_2$ évitées grâce au report modal de la route vers les transports en commun.

*Impact sur le développement territorial*

L'Evaluation Stratégique Environnementale et l'étude méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud et des mesures d'accompagnement adaptées est susceptible de créer des gains d'émissions de $CO_2$ non négligeables qui se traduiraient sous les formes suivantes :

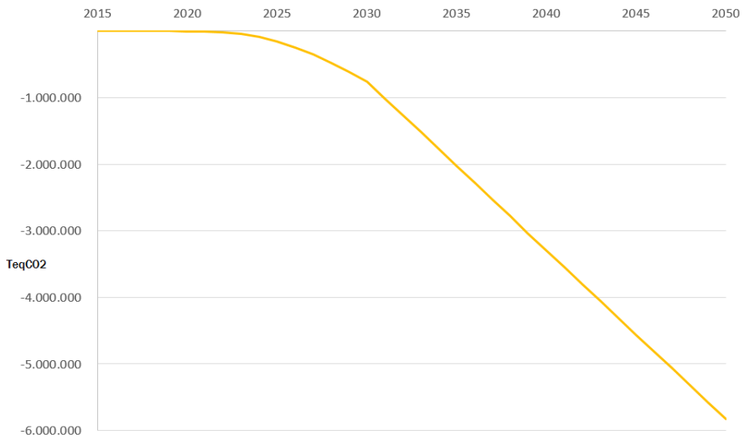
- au niveau de la forme urbaine du bâti, en lien avec la densification du résidentiel et du tertiaire qui induit, notamment, des besoins en infrastructures de desserte (VRD) et une consommation moindre d'espaces vierges ;
- au niveau des performances énergétiques du bâtiment : l'urbanisation liée au projet est l'occasion d'entraîner un mouvement important de rénovations et de démolitions/reconstructions. Le renouvellement du parc bâti donne lieu à des bâtiments énergétiquement plus performants ;
- au niveau des effets induits de l'usage du sol sur la mobilité des franciliens : une stratégie d'aménagement incorporant densité et mixité urbaine autour de nouveaux nœuds d'une infrastructure de transport en commun d'envergure devrait encourager un raccourcissement des trajets terminaux et un report modal vers les transports en commun.

Cette partie « développement territorial » prend en compte les modifications de l'aménagement du territoire en fonction de la présence ou non du projet de Réseau de Transport du Grand Paris. Elle calcule, d'ici à 2050, la différence d'émissions de téq $CO_2$ induites par le scénario reprenant les hypothèses centrales de développement territorial et, ce, en considérant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments : construction, exploitation et fin de vie du bâti.

La modification du territoire qu'amène le projet de la Ligne 15 Sud entraîne un large gain des émissions de $CO_2$. Ces gains s'expliquent par l'impact du projet sur la densification et le renouvellement du bâti à proximité des gares : il y a moins de réseaux à construire, moins de surfaces rurales sont transformées en zones urbaines, la densification réduit les besoins en énergie (chauffage, transports), les services publics ont moins de distances à parcourir. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 5 828 milliers de teq $CO_2$ à l'horizon 2050 (avec 254 milliers de tec $CO_2$ pour la seule année 2050).

Les gains commencent dès la mise en service de la Ligne 15 Sud en 2020. Le renouvellement du bâti plus ancien et moins performant énergétiquement nécessite des travaux qui émettent des émissions de GES lors des premières années ce qui explique une décroissance des émissions plus faible dans les premières années. La fabrication et l'acheminement des matériaux entrainent des émissions, alors que la densification permet d'en éviter, par une diminution des km de réseau VRD construits et des parcelles agricoles ou forestières urbanisées. En phase de chantier, les émissions produites restent plus importantes que les émissions évitées.

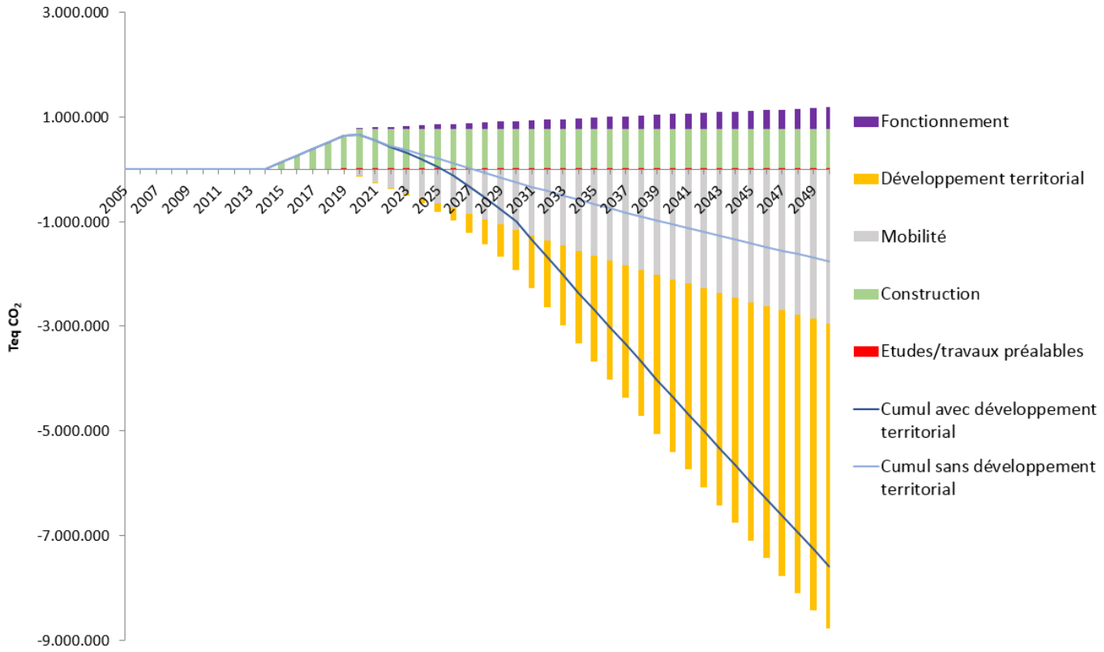
Concernant la phase exploitation, la densification qu'amène le projet permet de réduire les émissions de $CO_2$. Les bâtiments consomment moins, il y a moins de VRD, et les coûts de maintenance sont donc moindres, ainsi que les services publics qui ont moins de distance à parcourir. Le graphique ci-dessous représente les émissions cumulées au cours du temps engendrées par les impacts indirects des différentes phases du projet sur le développement territorial.




**Comparaison des gains (téq $CO_2$) cumulés pour le poste du développement territorial**

*Bilan général des émissions*

Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud sont présentés dans le graphique ci-après. Le graphique permet de comparer les émissions de $CO_2$ induites ou évitées par les différentes thématiques.



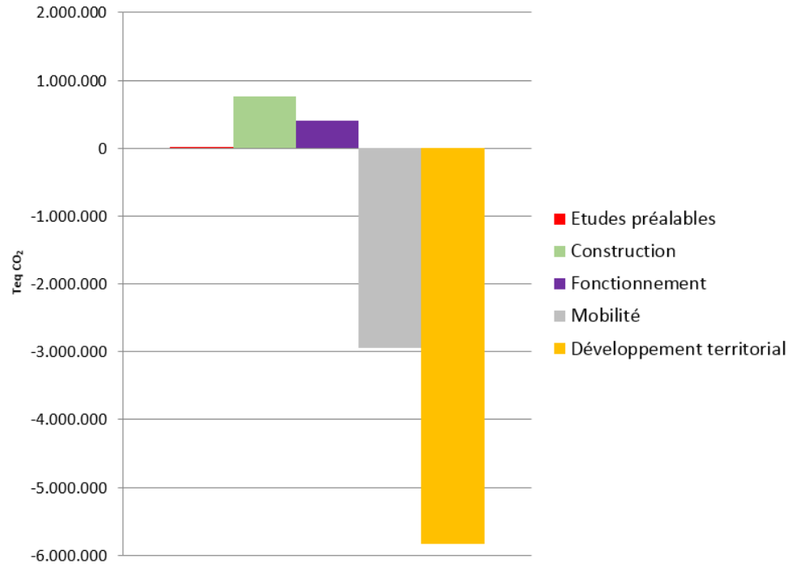

**Cumul des émissions de GES (en téq $CO_2$) liées à la réalisation de la Ligne 15 Sud.**

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction de l'infrastructure) induit des émissions de GES importantes. Dès la mise en service de la ligne, le cumul global des émissions induites et évitées commence à décroître. Les émissions induites ne sont plus alimentées que par les émissions de fonctionnement de l'infrastructure. En parallèle, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France et grâce à l'aménagement du territoire augmentent et deviennent de plus en plus importantes dans le bilan global.

En 2026, c'est-à-dire 6 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud, les émissions induites par le projet sont entièrement compensées par les émissions évitées grâce aux impacts du projet sur le développement territorial et sur la mobilité en Ile-de-France. Le bilan décroît ensuite rapidement grâce aux émissions évitées au niveau de la mobilité mais également grâce aux impacts sur le développement territorial qui s'intensifient avec le temps.

Sans tenir compte des émissions évitées grâce au développement d'une structure urbaine plus durable, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France permettent de compenser les émissions induites par le projet mais d'une manière beaucoup plus étalée dans le temps. Le cumul des émissions sans tenir compte des émissions liées au développement territorial, illustre à cet effet que les émissions induites par le projet sont compensées aux alentours de l'année 2028, c'est-à-dire 8 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud.

A l'horizon 2050, les émissions induites et évitées depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud se répartissent selon la figure suivante.




**Bilan des émissions de GES cumulées (en téq $CO_2$) par poste pour la Ligne 15 Sud, à l'échéance 2050.**

Les résultats révèlent à nouveau que le poste le plus important est de loin le développement territorial. Les postes d'études préalables, de construction et de fonctionnement seront très largement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement permettront de réduire très significativement les émissions de GES à l'horizon 2050. Au total, ce sont approximativement 7,59 millions de teq $CO_2$ qui seront émises en moins d'ici 2050, contribuant ainsi aux efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions (facteur 4).

Pour rappel, les émissions de gaz à effets de serre issues du trafic routier en Ile-de-France représentaient 18 000 000 teq $CO_2$ en 2005[24]. L'analyse des impacts du projet sur les émissions du trafic routier montre que la diminution est d'approximativement –125 000 téq $CO_2$ par an à l'horizon 2020. Ces émissions évitées représentent donc une diminution d'environ –0,7% des émissions régionales liées au transport routier.

Concernant le développement territorial, les émissions annuelles des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France s'élevaient à 26 000 000 téq $CO_2$ en 2005. Le projet permet une diminution d'environ -1 300 téq $CO_2$/an à l'horizon 2020, croissant jusqu'à – 254 000 téq $CO_2$/an à l'horizon 2050. Ceci correspond donc à une diminution de -1% des émissions de 2005 à l'horizon 2050.

Les impacts du projet sont donc non négligeables mais loin des -75% attendus à l'horizon 2050. Il est donc essentiel de comprendre que le projet et plus généralement le Grand Paris Express ne constituent qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommations énergétiques.

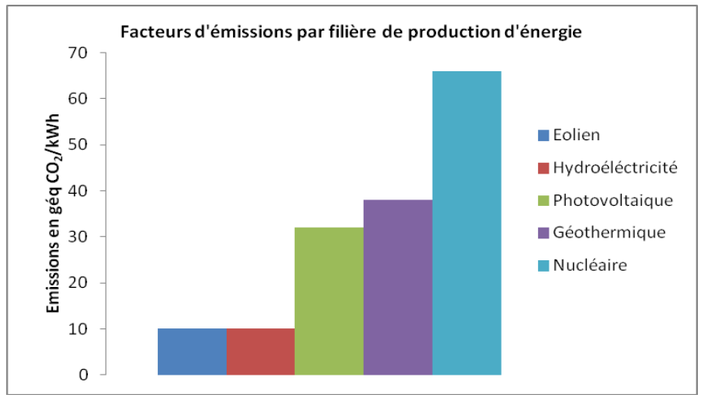
[24] *Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails*

*1 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation*

Comme du point de vue énergétique, les effets du projet sur les émissions globales des gaz à effets de serre sont positifs. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs du projet mais plutôt d'optimiser le projet afin d'en maximiser les effets positifs.

Les émissions de $CO_2$ dues au fonctionnement sont largement dépendantes des consommations énergétiques. Les **préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique** détaillées dans la partie « énergie » s'appliquent donc également ici.

En ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des **énergies renouvelables** est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles, comme le montre la figure suivante.




**Facteurs d'émissions de différentes filières de production d'électricité (Source valeurs : ADEME, Guide des facteurs d'émissions V6.1)**

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Réseau de Transport du Grand Paris ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir des ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreintes, énergie géothermique limitée, etc.), il sera cependant intéressant d'envisager la production d'énergie renouvelable notamment sur les toits des gares ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

En ce qui concerne la mobilité, toutes les **mesures encourageant un report modal** de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet.

Le développement territorial nouveau induit par le projet est responsable d'une grande quantité d'émissions de $CO_2$ potentiellement évitées. Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des **mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares**. Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « occupation du sol ».

De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES sont les suivantes :

- Limiter l'étalement urbain en préservant le plus possible les espaces vierges de la construction nouvelle et en définissant les périmètres d'urbanisation dans le tissu urbain existant ;
- Définir des Coefficient d'Occupation du Sol (COS) adaptés à l'accessibilité des zones en transport en commun ;
- Promouvoir une mixité fonctionnelle et urbaine adaptée à ce même indicateur d'accessibilité ;
- Définir l'affectation future des périmètres d'aménagement en fonction de l'accessibilité des terrains qui s'y situent.
- Inciter à l'augmentation des programmes de démolitions/reconstruction et de constructions pour augmenter le taux de renouvellement du parc bâti.
- Définir des règles de construction favorisant des taux de mitoyenneté importants.
- Promouvoir des programmes de construction d'immeubles collectifs au détriment de maisons individuelles ;
- Définir des objectifs de performance énergétique à atteindre pour les futurs programmes de construction/rénovation allant au-delà des exigences réglementaires en vigueur, par exemple en promouvant la certification environnementale des nouveaux bâtiments.
- Inciter les communes à l'instauration d'incitations financières (primes, prêts à taux intéressants, etc.) afin d'encourager les particuliers à engager des travaux énergétiques dans les bâtiments
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau locale, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

*a. Coûts associés aux mesures*

Les coûts de ces différentes mesures sont très variables mais comme du point de vue énergétique, c'est leur critère de durabilité qui sera pris en compte dans le choix de la mise en œuvre ou non de ces mesures. Ainsi, la plupart de ces mesures devraient présenter des avantages, non seulement pour l'environnement, mais également du point de vue économique. Les coûts supplémentaires liés à ces mesures devraient donc être très faibles.

*b. Mesures de suivi*

La mise en place d'un outil de suivi des émissions de GES produites par les infrastructures et les bâtiments du projet permettra un suivi dans le temps de l'empreinte écologique de la Ligne 15 Sud. Ces données seront corrélées avec l'évolution du trafic routier sur le réseau francilien afin d'estimer la diminution des gaz à effets de serre issus de la circulation suite à la mise en service du projet.

### 1.22.4 Synthèse des impacts et associée relative à la consommation énergétique et aux émissions de gaz à effets de serre

| Secteurs concernés | Thématiques | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|---|
| **Toutes sections** | **Consommation d'énergie et émissions de gaz à effets de serre en Ile-de-France** | Importante contribution de la région Ile-de-France aux consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale. | Réduction globale et durable des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effets de la Région Ile-de-France. | • Toutes les mesures d'optimisation détaillées ci-dessous permettront de maximiser les impacts positifs du projet et de contribuer ainsi davantage à la réduction des émissions régionales. |
| | **Secteur du transport** | Contribution significative du secteur du transport, en particulier du transport routier, aux consommations et aux émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude. | Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par la construction du projet. | Mesures de réduction :<br>• Rationalisation et optimisation des trajets de véhicules pour le chantier (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais).<br>• Choix de techniques de construction peu énergivores.<br>• Choix judicieux des méthodes de construction et utilisation de matériaux durables. |
| | | | Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par le fonctionnement du projet. | Mesures de réduction :<br>• Utilisation d'énergies renouvelables, lorsque cela s'avère possible.<br>• Choix d'un matériel roulant peu consommateur en énergie, et doté notamment d'un système de récupération d'énergie au freinage.<br>• Optimisation de la fréquence de desserte en fonction des besoins. |
| | | | Report modal important de la voiture particulière vers les transports en commun grâce à la nouvelle offre du Grand Paris. | Mesures d'optimisation :<br>• Favoriser les accès aux gares en transports en commun, à pied ou en vélo.<br>• Mise en place de mesures dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière. |
| | **Secteur du bâti** | Contribution significative du bâti résidentiel et tertiaire aux consommations et émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude. | Réduction des consommations et émissions du bâti grâce aux plans de construction, de densification et de rénovation des bâtiments aux abords des nouvelles gares. | Mesure d'optimisation :<br>• Favoriser une urbanisation durable du territoire, une rénovation du bâti existant et une densification du bâti |

*Légende :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Enjeu faible* | *Enjeu modéré* | *Enjeu fort* | |
| *Pas d'impact* | *Impact faible* | *Impact modéré* | *Impact fort* | *Impact positif* |

## 1.23 Environnement sonore

En dehors du bruit solidien traité dans le chapitre relatif aux vibrations, les typologies d'impacts relatifs au bruit rencontrées dans le cadre de l'aménagement d'un métro souterrain sont liées principalement :

- Aux bruits générés durant la phase chantier (engins, camions, techniques spécifiques de réalisation des ouvrages,…) ;
- Aux bruits générés par les équipements techniques des ouvrages émergents du métro en phase exploitation (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance).

L'analyse réalisée dans le cadre du présent chapitre s'attache à distinguer 2 approches :

- Une première approche globale, centrée sur les impacts et mesures générales associés au type d'aménagement et à la phase projet (phase chantier ou phase exploitation) concernés ;
- Les impacts et mesures sont ensuite détaillés à l'échelle des ouvrages émergents, de manière à intégrer les spécificités de chaque secteur d'aménagement et les caractéristiques constructives des ouvrages.

### 1.23.1 Impacts et mesures générales en phase chantier

#### *1.23.1.1 Rappel Réglementaire*

*a. Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage*

Ce décret n'impose pas de valeurs limites pour les activités de chantier (hors équipements) mais l'article Art. R. 1334-36. mentionne que « si le bruit mentionné à l'article R. 1334-31 a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, ou des travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- 1. Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements ;
- 2. L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- 3. Un comportement anormalement bruyant. »

Ainsi, même si les chantiers ne sont pas soumis à des valeurs limites en matière de niveaux sonores, le maître d'ouvrage doit porter une attention particulière au bruit émis par le chantier dont il a la charge et prendre, le cas échéant, les mesures nécessaires pour ne pas induire des nuisances sonores pouvant porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme.

*b. Décret 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transport terrestre*

Le Décret 95-22 du 9 janvier 1995 précise que le dépôt d'un dossier d'information auprès des maires et du préfet est nécessaire au moins 1 mois avant le début du chantier. Ce document doit notamment comporter les éléments suivants :

- La nature du chantier,
- La durée prévisible du chantier,
- Les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances.

*c. Directives « Machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE*

La Directive 2005/88/CE relative aux émissions sonores des machines et la Directive 2006/42/CE relative à la sécurité des machines, fixent les niveaux de puissance sonore que ces dernières devront respecter et imposent le marquage CE.

*d. Autres réglementations applicables*

Les chantiers doivent également respecter les éventuels arrêtés municipaux ou préfectoraux relatifs aux bruits de chantier ainsi que toute décision prise par les autorités compétentes en matière de nuisances sonores.

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, les arrêtés préfectoraux relatifs aux bruits de chantiers sont les suivants :

- Seine Saint Denis : Arrêté préfectoral n°99-5493 du 30 décembre 1999 modifié par l'arrêté Préfectoral n°00-2796 du18 juillet 2000,
- Val de Marne : Arrêté préfectoral n°2003/2657 du 11 juillet 2003,
- Seine et Marne : Arrêté préfectoral n°00 DDASS 18 SE du 13 novembre 2000.

Ces trois arrêtés fixent les mêmes prescriptions : les horaires des travaux engendrant des nuisances sonores doivent être compris entre 7h et 20h, sauf dimanches et jours fériés, hors dérogation. L'arrêté préfectoral relatif aux Hauts de Seine a quant à lui été abrogé.

#### *1.23.1.2 Impacts liés à la construction des ouvrages émergents*

Dans le cadre du projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud, malgré la création d'une ligne entièrement souterraine, le projet comprend la construction d'un certain nombre d'ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance), qui constituent autant de bases chantier susceptibles d'induire des nuisances sonores dans l'environnement.

Les nuisances sonores induites par les chantiers relatifs à la construction de ces ouvrages sont susceptibles de varier en fonction des spécificités de chaque chantier (type d'ouvrage, méthode constructive, durée du chantier, environnement sonore du site d'implantation, …). Néanmoins, les principales sources de bruit induites lors de la phase chantier restent similaires, avec notamment :

- L'utilisation des engins de chantier usuels (pelleteuses, chargeuses, brise béton, tracteurs, grues…),
- L'utilisation d'équipements techniques (centrale de traitement des boues, compresseurs, groupes électrogènes, etc.),
- Les outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses, etc.),
- La manipulation de matériaux (chocs, bruits de chargements/déchargements, etc.),
- Les bruits d'avertisseurs sonores type klaxon ou sirènes de recul,
- Les cris et paroles des travailleurs sur le chantier,
- Le charroi de poids lourds induit par le chantier pour l'approvisionnement des matériaux et l'évacuation des déblais.

Les nuisances sonores les plus importantes sont attendues lors des phases travaux suivantes :

- Travaux préparatoires, démolition,
- Travaux de terrassement et de fouilles à ciel ouvert,
- Travaux de fondations,
- Travaux en béton (gros œuvre),

- Second œuvre.

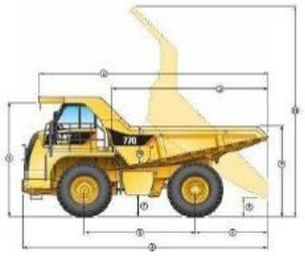
Quelques engins type, susceptibles d'être utilisés dans le cadre des travaux de la Ligne 15 Sud sont illustrés ci-dessous.



**Chargeuse (pelle mécanique)**



**Excavatrice (ou brise-roche)**



**Dumper**

À titre indicatif, le tableau suivant présente les niveaux de bruits moyens prévisibles pour un chantier-type en fonction des principales phases chantier (et sans obstacle entre le chantier et le récepteur).

**Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier en fonction des différentes phases de travaux** (source : Dossiers bruit de chantier 2006 – SCETAUROUTE – J.M. Abramovitch)

| Phase de travaux | Niveaux sonores indicatifs LAeq en dB(A) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 10 à 15 m* | 25 à 30 m* | 50 à 65 m* | ≥100 m* |
| Terrassement – fondations | 75 à 80 | 71 à 76 | 68 à 73 | ≤ 70 |
| Gros œuvre | 78 à 82 | 73 à 77 | 68 à 72 | ≤ 67 |
| Second œuvre | 62 à 67 | 57 à 62 | 51 à 57 | ≤ 52 |

* les intervalles de distances correspondent à la distance d'éloignement des bases chantier

Plusieurs ouvrages de la Ligne 15 Sud seront réalisés à ciel ouvert, selon la méthode dite « méthode traditionnelle ». Cependant, certains ouvrages, du fait d'une sensibilité particulière, seront réalisés selon la méthode dite de « couverture première », qui consiste à couvrir la zone excavée dès que possible, et poursuivre les travaux sous une dalle béton. Cette méthode permet notamment de limiter de manière significative les nuisances sonores en phase chantier.

Quelques exemples de véhicules et modes de transports susceptibles d'être utilisés dans le cadre du chantier de la Ligne 15 Sud sont illustrés ci-dessous.



**Camion malaxeur**



**Camion semi-bennes**



**Barge / péniche**



**Wagon-trémie**

### *1.23.1.3 Mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet*

Les mesures d'évitement et de réduction générales, prévues dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages émergents sont présentées ci-après :

- **Choix des équipements et engins de chantier:** l'ensemble des engins et équipements utilisés dans le cadre des chantiers de la Ligne 15 Sud respecteront les niveaux de puissance sonore maximum autorisés par les directives Machines 2005/88/CE et 2006/42/CE. Pour garantir le respect de ces directives, les machines et matériels utilisés dans le chantier porteront le pictogramme suivant :




**Pictogramme marquage CE**

- **Réalisation de parois moulées :** pour la construction des ouvrages, la Société du Grand Paris a retenu la technique des parois moulées, réalisées à l'aide de bennes preneuses ou d'hydrofraise. Cette solution permet de limiter les nuisances sonores dans l'environnement proche, en s'appuyant sur la mise en œuvre de techniques moins bruyantes que d'autres techniques possibles, comme les techniques de mise en place par battage qui ne sont pas prévues pour les ouvrages du projet.

- **Utilisation des modes de transports alternatifs :** à travers la démarche engagée par la Société du Grand Paris relative à la gestion des déblais, traduite dans le cadre du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED), l'utilisation des modes de transport alternatifs (fluvial et ferré) reste privilégiée dans le cadre de l'approvisionnement en matériaux et de l'évacuation des déblais en phase chantier. L'utilisation de ces modes de transport (seul ou combiné) permet de réduire de manière significative les impacts sonores induits par le charroi routier des différents chantiers (l'utilisation de ces modes de transport reste ponctuelle, localisée sur les sites présentant les conditions nécessaires à leur utilisation).

- **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux :** les travaux respecteront notamment les prescriptions qui pourront êtres imposées par les autorités compétentes en matière de bruit.

- **Organisation des zones de chantier :** l'organisation des zones de chantier sera étudiée de manière à localiser, dans la mesure du possible, les équipements techniques et les actions sources de nuisances (par exemple les livraisons de matière) le plus éloigné possible des habitations et des établissements sensibles et/ou protégés grâce à leur installation en tranchée. Au besoin, les équipements les plus bruyants seront capotés.

Les mesures de suivi générales, prévues dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages émergents sont présentées ci-après :

- **Présence d'agents de proximité sur les chantiers** : des agents de proximité seront présents au niveau des bases chantier. Ils seront présents auprès des riverains, des commerçants et des entreprises pour leur apporter toute l'information nécessaire relative aux travaux en cours, et également d'assurer un lien constant avec la Société du Grand Paris, notamment concernant les nuisances sonores.

- **Mise en place d'une communication privilégiée auprès des riverains :** la Société du Grand Paris est en charge, avec l'ensemble des acteurs concernés (collectivités,

concessionnaires, entreprises de travaux, etc.), d'assurer le bon déroulement des travaux, intégrant une communication et une information renforcée auprès des riverains du chantier. Dans le cadre de la préparation des premiers travaux de la Ligne 15 Sud, une charte des travaux préparatoires a ainsi été développée par la Société du Grand Paris et signée avec les principales entreprises concessionnaires le 8 décembre 2014.

Cette charte des travaux préparatoires mobilise la Société du Grand Paris et les opérateurs dans une démarche collective autour de 6 engagements :

- Garantir la sécurité de tous,
- Coordonner les interventions pour un enchaînement optimal des opérations,
- Limiter les nuisances des chantiers sur leur environnement,
- Informer tous les publics, et notamment les riverains, sur les impacts des travaux,
- Assurer la compréhension des travaux grâce à l'utilisation d'une charte éditoriale et graphique lisible, homogène et cohérente,
- Transmettre toutes les informations utiles à la Société du Grand Paris pour renforcer les échanges avec les habitants.

Les riverains pourront ainsi suivre l'avancée des travaux, et mieux appréhender les nuisances sonores éventuelles.

Cette charte et ce plan de communication seront par la suite déclinés pour les travaux de génie civil, qui interviendront après les travaux préparatoires.

Un exemple de support de communication développé dans le cadre de cette démarche est présenté ci-dessous :




**Exemple de support développé dans le cadre de la communication chantier**
(source : Société du Grand Paris)

Pour les chantiers les plus sensibles, les mesures complémentaires suivantes pourront être envisagées :

- **Mise en place de panneaux anti-bruit autour des chantiers les plus sensibles:** ces aménagements permettent de réduire les nuisances sonores pour les riverains. L'atténuation apportée par ces panneaux antibruits peut aller de 5 à 20 dB(A) selon la configuration du site et le type de panneaux choisi.

- **Monitoring du bruit pendant les phases de travaux les plus bruyantes:** cette mesure consiste à poser un ou plusieurs sonomètre(s) au droit des logements ou bâtiments sensibles les plus proches de la base chantier de manière à surveiller les nuisances sonores générées par les travaux, en particulier lors des phases les plus bruyantes.

**Conclusion :**

Les chantiers relatifs à la construction des ouvrages de la Ligne 15 Sud auront un impact sonore significatif sur les secteurs d'implantation des bases chantier. Les nuisances sonores engendrées par les travaux se caractériseront par des bruits variables et aléatoires, dépendant directement de la phase des travaux, du type de travail réalisé mais aussi des équipements et engins de chantiers utilisés.

Ces impacts sont néanmoins provisoires et les dispositions spécifiques mises en œuvre sur les chantiers du projet ont pour objectif de limiter au maximum les nuisances pour les riverains.

### 1.23.2 Creusement du tunnel au tunnelier

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, le creusement du tunnel sera réalisé quasiment exclusivement au tunnelier. Cette méthode constructive permet de réduire de manière significative les nuisances sonores dans la mesure où les travaux resteront confinés sous la surface du sol.

**Conclusion :**

Le creusement du tunnel au tunnelier ne présente pas d'impact significatif sur les niveaux sonores de surface.

Néanmoins, la réalisation et le fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers, sont susceptibles d'entrainer des nuisances sonores. Par ailleurs, quelques sections de tunnel spécifiques seront réalisées en méthode traditionnelle (en tranchée ouverte ou couverte). L'analyse de ces impacts est réalisée dans la suite de ce chapitre.

### 1.23.3 Ouvrages spécifiques réalisés en méthode traditionnelle

Sur le secteur Est de la Ligne 15 Sud, entre les gares Villejuif Louis Aragon et Noisy-Champs, le projet intègre la réalisation de quelques portions de tunnel en méthode traditionnelle (tranchées couvertes et ouvertes) :

- Le tunnel d'accès au SMI situé à Vitry-sur-Seine,
- Le tunnel de raccordement en amont de l'ouvrage de débranchement à Champigny-sur-Marne,
- Les tunnels de raccordements de l'avant-gare et de l'arrière-gare de de Noisy-Champs.

#### *1.23.3.1 Tunnel d'accès au SMI de Vitry*

Le tunnel d'accès situé entre la gare des Ardoines et le SMI de Vitry sera réalisé en tranchée. L'ouvrage couvrira un peu plus de 400 ml de tunnel, divisée en 2 sections :

- Une section en tranchée couverte sur 195m environ,
- Une section en tranchée ouverte sur 220m environ.

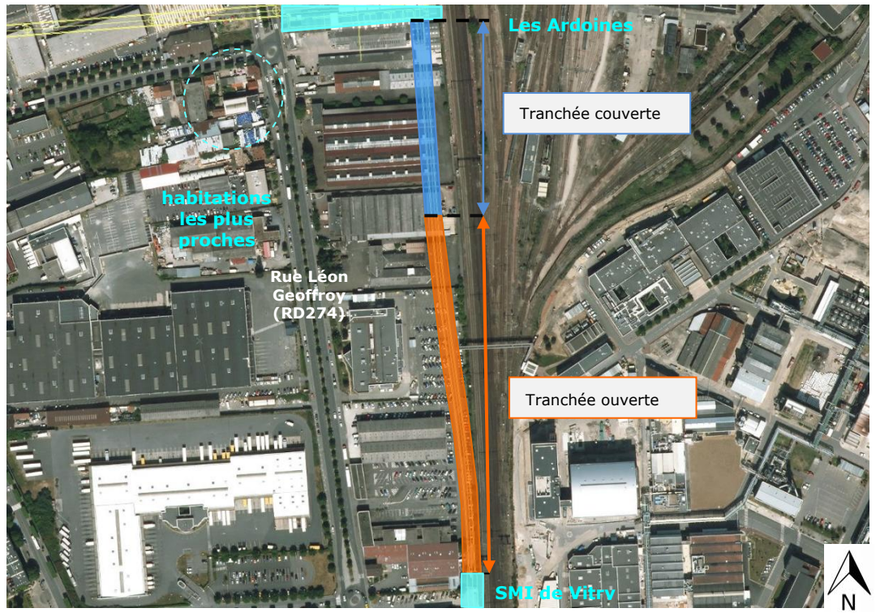



**Schéma de principe de la réalisation du tunnel d'accès au SMI de Vitry** (source : Société du Grand Paris)

Ce secteur est situé en zone industrielle, à proximité immédiate des voies ferrées, de la RD274 et de l'A86. L'environnement sonore existant est déjà très impacté par le bruit généré par le trafic de la rue Léon Geffroy. Les mesures de bruit réalisées sur le secteur mettent en évidence un niveau sonore très élevé au droit des habitations les plus proches avec des niveaux sonores de 67 à 72 dB(A) le jour, et de 60 à 67 dB(A) la nuit.

Si la réalisation du tunnel de raccordement au SMI générera des nuisances sonores, les émergences sonores induites par le chantier resteront limités dans la mesure où les premiers riverains sont peu nombreux et situés à plus de 100 m de la tranchée. Par ailleurs, le niveau de bruit préexistant est très élevé et masquera en partie le bruit généré par les travaux.

Le projet prévoit par ailleurs la réalisation de travaux en tranchée couverte sur la partie nord de l'ouvrage, partie la plus proche des habitations existantes, ce qui permet de limiter de manière significative les impacts sonores associés au chantier.

**Mesures pour ce site :**

- Mesure d'évitement : choix du mode constructif en tranchée couverte du côté des habitations existantes
- Mesure de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié à la réalisation du tunnel d'accès au SMI de Vitry est considéré comme modéré dans la mesure où aucune habitation n'est rencontrée à moins de 100m du site, qui est par ailleurs une zone bruyante, soumise aux bruits routier et ferroviaire qui masqueront en partie les bruits du chantier.

Les mesures spécifiques prévues dans le cadre de ce chantier permettront de réduire les impacts, notamment par le choix d'une méthode de réalisation en tranchée couverte qui limite la génération de bruit dans l'environnement.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

### *1.23.3.2 Tunnel d'accès vers l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny*

La réalisation de la partie souterraine du tunnel d'accès vers l'ouvrage de débranchement sera effectuée en méthode traditionnelle en pleine section. Cet ouvrage est composé :

- D'un puits de 80m de long réalisé à ciel ouvert (OA 0807P – Sentier des Marins),
- D'un tunnel souterrain de 100m de long, réalisé en méthode traditionnelle, à ciel ouvert, depuis le puits.




**Schéma de principe de la réalisation du tunnel d'accès de l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny** (source : Société du Grand Paris)

Ce secteur est situé sur une ancienne zone industrielle, à proximité immédiate des voies ferrées. En dehors du passage des RER et des trains, l'environnement sonore est assez calme (niveaux sonores mesurés entre 54 et 59 dB(A) le jour et de 39 à 42 dB(A) la nuit), lié à l'absence de trafic routier à proximité directe.
Le site est entouré de maisons individuelles, dont les premières sont situées à moins de 20m de l'emprise chantier. Le parc du Bois Saint Denis est situé à 60m à l'Ouest.

La réalisation de la section du tunnel à ciel ouvert est susceptible d'engendrer des nuisances sonores non négligeables. Ce site sert également de puits de sortie pour le tunnelier provenant du SMR de Champigny. Il fera ainsi l'objet d'un charroi de poids lourds relativement important susceptible de renforcer les nuisances sonores induites par le chantier.

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesures de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié à la réalisation du tunnel d'accès à l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny est considéré comme fort en raison d'un environnement sonore existant relativement calme, en dehors du bruit ferroviaire ponctuel, et de la présence d'habitations à proximité du chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

#### *1.23.3.3 Tunnels de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs*

Le tunnel de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs sera réalisé en tranchée couverte, sur un linéaire de 950 ml. La gare, localisée au milieu de ces 2 ouvrages, sera réalisée à ciel ouvert.

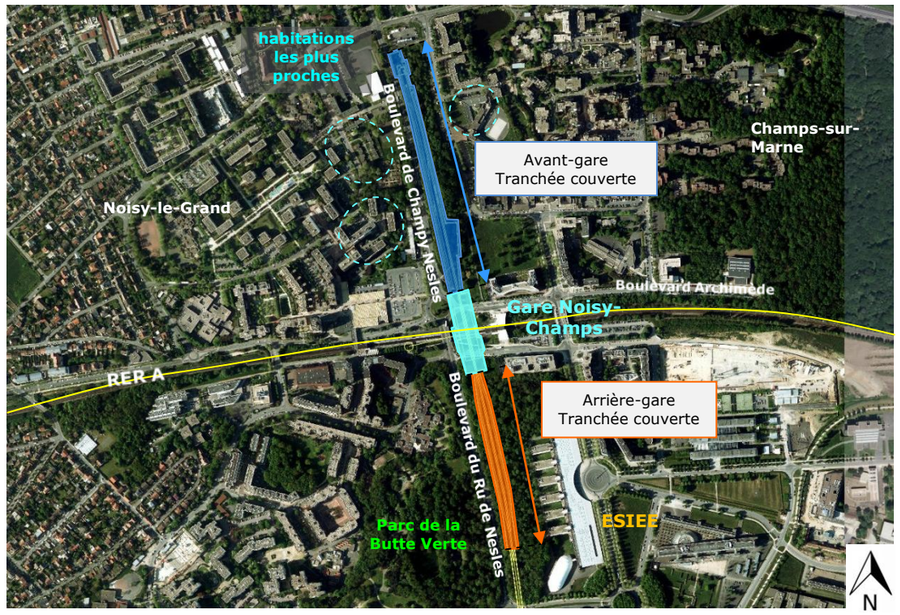



**Schéma de principe de la réalisation de l'avant-gare et l'arrière-gare de Noisy-Champs** (source : Société du Grand Paris)

Les ouvrages concernés sont localisés le long de la RN370 (boulevard du Ru de Nesles et de Champy Nesles), qui est un axe routier très fréquenté. Le niveau de bruit induit par le trafic routier au niveau de ces boulevards masquera en partie les bruits générés par les travaux de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs. En effet des niveaux sonores de plus de 66 dB(A) le jour et plus de 62 dB(A) la nuit ont été mesurés à proximité de ces voies.

Bien que le chantier soit proche de l'école d'ingénieur ESIEE et du Parc de la Butte Verte, il reste relativement éloigné des habitations, dont les premières sont situées à 60m de l'emprise chantier, de l'autre côté de la RN370.

Par ailleurs, la réalisation des travaux en tranchée couverte permettra de réduire de manière significative les impacts sonores.

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement : choix du mode constructif en tranchée couverte
- Mesure de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore induit par la réalisation de ces ouvrages est considéré comme modéré au Nord à fort au Sud en raison de la proximité du chantier avec un établissement scolaire et le parc de la Butte Verte.

Les nuisances sonores liées au chantier seront limitées en raison du bruit généré par le trafic routier existant, très marqué que le secteur. La méthode constructive choisie permet par ailleurs de réduire les impacts sonores liés à la réalisation de ces ouvrages.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

### 1.23.4 Fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers

Les bases chantier accueillant les puits d'entrée des tunneliers présentent des spécificités liées aux activités induites par leur fonctionnement, avec notamment :

- Un charroi chantier important lié à l'évacuation des terres et l'approvisionnement induits par le creusement de la section de tunnel concernée,
- Des installations de chantier spécifiques qui peuvent dépendre du type de tunnelier utilisé (centrale à mortier, centrale à béton, bandes transporteuses…),
- Une durée de chantier importante,
- Une emprise chantier importante, liée notamment à l'emprise nécessaire au stockage des voussoirs.

Ces différents éléments peuvent participer à l'augmentation du niveau de bruit lié au fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers.

Néanmoins, le choix de la localisation de ces sites s'est orienté sur des secteurs offrant des spécificités permettant de limiter les impacts liés au bruit, notamment :

- zone industrielle présentant une sensibilité réduite vis-à-vis du bruit,
- secteur localisés à proximité de grand axes routiers permettant d'éviter le charroi de poids lourds dans les centres villes ou sur des voiries locales peu adaptées,
- secteurs localisés à proximité d'une voie d'eau ou d'un embranchement ferré pour permettre l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier via un mode de transport alternatif et ainsi limiter le charroi de camions.



**Centrale à mortier**



**Convoyeur pour les déblais**



**Stockage de voussoirs**



**Installation de stockage du marin**

**Illustration des installations-type rencontrées dans le cadre d'un chantier de départ de tunnelier**

Le projet de la Ligne 15 Sud intègre 7 puits d'entrée localisés au niveau de :

- l'ouvrage annexe 2301P - Ile de Monsieur,
- la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- l'ouvrage annexe 1801P – Parc Robespierre,
- la gare des Ardoines,
- l'ouvrage annexe 1302P – Friche Arrighi,
- la gare de Bry-Villiers-Champigny,
- l'arrière-gare de Noisy-Champs (OA 0802P).

### *1.23.4.1 Puits d'entrée de tunnelier : OA 2301P - Ile de Monsieur*

Ce puits d'entrée de tunnelier, localisé sur l'Ile de Monsieur, à l'extrême ouest de la Ligne 15 Sud, se situe entre la Seine et la RD7 (rue de Saint Cloud), à proximité du Pont de Sèvres.

Ce site d'aménagement est entouré par :

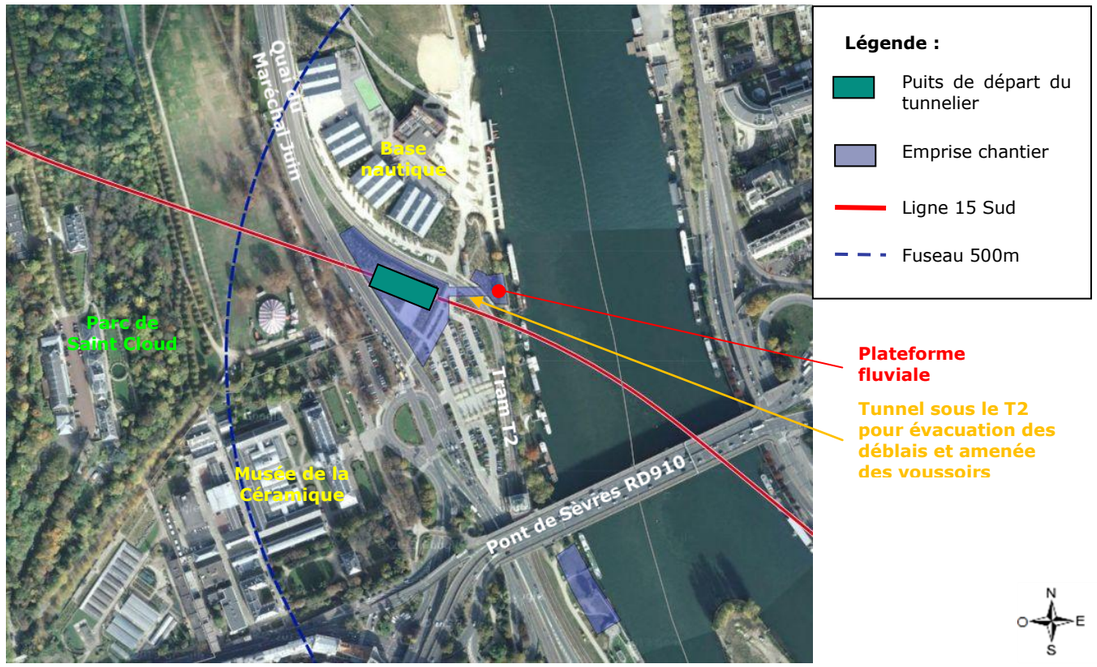
- la base nautique de l'Ile de Monsieur au Nord,
- le passage du tramway T2 puis la Seine à l'Est,
- le parking de la base nautique au Sud,
- le quai du Maréchal Juin (RD7) puis le parc de Saint Cloud et le musée de la céramique à l'Ouest.

Les habitations les plus proches sont situées à 230 mètres environ, à Boulogne Billancourt, de l'autre côté de la Seine.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, ce puits d'entrée servira de point de départ du tunnelier allant de l'Ile de Monsieur à la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart (3970 ml de tunnel).

Même si les déblais seront dans un premier temps évacués par la route (déblais issus du creusement du puits), le chantier bénéficiera ensuite d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par voie fluviale, avec un passage préalable en souterrain, sous la ligne du Tramway T2.

Cette logistique permet de réduire significativement les nuisances sonores associées au chantier. En outre, les mesures de bruit réalisées sur le site mettent en évidence un niveau sonore préexistant élevé (de 58 à 60 dB(A) le jour, et de 48 à 52 dB(A) la nuit) impactant les zones les plus sensibles, qui restent pourtant assez éloignées de la RD7 (≥ 50m).




**Puits d'entrée de tunnelier - OA 2203P-Ile de Monsieur** (source : Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

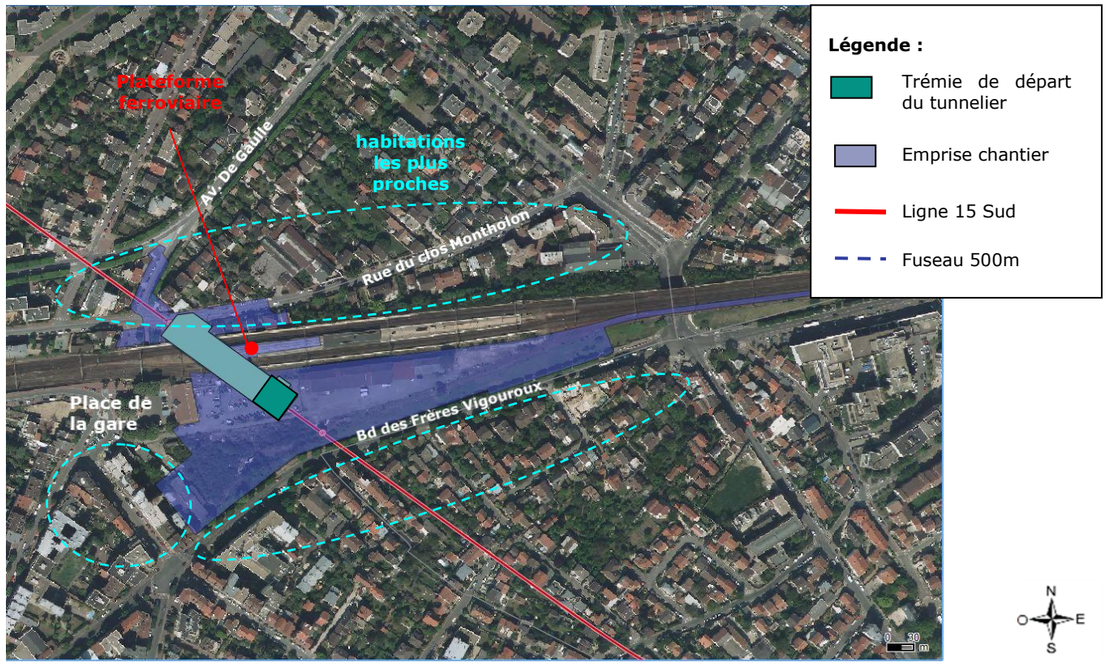
- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains
  - évacuation des déblais et approvisionnement chantier par voie fluviale
- Mesures de réduction/suivi :
  - passage des déblais et des voussoirs en souterrain, sous le T2
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de l'Ile de Monsieur est considéré comme modéré dans la mesure où aucune habitation n'est rencontrée à moins de 200m du site. Le bruit routier fortement marqué (RD7, RD910 et voie ferrée), masquera en partie les bruits issus du chantier. Néanmoins, le parc nautique et, dans une moindre mesure, le musée et le parc de Saint-Cloud restent sensibles aux impacts sonores du chantier.

Les mesures spécifiques mises en œuvre, notamment le choix du transport fluvial, le passage des déblais et des voussoirs via un tunnel réalisé sous le tramway T2, permettent de limiter les nuisances sonores en phase chantier, en particulier pour le parc nautique.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.




**Puits d'entée de tunnelier - Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart** (source: Société du Grand Paris)

### *1.23.4.2 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart*

Ce puits d'entrée de tunnelier est situé à l'extrémité Est de la future gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart. Il servira de point d'entrée du tunnelier allant de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart jusqu'au puits localisé dans le parc Robespierre à Bagneux (3704 ml de tunnel).

Le site d'aménagement de la gare est entouré de logements dont les plus proches sont situées sur le boulevard des Frères Vigouroux, à 20m au Sud de l'emprise chantier, ainsi que sur le secteur nord, au niveau de la rue du Clos Montholon.

Les mesures de bruit réalisées ont permis d'identifier une zone impactée par le bruit issu du trafic des Transiliens et de la rue des Frères Vigouroux sur la partie sud de l'emprise chantier, et une zone plus calme au niveau des habitations de la rue du Clos Montholon, située à 60m environ du puits d'entrée du tunnelier.

La faible surface disponible impose de couvrir en grande partie le puits d'entrée tout en laissant une trémie pour le montage du tunnelier, son approvisionnement et l'évacuation des déblais. Cette installation permet de réduire les nuisances sonores générées par le chantier.

La position de ce puits permet d'envisager l'utilisation de la voie ferrée. L'objectif est d'utiliser au maximum le rail pour évacuer les déblais (objectif de 50%), le restant des déblais étant acheminé par voie routière en direction de la Seine. Cette mesure permet de limiter fortement les nuisances sonores induites par le charroi « chantier » en réduisant de plusieurs dizaines le nombre de poids lourds journaliers nécessaires à l'évacuation des déblais.

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement :
  - couverture partielle du puits d'entrée
  - évacuation (partielle) des déblais par voie ferrée
  - accès des camions par le boulevard des Frères Vigouroux
- Mesures de réduction/suivi :
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore relatif au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, situé sur la partie sud du site, est considéré comme modéré. Le boulevard des Frères Vigouroux est une voie assez passante mais le charroi chantier aura un impact significatif sur cette route dont l'environnement sonore est déjà proche de la limite des Points Noirs du Bruit Routier.

Les mesures mises en œuvre, notamment le choix d'une évacuation partielle des déblais par voie ferrée et le choix du mode constructif permettront de limiter les nuisances sonores en phase chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

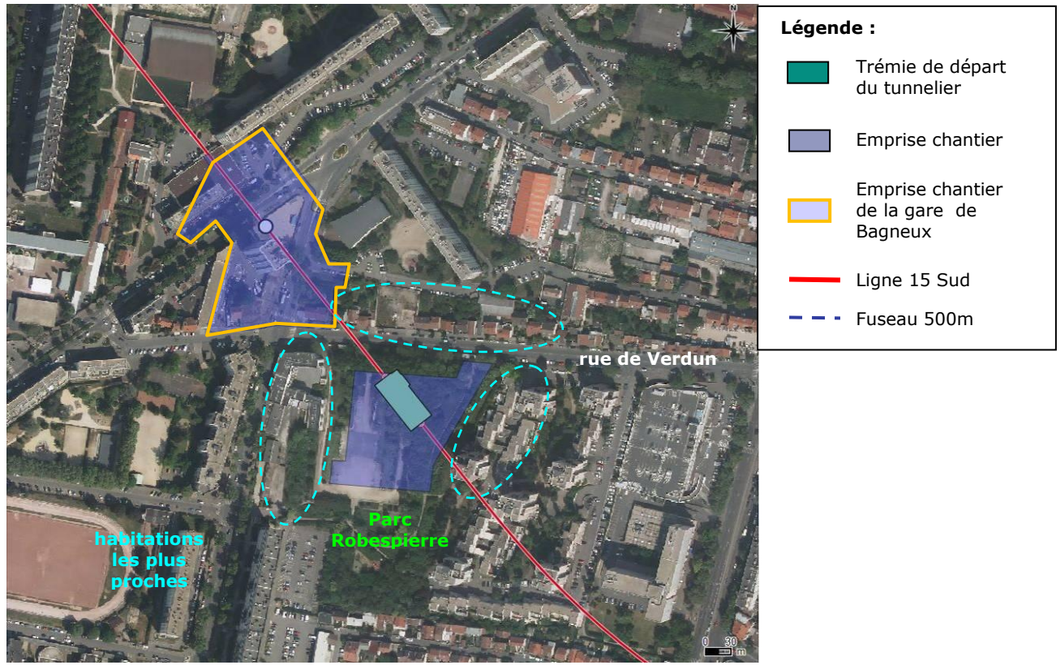
### 1.23.4.3 Puits d'entrée de tunnelier : OA 1801P - Parc Robespierre

Ce puits d'entrée est situé dans le parc Robespierre à Bagneux. Il servira de point d'entrée du tunnelier allant de la gare du parc Robespierre jusqu'à la gare de Villejuif L.Aragon (3976 ml de tunnel).

Les mesures de bruit réalisées ont mis en évidence la présence d'une zone calme, avec des niveaux sonores inférieurs à 50 dB(A) constaté en journée dans le parc. Le site est par ailleurs entouré de riverains (immeubles et maisons individuelles au situés au nord du site).

L'acheminement et l'évacuation des matériaux liés au fonctionnement de ce puits seront réalisés par voie routière, à partir de l'avenue Aristide Briand (RD920) et la rue de Verdun, induisant une augmentation localement significative du bruit routier, en particulier le long de la rue de Verdun qui accueille actuellement un trafic moins dense que celui de l'avenue Aristide Briand.

Des mesures d'accompagnement environnementales de réduction des nuisances en phases chantier ainsi qu'une étude paysagère sur le Parc Robespierre seront menées par la SGP afin de proposer des orientations paysagères à la ville de Bagneux en vue du réaménagement du Parc Robespierre impacté par les travaux du puits de tunnelier et ceux du futur ouvrage.




**Puits d'entrée de tunnelier – OA 1801P-Parc Robespierre** (source: Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesures spécifiques d'accompagnement environnementales de réduction des nuisances en phase chantier
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore relatif au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé dans le parc Robespierre est considéré comme fort en raison de l'implantation du chantier dans une zone calme entourée de logements. En outre, le charroi important lié à l'évacuation des déblais et l'acheminement des voussoirs risque d'augmenter le bruit routier au niveau de la rue de Verdun.

Afin de limiter ces nuisances, des mesures spécifiques d'accompagnement seront mises en œuvre durant les travaux de manière à limiter l'impact du chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

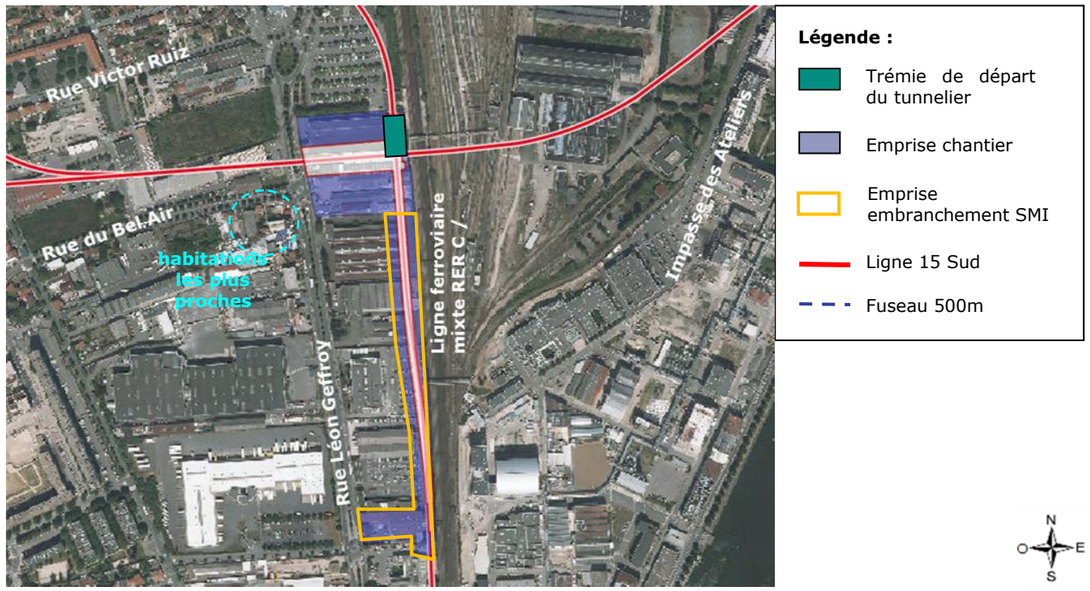
### 1.23.4.4 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Les Ardoines

Situé au Nord-Ouest de la gare des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine, ce puits d'entrée de tunnelier servira de point d'entrée pour la réalisation du tunnel de raccordement vers le SMI de Vitry (1136 ml de tunnel). Le linéaire associé à ce puits d'entrée est beaucoup plus limité que celui associé aux autres puits d'entrée, les impacts résultant seront donc moindre.

Seules de rares habitations se situent le long de la rue de Bel Air, à plus de 70m à l'ouest de l'emprise chantier. Au niveau de la rue Léon Geffroy, deux habitations isolées sont situées à 30m à l'ouest de l'emprise chantier.

Les mesures de bruit réalisée mettent en évidence une zone fortement impactée par le bruit du trafic routier de la rue Léon Geffroy et de la rue de Bel Air mais également par le bruit issu des activités industrielles avec des niveaux sonores supérieurs à 72 dB(A) mesurés de jour et 67 dB(A) la nuit (rue Léon Geffroy). L'émergence sonore engendrée par le chantier sera ainsi limitée et les nuisances sonores moins perceptibles.

L'acheminement et l'évacuation des matériaux induits par le fonctionnement de ce puits seront réalisés par voie routière, à partir de la rue Léon Geffroy puis l'A86 située à moins de 100m au Sud du site. L'utilisation de voie routières déjà très fréquentées et accueillant une forte proportion de poids lourds permet de limiter les nuisances sonores induites par le chantier.




**Puits d'entrée de tunnelier – gare Les Ardoines** (source: Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement :

- site d'implantation éloigné des centres urbains, au niveau d'une zone industrielle
- évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A86 située au Sud du site

- Mesures de réduction/suivi :
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée du tunnelier situé au niveau de la gare des Ardoines est considéré comme faible à modéré dans la mesure où le site d'implantation, à caractère industriel, présente une sensibilité réduite vis-à-vis du bruit. Le linéaire de tunnel réalisé associé à ce puits étant réduit par rapport aux autres puits d'entrée, les impacts résultants seront d'autant plus limités.

L'accès facilité au chantier, par la rue Geffroy et l'A86, limite l'augmentation du bruit routier induit par la circulation chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

### *1.23.4.5 Puits d'entrée de tunnelier : OA 1301P - Friche Arrighi*

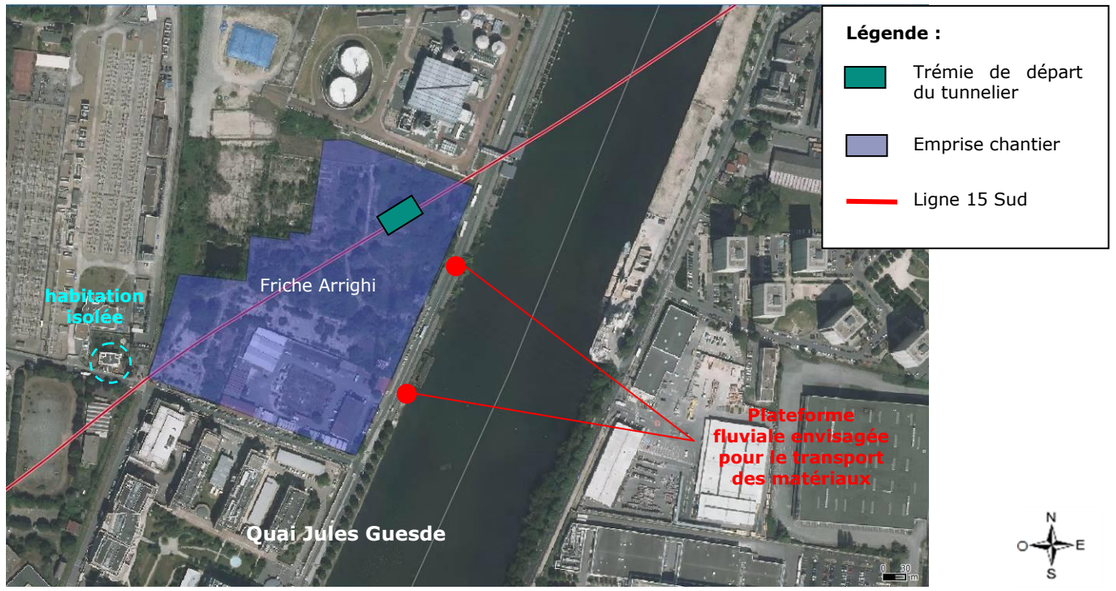
Ce double puits d'attaque servira au lancement de 2 tunneliers, pour un total de 8460ml de tunnel réalisés. Un volume très important de terres à évacuer est donc attendu.

Ce puits d'entrée est localisé au sein d'une zone industrielle, au nord de l'usine Sanofi, le long du quai de Seine à Vitry-sur-Seine, où le trafic est dense avec une forte proportion de poids lourds. La localisation spécifique de ce puits permet la mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par voie fluviale, permettant de réduire de manière significative les impacts sonores relatifs au fonctionnement de ce puits.

Ces dispositifs techniques seront consolidés en fonction des réponses des entreprises dans le cadre des appels d'offre « travaux » et des installations de production des voussoirs existantes/à venir.

Une habitation est localisée au niveau de la rue Léon Mauvais, à 30m environ au sud-ouest de l'emprise chantier. Elle est particulièrement impactée par le bruit industriel alentour et par le trafic des poids lourds existants.

Par ailleurs, les mesures de bruit réalisées mettent en évidence un environnement sonore déjà très impacté par le bruit du trafic routier et le bruit issu des activités industrielles, avec des niveaux sonores dépassants les valeurs limites de PNB routier (plus de 70 dB(A) mesurés en journée mais également la nuit). Les bruits issus du chantier seront donc en grande partie masqués par le bruit existant.




**Puits d'entrée de tunnelier - OA 1302P-Friche Arrighi** (source: Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains, au sein d'une zone industrielle
  - évacuation des déblais et approvisionnement chantier par voie fluviale
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé sur la friche Arrighi est considéré comme faible en raison du caractère industriel de la zone et de la mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par transport fluvial.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

### 1.23.4.6 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Bry Villiers Champigny

Ce puits d'entrée est situé en limite d'une zone d'activité économique et industrielle, sur la commune de Villiers-sur-Marne et en limite de la commune de Champigny-sur-Marne.

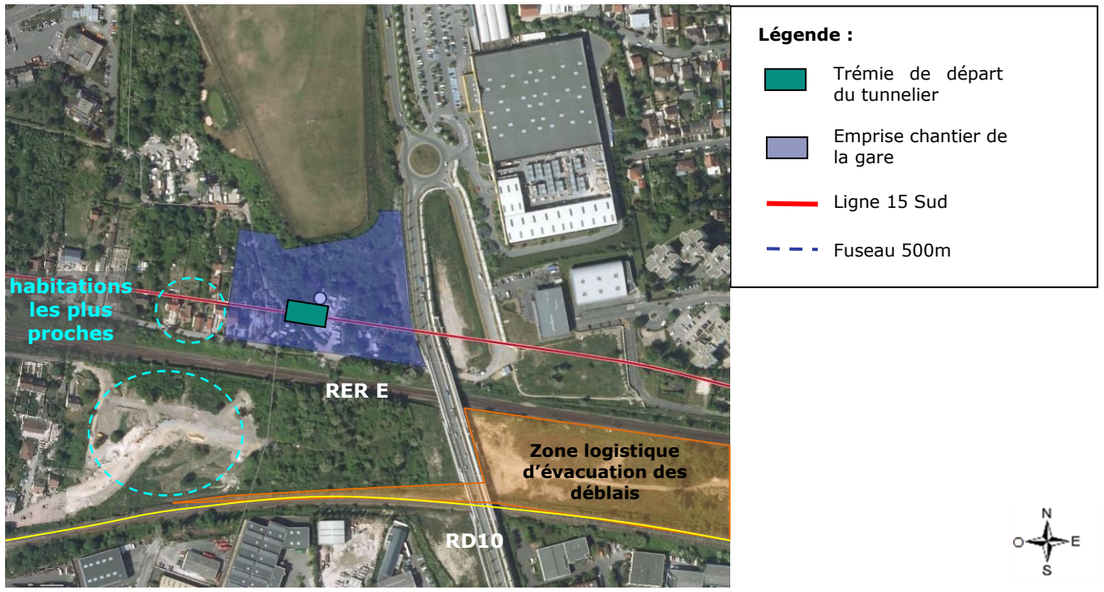
Ce puits d'entrée servira de point de départ du tunnelier allant de la gare de Bry Villiers Champigny jusqu'à l'ouvrage annexe 1103P à Créteil, soit 6890ml de tunnel. Il sert également de puits de sortie du tunnelier en provenance de Noisy-Champs.

Plusieurs habitations unifamiliales sont présentes à l'ouest du site et un nouveau quartier vient d'être construit au sud, de l'autre côté de la voie ferrée.

Les mesures de bruit réalisées mettent en évidence une zone impactée par le bruit du trafic ferroviaire, qui reste cependant une source sonore ponctuelle. En dehors du bruit ferroviaire, la zone est calme avec un niveau sonore inférieur à 55 dB(A) mesuré de jour et 45 dB(A) la nuit. Les nuisances sonores générées par le chantier seront donc perceptibles.

La situation géographique du site, localisé à proximité directe de l'autoroute A4 via la RD10, permet de limiter les impacts sonore liés au trafic routier induit par le chantier, la charge de trafic actuelle sur ces voies étant déjà très importante. Le chantier induira peu d'augmentation des niveaux de bruit routier. Le charroi des poids lourds sur le site sera malgré tout perceptible pour les riverains, en particulier pour les premières habitations de la rue des Hauts Bonne Eau.

L'utilisation de la voie ferrée pour l'évacuation des déblais, avec la création d'un embranchement ferré au sud de la gare, est actuellement en cours d'étude. La mise en œuvre de cette installation terminale embranchée permettrait de réduire les impacts sonores liés aux circulations chantier.




**Puits d'entrée de tunnelier - gare Bry Villiers Champigny** (source: Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement :
  - site d'implantation éloigné des centres urbains,
  - évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A4 située au nord du site
  - mise en œuvre d'une installation terminale embranchée pour l'évacuation des déblais en cours d'étude
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de la gare de Bry-Villiers-Champigny reste modéré en raison du nombre limité de riverains à proximité du site et du caractère économique et industriel de la zone. Par ailleurs, la localisation du site, situé à proximité directe de l'autoroute A4 permet de limiter les circulations chantiers sur les voies secondaires et éviter une trop forte augmentation du bruit routier.

La mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais par voie ferrée est actuellement en cours d'étude et permettrait de renforcer la limitation des nuisances sonores durant la phase chantier.

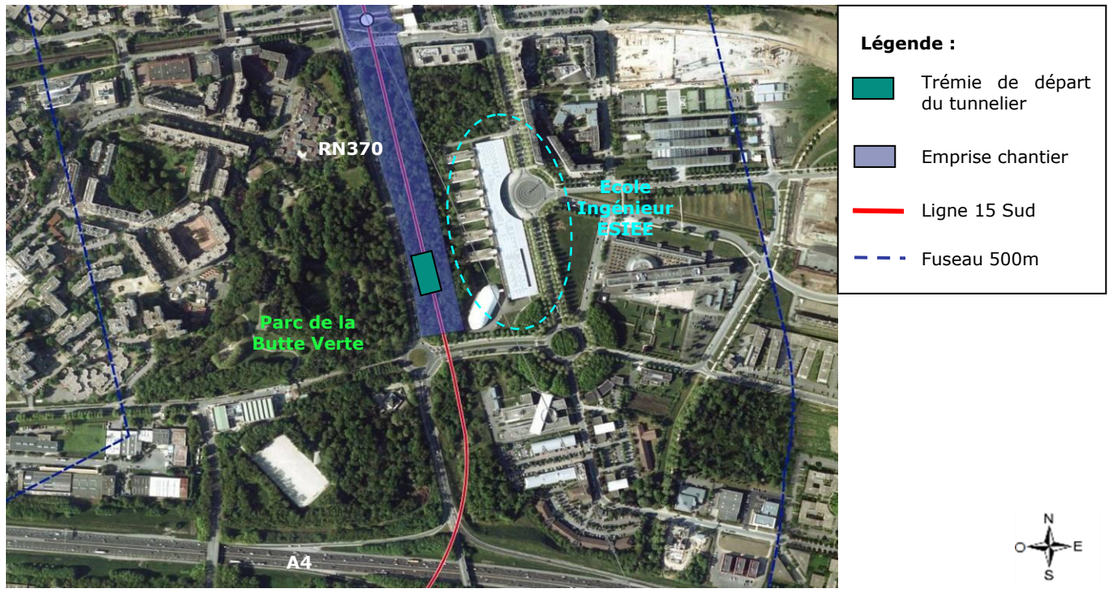
Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

### 1.23.4.7 Puits d'entrée de tunnelier : OA 0802P – bd du Ru de Nesles

Ce puits d'entrée est situé à l'ouest de l'école d'Ingénieur ESIEE de Noisy-le-Grand, le long de la RN370 où le trafic est dense. Le parc de la Butte Verte est identifié à proximité du site, de l'autre côté de la RN370.

Ce puits servira au lancement du tunnelier en direction de la gare de Bry Villiers Champigny (4679ml de tunnel), engendrant un volume important de déblais. Néanmoins, La situation géographique du site, localisé à proximité directe de l'autoroute A4 via la RN370, permet de limiter les impacts sonore liés au trafic routier induit par le chantier.

Les mesures de bruit réalisées confirment l'impact sonore du trafic routier de la RN370 et de l'A4, avec des niveaux sonores de l'ordre de 56 dB(A) mesurés de jour et près de 53 dB(A) la nuit au niveau de l'école d'ingénieur. L'émergence sonore engendrée par le projet sera ainsi limitée.




**Puits d'entrée de tunnelier - OA 0802P-bd du Ru de Nesles** (source: Société du Grand Paris)

**Mesures prévues pour ce site :**

- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site bien à proximité directe de voies structurantes et éloigné des habitations
  - évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A4 située au Sud du site
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

**Conclusion :**

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé au sud de la gare de Noisy-Champs est considéré comme modéré en raison de l'absence de riverains à proximité directe et de la localisation privilégiée du chantier, situé au niveau de voies structurantes, qui permet de limiter l'expansion des impacts en dehors du secteur du chantier.

Des nuisances sonores sont malgré tout attendues, notamment au niveau de l'école d'ingénieur, située à proximité directe de l'emprise chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

## 1.23.5 Conclusion sur les impacts sonores en phase chantier

Si les impacts sonores induits par le creusement du tunnel sont négligeables, grâce à la méthode de réalisation retenue (tunnelier), les impacts sonores attendus au niveau des bases chantier de la Ligne 15 Sud sont, hors exception, modérés à forts, en raison d'une urbanisation dense et de la proximité des riverains ou de bâtiments sensibles.

Même s'il n'est pas possible de supprimer totalement les nuisances sonores liées aux chantiers, les mesures de réduction et de suivi prises pour limiter et prévenir les nuisances sonores permettront de réduire les impacts de manière significative. La phase chantier reste par ailleurs une phase temporaire, limitée aux horaires de chantier, l'objectif étant ensuite d'éviter les nuisances en phase exploitation.

## 1.23.6 Impacts et mesures générales en phase exploitation

### *1.23.6.1 Rappel Réglementaire*

*a. Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des nouvelles infrastructures ferroviaires*

Dans le cadre de l'aménagement de la Ligne 15 Sud, les valeurs limites définies par l'Arrêté du 8 novembre 1999 ne s'appliquent pas directement dans la mesure où la ligne est souterraine et n'émet donc pas de bruit dans l'environnement en dehors des « effets pistons » potentiels au niveau des ouvrages annexes.

L'article R571-44 du code de l'environnement ne fait néanmoins pas de distinction entre infrastructures extérieures ou souterraines et précise que :

- La conception, l'étude et la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transports terrestres doivent être accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives.
- Le maître d'ouvrage de travaux de construction de l'infrastructure est tenu de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations voisines de cette infrastructure soient limitées à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normale des bâtiments riverains ou des espaces traversés.

Ces dispositions s'appliquent aux transports guidés, notamment aux infrastructures ferroviaires.

*b. Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage*

Ce décret exclut les bruits « qui proviennent des infrastructures de transport ». Néanmoins, dans le cadre de l'aménagement des ouvrages de la Ligne 15 Sud, le choix a été fait de viser des **objectifs niveaux de bruit** respectant les valeurs d'émergences limites de ce décret, pour les bruits continus générés par les ouvrages annexes de ventilation et les équipements techniques des gares.

**Emergences limites applicables pour les bruits de voisinage** (Décret du 31 août 2006)

| Emergence limite pour la période de jour (7h-22h) | Emergence limite pour la période de nuit (22h-7h) | Emergences spectrales limites par bande d'octave | |
|---|---|---|---|
| | | 125 – 250 Hz | 500 – 4000Hz |
| +5 dB(A) | + 3dB(A) | + 7 dB | + 5 dB |

En fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, un terme correctif compris entre 0 et 6 dB(A) est à ajouter aux émergences limites fixées. Et ce, dès que la source de bruit considérée fonctionne sur une durée cumulée inférieure à 8h sur la période.

Par exemple, le régime de fonctionnement de désenfumage des puits de ventilation ne sera utilisé que très ponctuellement, lors des tests réguliers prévus pour vérifier le bon fonctionnement des équipements. Ainsi en tenant compte d'une durée maximale des tests de 2h, une tolérance de 3 dB(A) est applicable sur l'émergence initiale fixée par le décret (soit + 8 dB(A) possible en journée et + 6 dB(A) la nuit).

Les termes correctifs à prendre en compte en fonction de la durée cumulée sont précisés ci-après ; cependant en l'absence de précision à ce sujet, en dehors des tests de désenfumage, aucun terme correctif n'est pris en compte à ce stade de l'étude.

**Termes correctifs à appliquer sur les émergences limites selon la durée d'apparition du bruit** (Décret du 31 août 2006)

| Durée cumulée du | > 8h | 4h | 2h | 20min | 5min | 1min | ≤ 1min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| bruit particulier | | <...≤ 8h | <...≤ 4h | <...≤ 2h | <...≤ 20min | <...≤ 5min | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Terme Correctif associé en dB(A) | 0 | + 1 | + 2 | + 3 | + 4 | + 5 | + 6 |

c. *Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis par les installations classées*

Ce texte concerne les ICPE soumises à autorisation.

Cet arrêté définit les niveaux de bruit limites à ne pas dépasser en limite de propriété et au droit des riverains les plus proches (zones à émergence réglementée) sur base du bruit de fond existant hors installation.

En limite de propriété, les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder :

- 70 dB(A) pour la période de jour 7h-22h,
- 60 dB(A) pour la période de nuit 22h-7h.

Ceci, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite. Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe du présent arrêté, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne.

De plus, dans les zones à émergence réglementée (zones d'habitation, établissements scolaires ou de santé…), les émissions sonores des installations classées ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après (notion d'émergence[25]).

**Emergences limites applicables pour les installations classées dans les zones à émergences réglementées** (Arrêté du 23 janvier 1997)

| Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement | Emergence admissible pour la période de jour allant de 7heures à 22heures sauf dimanches et jours fériés | Emergence admissible pour la période de nuit allant de 22heures à 7heures ainsi que les dimanches et jours fériés |
|---|---|---|
| **> 35 dB(A) et ≤ 45 dB(A)** | 6 dB(A) | 4 dB(A) |
| **> 45 dB(A)** | 5 dB(A) | 3 dB(A) |

A ce stade des études, le SMR de Champigny est identifié comme une ICPE soumise à autorisation, et fera dans ce cadre l'objet d'une procédure spécifique.

[25] *L'émergence d'une source sonore correspond à la différence du niveau de bruit induit par l'apparition ou la disparition de la source étudiée ($E_{mergence} = L_{Aeq\ (Niveau\ sonore\ avec\ source)} - L_{Aeq\ Niveau\ de\ bruit\ de\ fond\ (hors\ source)}$)*

### *1.23.6.2 Impacts et mesures liés à la circulation du métro*

Le projet de la Ligne 15 Sud est constitué sur la totalité de son tracé par un tunnel souterrain. Au regard des caractéristiques du tunnel (tunnel en béton situé à une profondeur supérieure à 10 mètres), l'augmentation des nuisances sonores en surface, liée à la circulation du métro, est considérée comme négligeable.

Le passage des métros peut néanmoins induire un « effet piston » au niveau des ouvrages annexes, à l'origine de l'émission d'un bruit en surface, ponctuellement audible pour les riverains. Le projet intègre ainsi la mise en place de silencieux, dont le dimensionnement précis sera réalisé avec pour objectif visé de respecter les émergences limites définies par l'arrêté 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage. Le calcul des objectifs de niveaux de bruit résultants de l'application des émergences limites est présenté dans la suite du chapitre.

**Mesures relatives à la circulation du métro**

- Mesure d'évitement : Ligne 15 Sud réalisée en souterrain sur la totalité du tracé

  Mesures de réduction : mise en œuvre de silencieux à baffles parallèles dans le réseau des ouvrages de secours

**Conclusion :**

L'impact sonore relatif à la circulation du métro de la Ligne 15 Sud est considéré comme négligeable dans la mesure où la ligne est souterraine sur la totalité du tracé et que les ouvrages annexes seront équipés de silencieux, permettant de limiter l'émission de bruit dans l'environnement et dimensionnés avec pour objectifs visés de respecter les émergences limites définies dans le cadre de la lutte contre les bruits de voisinage.

### *1.23.6.3 Impacts et mesures liés à l'exploitation des gares*

Les sources potentielles d'émission de bruit liées à l'exploitation des gares sont multiples. Elles sont liées notamment aux équipements techniques nécessaires à leur fonctionnement, et à la fréquentation par les usagers.

a. *Les équipements techniques des gares*

Le fonctionnement des gares du réseau nécessitent l'installation d'un certain nombre d'équipements techniques à l'origine de sources de bruit. Il s'agit notamment :

- **De groupes de ventilation/désenfumage (CTA) et d'extracteurs (EXT)** : ils permettent la bonne ventilation de la gare, des locaux techniques et des quais ainsi que le désenfumage de l'infrastructure en cas d'incendie. Une gare peut comprendre de 4 à 7 CTA selon la taille des bâtiments et des quais à ventiler ainsi que 1 à 2 équipements d'extraction. Sans silencieux, le niveau de bruit généré à 1m des grilles de ventilation de ce type d'équipement varie de 80 à plus de 90 dB(A) selon la puissance et le débit de ventilation de l'appareil,
- **D'équipements frigoriques de type aéroréfrigérants** : une gare peut comprendre 3 à 4 équipements de ce type selon sa taille. Le niveau sonore généré par ce type d'équipement varie de 40 à 65 dB(A) à 5m de l'équipement, selon sa puissance,
- **De chaudières** : pour la production d'eau chaude et de chauffage,
- **De postes de redressement** : ils servent à la gestion électrique de l'ouvrage et comportent des postes haute tension, des transformateurs, etc.,
- **De poste Énergie Force,** qui est le poste de commande énergétique de la gare.

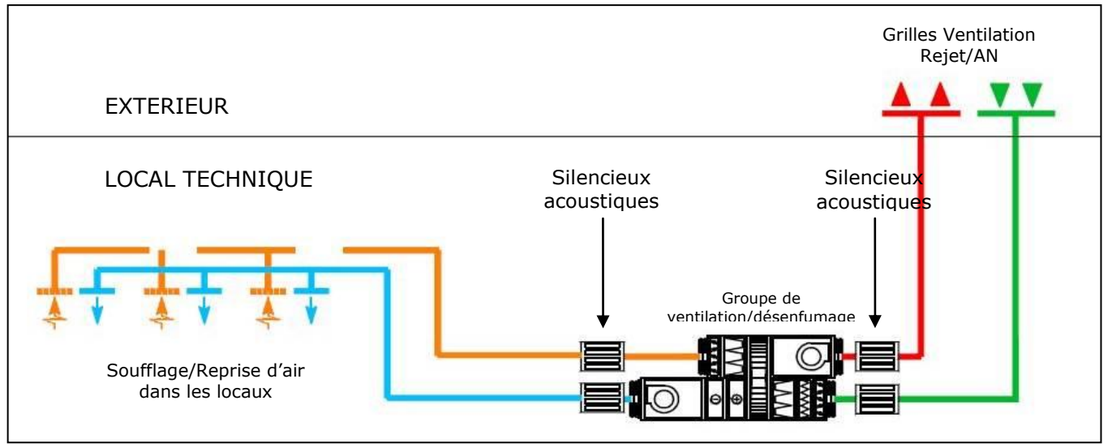



**Schéma de principe de fonctionnement d'une CTA exploitation pour une gare type**
(source : Société du Grand Paris)

Ces équipements techniques seront situés au sein des gares, dans des locaux techniques insonorisés. Cette localisation permet de limiter de manière significative les émissions sonores vers l'extérieur. **L'impact des équipements techniques internes aux gares pour les riverains et les usagers des gares est considéré comme négligeable**.

Les aéroréfrigérants peuvent parfois être situés en extérieur des gares, au niveau des toitures. Néanmoins, ils ne constituent pas des sources de bruit importantes et n'induiront que peu d'impacts sonores sur l'environnement.

Les groupes de ventilation seront quant à eux équipés de silencieux acoustiques permettant de « filtrer » le bruit généré dans les conduits et ainsi limiter le bruit émis vers l'extérieur, au niveau des grilles de ventilation. Dans le cadre du dimensionnement de ces silencieux, les objectifs de niveaux sonore à atteindre au droit des grilles de ventilation sont définis par application des émergences fixées par l'arrêté du 31 août 2006 et selon les résultats des mesures de bruit réalisées au droit des riverains les plus proches et des établissements sensibles éventuels. Ces objectifs sont repris dans les fiches individuelles de chaque gare.

**Les annonces en gare :**

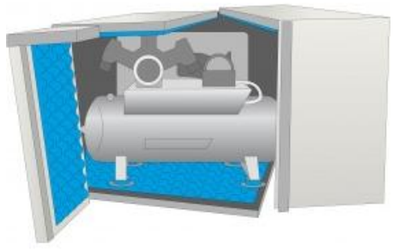
La perception des annonces en gare est possible mais chaque espace a été étudié de manière à optimiser l'acoustique interne et la compréhension des messages. Ceci réduit le risque de gêne sonore pour les riverains et les usagers, soit un impact sonore faible.

**Les escaliers mécaniques :**

Le fonctionnement des escaliers mécaniques est susceptible d'induire un léger bruit mais l'impact sonore sera faible, et ce, d'autant plus que ceux-ci ne fonctionneront pas la nuit.

**Mesures relatives aux équipements techniques des gares :**

- Mesures d'évitement :
  - structure des locaux techniques conçue de manière à contenir les nuisances sonores (parois isolantes, localisation des locaux techniques en sous-sol traitement des vibrations, ventilation traitée…)
  - arrêt des équipements non nécessaires à l'activité en période de nuit
- Mesure de réduction :
  - Isolation des équipements techniques : des dispositifs de capotage sont envisagés. Il s'agit d'isoler le système pour contenir le bruit dans la protection. La réduction des niveaux sonores apportée par un capotage peut varier de 10 à 40 dB(A) en fonction de sa composition et des contraintes techniques induites par l'appareil. Ces dispositifs peuvent être mis en place pour certains équipements situés en extérieur, ou de manière générale, autour des équipements de type pompe ou compresseur. Les groupes de ventilation sont souvent déjà équipés d'un capotage
  - Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation: il s'agit de solutions anti-bruit mis en place au niveau des groupes de ventilation, des extracteurs ou de la ventilation naturelle des locaux techniques



**Exemple de dispositif de capotage**
(source: paulstra-industry)



**Exemple de silencieux acoustiques pour gaines de ventilation** (source : Trox)

**Conclusion :**
Dans le cadre de l'exploitation des gares, les équipements techniques associés à leur fonctionnement et susceptibles de générer du bruit dans l'environnement feront l'objet de la mise en œuvre de dispositifs antibruit, de type silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation, dimensionnés de manière à viser des objectifs de niveaux sonores respectant les émergences limites définies dans le cadre de la lutte contre les bruits de voisinage.
**L'impact sonore lié à l'exploitation des gares est ainsi considéré comme faible.**

*b. Les impacts indirects liés à l'exploitation de la Ligne 15 Sud*

A l'échelle de l'Ile de France, la mise en exploitation de la Ligne 15 Sud doit avoir pour conséquence une diminution du trafic sur les grands axes routiers, soit une réduction du bruit routier, constituant un impact positif pour l'environnement sonore.

Néanmoins, il faut une variation de plus 30% du trafic pour faire varier les niveaux sonores de 1 dB(A), ce qui n'est pas, sauf exception, de l'ordre des variations de trafic prévues sur les grands axes routiers.

Compte tenu qu'une différence de niveau sonore inférieure à 1 dB(A) est inaudible pour l'oreille humaine, cela signifie que le projet n'aura pas d'impact sonore perceptible par la population sur le bruit routier à l'échelle de l'Ile de France.

*c. La fréquentation des gares par les usagers*

L'augmentation de la fréquentation piétonne, cycliste et/ou routière, induite par l'aménagement des gares, peut être à l'origine d'une augmentation des bruits de voisinage à proximité des infrastructures (déplacements des piétons, voix, activités liés aux commerces éventuels situés dans les gares, etc.).

Cette augmentation reste difficilement quantifiable à ce stade des études. Néanmoins, dans la mesure où les sites d'implantation des gares sont localisés au niveau de zones urbaines déjà constituées ou de zones d'activité, l'augmentation des niveaux sonores reste limitée.

Les échanges engagés par la Société du Grand Paris avec les collectivités locales permettent de définir des aménagements urbains adaptés aux déplacements attendus en phase d'exploitation. Ces aménagements concernent notamment l'organisation des espaces publics, comme les parvis autour des gares.

Le fonctionnement du réseau est également susceptible d'entrainer, à proximité immédiate des gares, une augmentation de la circulation routière. Une étude spécifique sur l'opportunité d'implanter des parkings relais voitures au niveau des gares a été réalisée. Les conclusions de cette étude mettent en évidence l'importance de mettre en place des aménagements qui limitent les impacts négatifs d'une augmentation de la circulation routière, en favorisant au maximum les modes actifs et les liaisons avec les réseaux de transports en commun existants ou à venir. Cela doit permettre d'éviter un rabattement trop important de la circulation au niveau des quartiers de gare et ainsi limiter l'augmentation des nuisances sonores liées à la circulation routière.

Un travail important a ainsi été engagé avec le Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF), autorité organisatrice des transports de la région, pour réaménager les lignes de bus actuelles et aménager de nouveaux pôles de bus à proximité immédiate des gares, de manière à fluidifier la circulation des bus dans le quartier.

**Mesures d'accompagnement relatives à la fréquentation des gares :**

- Élaboration d'une charte architecturale : cette charte vise notamment à retenir une conception favorisant l'appropriation des espaces, l'accessibilité et l'efficacité des parcours pour les usagers.
- Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte local existant autour des gares.
- Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF, aménagement de pôles bus au niveau des gares.

Ces mesures permettront de limiter les déplacements motorisés et donc l'impact sonore associé à l'augmentation du trafic à proximité des voies d'accès aux gares de la Ligne 15 Sud.

### 1.23.7 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes

Les ouvrages annexes peuvent assurer deux fonctions distinctes :

- Assurer le renouvellement de l'air intérieur en période normale d'exploitation, et le désenfumage de l'infrastructure en cas d'incendie dans le tunnel,
- En cas d'accident dans le tunnel, permettre l'arrivée des secours dans l'infrastructure, et l'évacuation des usagers vers l'extérieur si nécessaire.

L'ensemble des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud assurent une fonction « secours ». La fonction « ventilation/désenfumage » n'est, par contre, assurée que par certains ouvrages.

En surface, ces ouvrages se présentent sous la forme d'une grille pour la ventilation (éventuelle) et d'une trappe d'accès pour les secours.

**Les fonctions liées à l'entrée des secours et l'évacuation éventuelle des usagers ne présentent pas d'impact sur les niveaux de bruit.**

Le système de ventilation associé aux ouvrages de ventilation/désenfumage fonctionne de deux manières distinctes :

- d'une manière passive grâce au déplacement de l'air entrainé par la circulation des trains,
- d'une manière active grâce à des ventilateurs situés dans la partie souterraine de l'ouvrage. A titre d'information, ce type de ventilateurs, selon leur puissance et leur débit, sont susceptibles de générer, sans silencieux acoustique, des niveaux de bruit de 90 à plus de 100 dB(A) à 1m.

Les impacts sonores associés à l'aménagement des ouvrages de ventilation/désenfumage sont principalement liés au fonctionnement de ces ventilateurs.

La fonction de désenfumage est associée à des évènements exceptionnels, lors d'incidents. Son fonctionnement n'aura donc qu'un impact ponctuel sur l'environnement sonore, lors des essais périodiques du système, dont la durée est estimée inférieure à 2h.




**Exemple d'un ouvrage de sécurité et vue indicative d'un ouvrage en milieu urbain** (source : Société du Grand Paris)

Dans le cadre de l'analyse des impacts de ces ouvrages sur l'environnement sonore, l'identification des règles locales et les mesures de bruit réalisées au niveau des zones sensibles situées à proximités des ouvrages, permettent de définir les objectifs de niveau sonore à obtenir au droit des ouvrages. Les précisions méthodologiques sur la définition de ces niveaux sonores sont présentées dans la suite du chapitre.

Un objectif de niveau sonore limite est ainsi défini par application des émergences limites du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage pour chaque ouvrage. Cet objectif sert alors de point de départ pour le dimensionnement des silencieux qui seront mis en place au niveau des systèmes de ventilation/désenfumage.

**Mesures relatives au fonctionnement des ouvrages de ventilation/désenfumage**

- Mesure d'évitement :
  - implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres
- Mesures de réduction :
  - installation des ventilateurs sur des amortisseurs de manière à réduire le bruit en phase de fonctionnement
  - mise en place de traitements acoustiques pour réduire les niveaux de bruit : il s'agit principalement de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques à baffles parallèles pour traiter les bruits de ventilation/désenfumage mais aussi de solutions éventuelles au niveau des équipements et locaux techniques (grilles acoustiques, silencieux, capotages, etc.)
- Mesures de suivi : au lancement de l'exploitation, des mesures de bruit pourront être réalisées pour évaluer in situ les niveaux de bruit au droit des ouvrages de ventilation/désenfumage dans les secteurs les plus sensibles.



**Exemple de silencieux intégré dans un rameau de ventilation**
(source : puits de ventilation ligne métro 4 - *http://www.rendezvousavecla4.fr*)

**Conclusion :**
Le projet intègre la mise en œuvre de dispositifs antibruit de type silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation/désenfumage permettant de limiter l'émission de bruit au niveau des grilles de ventilation. Dans la mesure où les objectifs de niveaux de bruit visés après mis en œuvre de ces dispositifs sont établis par application des émergences limites fixées par le décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.
**L'impact sonore relatif au fonctionnement des ouvrages de ventilation/désenfumage est considéré comme négligeable à faible.**

### 1.23.8 Impacts et mesures liés à l'exploitation des sites de maintenance

La Ligne 15 Sud accueillera 2 sites de maintenance :

- Le site de maintenance et de remisage (SMR) des trains de Champigny, assurant le poste de commandement centralisé (PCC) et permettant la maintenance et le remisage des trains de la Ligne 15 Sud,
- Le site de maintenance des infrastructures (SMI) de Vitry, qui assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport (signalisations, équipements électromécaniques, …)

Ces sites industriels sont composés de différents ensembles fonctionnels susceptibles de générés des nuisances sonores dans l'environnement. Les ateliers de maintenance et les locaux et équipements techniques sont les sources sonores les plus bruyantes :

- A titre d'exemple, un atelier de maintenance peut accueillir un Tour en Fosses (matériel de maintenance des roues) présentant des niveaux sonores estimés autour de 95 dB(A) à 1m, une station de nettoyage et/ou une station de lavage (77 à 90 dB(A) à 1m), une ou plusieurs cabine(s) de peinture (87 à 100 dB(A) à 1m),
- Les équipements de ventilation, également à l'origine d'émissions sonores dans l'environnement, seront équipés de dispositifs anti-bruit de type silencieux ou grilles acoustiques.

Les 2 sites de maintenance de la Ligne 15 Sud sont localisés sur des secteurs industriels :

- Le SMR de Champigny est situé au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, sur un secteur actuellement occupé par des activités bordées par des terrains en friche,
- Le SMI de Vitry est situés dans le secteur des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

La localisation des sites de maintenance, qui s'intègrent dans des secteurs industriels, permet de limiter de manière significative les nuisances sonores liées au fonctionnement de ces infrastructures.

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau, les activités se dérouleront en continu (jour et nuit). Les principales activités seront cependant réalisées à l'intérieur des bâtiments, ce qui limite ainsi les émissions sonores vers l'extérieur.

Le SMR de Champigny est soumis à autorisation au titre des ICPE. Il fera donc l'objet d'une étude d'impact spécifique avec modélisation acoustique dans un dossier réalisé en parallèle de la présente étude.

Pour rappel, les impacts et les objectifs de niveaux sonores spécifiques sont déclinés sur pour les 2 sites de maintenance dans la suite du chapitre.

**Mesures relatives à l'exploitation des sites de maintenance**

- Mesure d'évitement : sites d'implantation éloignés des habitations, sur des secteurs à caractère industriel
- Mesure de réduction :
  - confinement du bruit à l'intérieur des ateliers à l'aide de panneaux absorbants pour respecter le confort des employés et réduire la transmission du bruit vers l'extérieur ;
  - construction d'un bâtiment insonorisé pour assurer les activités de maintenance à l'intérieur sans que ces dernières génèrent des nuisances sonores pour les riverains
  - mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit : il s'agit de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques pour les groupes de ventilation, les extracteurs ou la ventilation naturelle des bureaux, ateliers et locaux techniques.

### 1.23.9 Conclusion sur les impacts sonores en phase exploitation

Dans le cadre de l'aménagement du réseau de la Ligne 15 Sud, qui s'inscrit dans un territoire très urbanisé, la sensibilité du projet vis-à-vis des nuisances sonores est forte. Les impacts sonores liés à l'exploitation du réseau sont principalement induits par le fonctionnement des équipements techniques et des systèmes de ventilation. Ces éléments bénéficieront de dispositifs anti-bruit

performants, dimensionnés de manière spécifique afin de limiter au maximum les nuisances sur l'environnement sonore existant à proximité des ouvrages.

**Ainsi, les impacts directs, localisés au niveau des ouvrages émergents, sont faibles voire négligeables lorsque les ouvrages s'intègrent dans un environnement sonore préexistant déjà impacté, masquant ainsi le bruit induit par le fonctionnement des ouvrages du réseau.**

Les impacts indirects liés à l'exploitation du réseau par les usagers, restent localisés au niveau des quartiers situés aux alentours des gares. Ils sont principalement induits par l'augmentation potentielle du trafic routier. Les concertations menées avec les acteurs locaux et les sociétés de transports permettent d'adapter la définition du projet au contexte local rencontré dans chaque secteur d'aménagement dans le but de limiter ces augmentations de trafic.

**Ainsi, les impacts sonores indirects sont considérés comme faibles à modérés, en fonction des conditions de trafic existantes dans les différents secteurs d'aménagement des gares.**

## 1.23.10 Méthodologie d'évaluation des impacts spécifiques et définition des objectifs de niveaux sonores

Le présent chapitre s'attache à décliner les impacts et mesures associés à chaque ouvrage, de manière à prendre en compte les spécificités techniques et le contexte local rencontré dans chaque secteur d'aménagement.

### *1.23.10.1 Méthodologie d'évaluation des impacts sonores en phase chantier*

Dans le cadre de la définition des impacts sonores en phase chantier, l'analyse s'appuie sur :

- La localisation de l'emprise chantier par rapport aux riverains et/ou aux bâtiments sensibles les plus proches,
- La comparaison des niveaux de bruit prévisibles pour les différentes phases du chantier par rapport à l'environnement sonore préexistant. Ces « niveaux de bruit prévisibles » sont définis par application des valeurs de références présentées dans le chapitre relatif aux impacts et mesures généraux en phase chantier. A noter qu'il s'agit de niveaux sonores observables durant la phase d'activité du chantier uniquement, et non d'un niveau de bruit moyen sur la période de jour complète,
- L'impact du « charroi chantier » sur les accès au site. Cet impact est étudié par analyse du mode de transport utilisé (fluvial, ferré ou routier) et du type de voie d'accès au site (largeur, état, densité du trafic existant),
- Les impacts indirects éventuels, comme les déviations de voiries.

### *1.23.10.2 Méthodologie de définition des objectifs de niveaux sonores pour l'exploitation des gares*

Les **objectifs de niveaux sonores** au droit des ouvrages sont définis par application des valeurs d'émergences limites définies par le décret du 31 août 2006 pour un fonctionnement continu en régime de ventilation usuel (hors désenfumage) :

- + 5 dB(A) en période de jour,
- +3 dB(A) en période de nuit.

*a. <u>Définition du niveau de bruit limite au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches</u>*

Dans le cadre de la détermination des niveaux de bruit visés au droit des riverains et des bâtiments sensibles les plus proches, ces émergences limites sont additionnées au niveau sonore préexistant, défini dans le cadre des mesures de bruit réalisées. Le niveau de bruit de fond pris comme référence est l'indice LA90.

A partir de ce niveau de bruit de fond, le niveau de bruit maximal est calculé en ajoutant de manière arithmétique l'émergence fixée par le décret :

$$\mathbf{L_{tot} = L_{Bdf} + E_{limite}}\ \textit{(formule A)}$$

$L_{tot}$ : niveau de bruit maximal au droit des riverains et bâtiments sensibles les plus proches

$L_{Bdf}$ : niveau de bruit de fond (LA90) mesuré dans le secteur d'implantation de l'ouvrage
$E_{limite}$ : émergence limite fixée par le décret

*b. Définition des objectifs de niveau de bruit particulier au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches*

Le niveau de bruit particulier correspond à la part seule de la source de bruit considérée, en dehors du niveau de bruit de fond préexistant, soit dans le cas présent le bruit lié à la ventilation des gares car il est considéré que les locaux techniques sont suffisamment insonorisés pour ne pas générer de bruit à l'extérieur hormis en ce qui concerne la ventilation de ces locaux.

Le niveau de bruit particulier objectif se calcule par différence logarithmique entre le niveau Ltot fixé ci-dessus et le niveau de bruit de fond déterminé par les mesures. Soit la formule suivante :

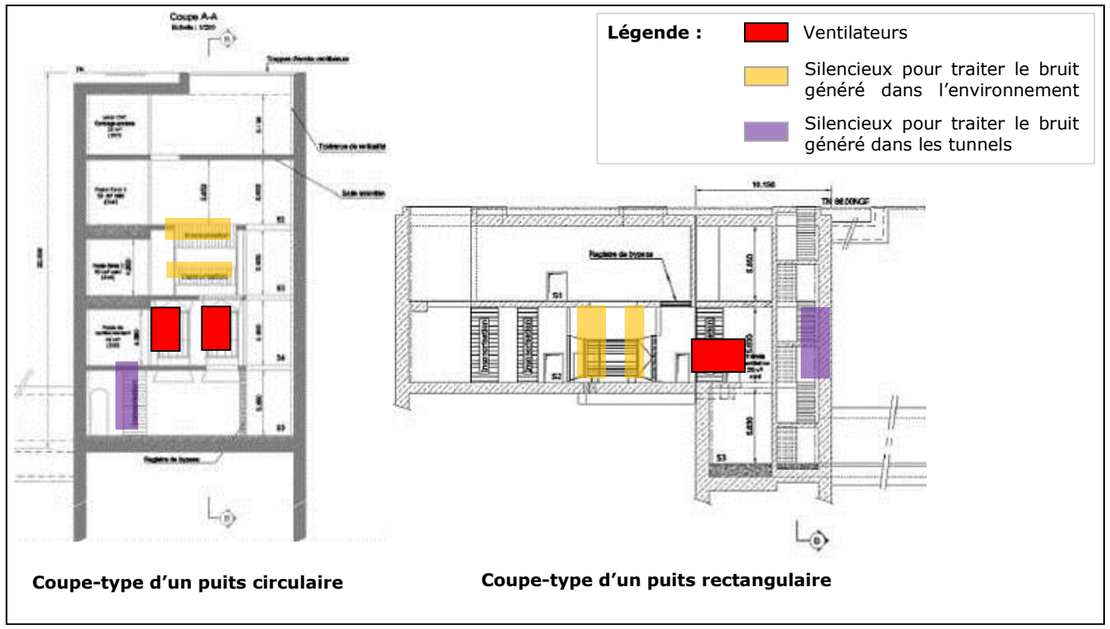
$$L_{part} = 10 \times \log (10^{(Ltot/10)} - 10^{(LBdf/10)}) \quad \textit{(formule B)}$$

Avec :
$L_{tot}$ : Niveau de bruit maximal autorisé AVEC ventilateurs et équipements en fonctionnement
$L_{Bdf}$ : Niveau de bruit de fond (LA90) mesuré dans le secteur d'implantation de l'ouvrage

### *1.23.10.3 Méthodologie de définition des objectifs de niveaux sonores pour le fonctionnement des ouvrages annexes*

Afin de limiter l'émission de bruit dans l'environnement liée au fonctionnement des systèmes de ventilation présents au niveau des ouvrages annexes, des systèmes antibruit de type silencieux seront mis en œuvre. Ces équipements ont pour objectif de traiter le bruit lié à la ventilation de l'infrastructure et également de limiter le bruit potentiel induit par le passage des métros à proximité des ouvrages (« effet piston », voir chapitre s'y référant).

A titre d'exemple, les figures ci-après reprennent les schémas de principe d'implantation de ces silencieux pour 2 types d'ouvrages de sécurité/ventilation de la Ligne 15 Sud.




**Coupe-type d'un puits circulaire** **Coupe-type d'un puits rectangulaire**

**Schémas de principe d'implantation des silencieux pour 2 types d'ouvrages de sécurité/ventilation** (source : notice descriptive des ouvrages annexes de l'AVP-B)

Le dimensionnement de ces dispositifs n'étant pas encore réalisé de manière précise à ce stade des études, la suite du chapitre s'attache à présenter le calcul des objectifs de niveaux de bruit visés au droit de ces ouvrages, qui serviront de point de départ pour le dimensionnement des silencieux.

*c. Définition des objectifs de niveaux de bruit maximal et particuliers au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches*

Ces niveaux de bruit ($L_{tot}$ et $L_{part}$ ) sont définis par application de la méthodologie présentée dans le chapitre précédent, relatif aux objectifs de niveaux de bruit pour l'exploitation des gares.

Dans le cadre de la fonction de désenfumage des ouvrages, les tests de désenfumage auront lieu uniquement en période de jour (7-22h), en semaine, et bénéficient d'un terme de correction de 3 dB(A) supplémentaire lié à la durée réduite d'intervention (≤2h), soit une émergence limite de 8 dB(A) en période de jour.

*d. Définition des objectifs des niveaux de bruit particuliers à 1m des grilles de ventilation*

Les objectifs de niveaux de bruit visés pour le fonctionnement des ouvrages de ventilation permettront de dimensionner les silencieux acoustiques à mettre en œuvre.

Ces objectifs de niveaux sonores sont définis par application d'une courbe d'atténuation par la distance d'une source de bruit de type surfacique assimilable à une grille d'un puits de ventilation.

Les sources surfaciques ont été modélisées à l'aide du logiciel CadnaA. Les hypothèses de calculs considérées dans le modèle sont les suivantes :

- Pas de prise en compte de la topographie ou d'obstacle éventuel,
- Cartes de bruit réalisées en coupe à partir d'une surface rayonnante au sol de 52m², ce qui correspond à la taille moyenne des grilles de ventilation constatées au niveau des ouvrages annexes, et pour un cas d'insertion en sol réverbérant (surface principalement bitumée),
- Maillage 1 x 1m, soit un point de calcul tous les 1m,
- Aucun effet météorologique.

Les résultats issus de cette modélisation sont les suivants :

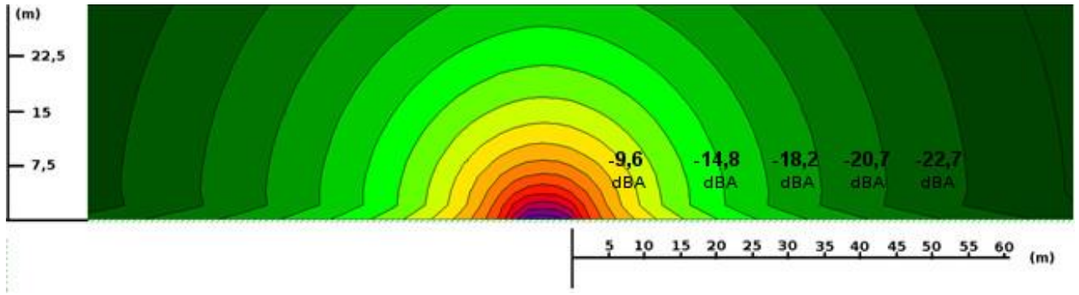



**Illustration de la décroissance sonore du bruit d'un puits de ventilation – sol réverbérant**

Les résultats de profil d'atténuation en dB (coupe) en fonction de la distance pour une propagation du bruit d'une grille de ventilation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2 mètres au-dessus du sol sont présentés dans le tableau suivant :

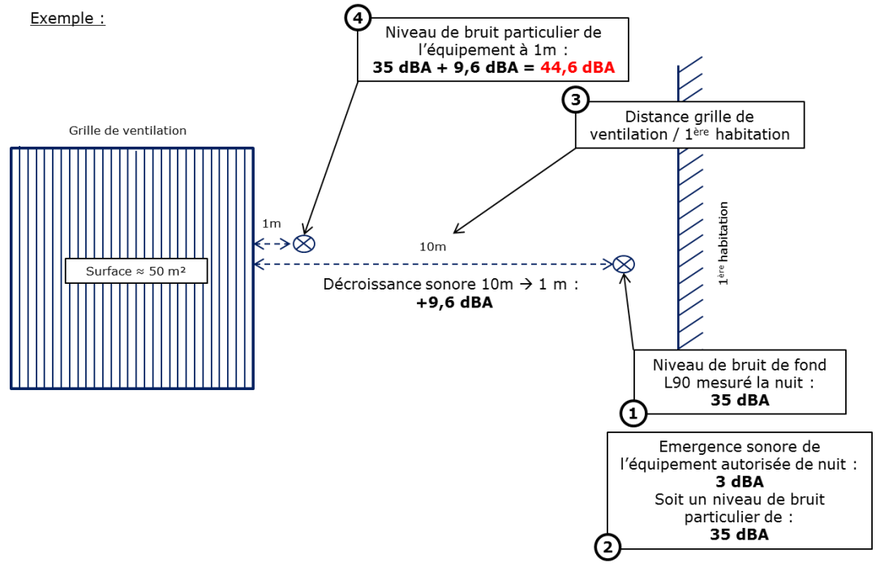
**Atténuation calculée par la distance d'une source surfacique jusqu'à 52m² par rapport à une distance de 1m et pour un sol réverbérant**

| **Distance (à 1m de la source)** | **2m** | **3m** | **4m** | **5m** | **6m** | **7m** | **8m** | **9m** | **10m** | **12m** | **14m** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Atténuation (dB) | -1,6 | -3,0 | -4,3 | -5,4 | -6,4 | -7,3 | -8,2 | -8,9 | -9,6 | -11,0 | -12,1 |
| **Distance (à 1m de la source)** | **16m** | **18m** | **20m** | **25m** | **30m** | **35m** | **40m** | **45m** | **≥50 m** | | |
| Atténuation (dB) | -13,1 | -14,0 | -14,8 | -16,6 | -18,2 | -19,5 | -20,7 | -21,7 | -22,7 | | |

L'application de ces valeurs d'atténuation permet de déterminer, en fonction du niveau de bruit particulier défini et de la distance entre l'ouvrage et les riverains/bâtiments sensibles les plus proches, l'objectif de niveau de bruit à atteindre à 1m de la grille.

La plupart des grilles de ventilation étant situées dans des zones accessibles aux piétons, les objectifs de niveaux sonores à 1m des grilles de ventilation seront limités à 65 dB(A) en période de jour et 60 dB(A) la nuit (valeurs de référence pour une zone d'ambiance sonore modérée), dans le cadre où les niveaux sonores calculés dépasseraient ces valeurs.

A titre d'exemple, le schéma présenté ci-après, illustre la méthodologie appliquée pour la définition des objectifs de niveaux de bruit :




1- Le niveau de bruit de fond LA90 est défini au droit du riverain le plus proche de l'ouvrage considéré (mesures de bruit réalisées).

2- Le niveau de bruit particulier au droit du riverain le plus proche est défini par application des formules A puis B :

$$L_{tot} = 35 + 3 = 38 \text{ dB(A)}$$ *(formule A)*

$$L_{part} = 10 \times \log (10^{(38/10)} - 10^{(35/10)}) = 35 \text{ dB(A)}$$ *(formule B)*

3- La distance entre la source et la première habitation est définie, ce qui permet de déterminer le terme correctif associé grâce au tableau d'atténuation par la distance d'une source surfacique.

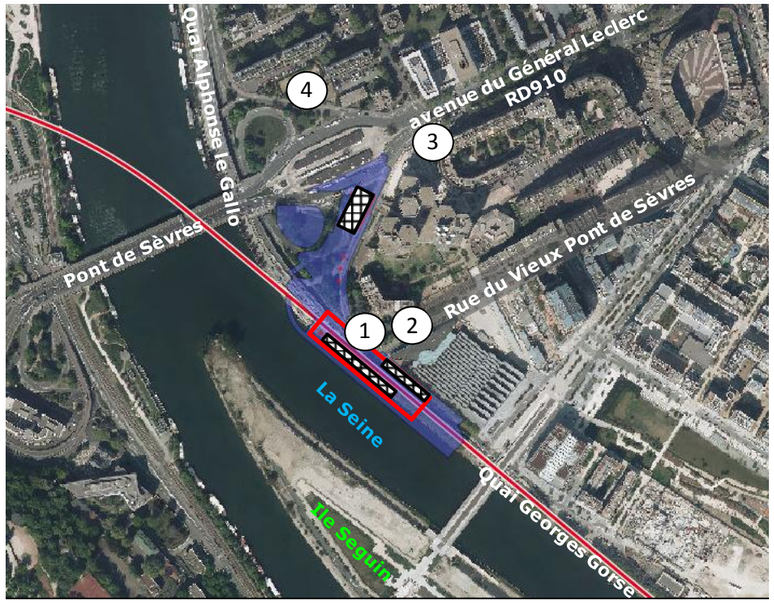
4- L'objectif de niveau de bruit à 1m est ensuite fixé en ajoutant ce terme correctif au niveau de bruit particulier calculé au droit des riverains les plus proches.

### 1.23.11 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des gares et des sites de maintenance

L'analyse des impacts spécifiques réalisée à l'échelle des gares et des sites de maintenance est proposée ci-dessous sous forme d'une fiche par ouvrage déclinant les impacts et mesures en phase chantier et en phase exploitation.

**L15 SUD**

# Gare Pont de Sèvres




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Emprise chantier

Ligne 15 Sud

0 50 m

N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 60,5 | 39,1 | 5 | 3 | 63,8 | 39,1 |
| **2** | 56,9 | 41,6 | 5 | 3 | 60,2 | 41,6 |
| **3** | 61,7 | 51,3 | 5 | 3 | 65,0 | 51,3 |
| **4** | 56,5 | 42,7 | 5 | 3 | 59,8 | 42,7 |

**Contexte :**

La gare de Pont de Sèvres est située au sud de la commune de Boulogne-Billancourt en limite de la commune de Sèvres. Le secteur est en développement avec les projets du quartier du Trapèze à l'Est, ceux de la passerelle et de la cité musicale de l'Ile Seguin à l'Ouest ainsi que la rénovation des Tours General Electric au Nord.

L'environnement sonore est marqué par trafic routier très important sur le secteur.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impact indirect |
|---|---|---|---|
| Démolition | - | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | Tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | Tranchée couverte | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | Via la Seine et la RD1 | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **utilisation du transport fluvial pour l'approvisionnement chantier et l'évacuation des déblais**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont négligeables dans la mesure où la gare est bien desservie par les transports en commun (gare routière, M9 et T2) et l'augmentation éventuelle de trafic n'aura pas d'impact significatif sur les grands axes routiers du secteur.

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Pont de Sèvres, un impact cumulé peut être induit par le développement du quartier : la cité musicale de l'Ile Seguin et sa passerelle de connexion à Boulogne-Billancourt ainsi que l'urbanisation importante du quartier du Trapèze (immeubles mixtes : commerces, bureaux et habitations) et le réaménagement de la gare routière. Cela peut induire une augmentation de la fréquentation du quartier à la fois piétonne et routière, avec une augmentation potentielle des bruits routiers et des bruits de voisinage associés. Cependant, le bruit routier est important sur la zone et l'impact cumulé éventuel sera faible.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Pont de Sèvres | | | |

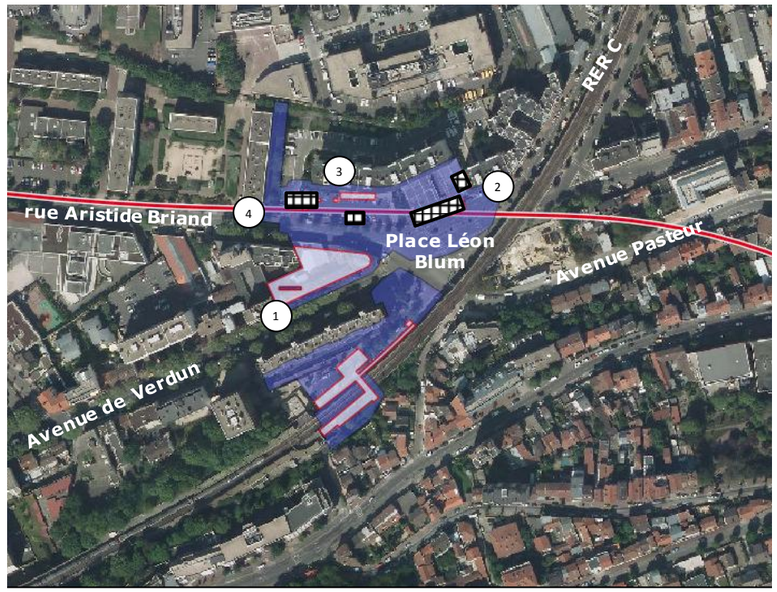
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Issy RER




1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 54,9 | 43,3 | 5 | 3 | 58,2 | 43,3 |
| **2** | 56,3 | 44,6 | 5 | 3 | 59,6 | 44,6 |
| **3** | 54,3 | 45,6 | 5 | 3 | 57,6 | 45,6 |
| **4** | 55,3 | 47,5 | 5 | 3 | 58,6 | 47,5 |

## Contexte :

La gare d'Issy RER est située sur la commune d'Issy-les-Moulineaux et implantée au croisement de 3 axes routiers au niveau de la place Léon Blum. Le projet de gare intègre une connexion avec le RER C. Dans le cadre du projet du Grand Paris Express, un projet connexe de nouveaux logements est envisagé au-dessus de la gare. Le secteur intègre également le projet d'aménagement de la ZAC Léon Blum.

L'environnement sonore est bruyant, impacté par le bruit issu du trafic routier, certains secteurs bénéficiant de nuisances sonores plus modérées.

## Impacts directs et indirects en phase chantier :

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | La circulation est maintenue au niveau de la place Léon Blum mais coupée au niveau de la rue Aristide Briand avec mise en place d'un itinéraire de déviation. |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert puis sous dalle partielle | | |
| Gros œuvre | sous dalle partielle | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | rue A.Briand, rue de Verdun | | |

## Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

## Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects générés par le projet sont induits par la création d'une nouvelle voie d'accès à la gare du RER C associée à une augmentation potentielle du trafic routier sur la rue Aristide Briand, l'avenue de Verdun ainsi que la place Léon Blum. L'impact résultant est faible, l'environnement existant étant impacté par le trafic routier.

## Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare d'Issy RER, un impact cumulé peut être induit par le développement de plusieurs projets. L'aménagement de la ZAC Léon Blum peut avoir pour effet d'augmenter la fréquentation du quartier, induisant une plus grande exposition des usagers au bruit. Le projet d'aménagement de bâtiments de logements surplombants la gare (en cours d'étude) peut induire une augmentation des impacts en matière de bruit considérée comme modérée.

## Synthèse des impacts en phase exploitation :

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Issy RER | | | |

## Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart




1 Points de référence
Gare
Localisation des principales zones de ventilation
Ligne 15 Sud
Emprise chantier
0 50 m
N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 52,4 | 32,7 | 5 | 3 | 55,7 | 32,7 |
| **2** | 48,9 | 42,1 | 5 | 3 | 52,2 | 42,1 |
| **3** | 39,1 | 42,0 | 5 | 3 | 42,4 | 42,0 |
| **4** | 47,9 | 39,8 | 5 | 3 | 51,2 | 39,8 |
| **5** | 43,9 | 38,9 | 5 | 3 | 47,2 | 38,9 |

**Contexte :**

La gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart est localisée en centre-ville, au droit de la gare Transilien de Clamart, à proximité d'une zone pavillonnaire calme. Un projet immobilier, porté par la ville de Clamart, est localisé au sud de la gare.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire ponctuel et, sur la partie sud du secteur, par le bruit du trafic routier.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | fermeture temporaire de la rue du Clos Montholon et sur certains tronçons du Bd Vigouroux – déviation de lignes de bus |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | mixte ciel ouvert / en souterrain | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | bd des Frères Vigouroux/plateforme ferroviaire | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via le Bd des Frères Vigouroux**
- **utilisation du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais (objectif de 50%)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable à faible dans la mesure où la zone est calme, le bruit de la ventilation pourrait être légèrement perceptible pour les piétons et les riverains au niveau des points (4) et (5).

Les impacts sonores indirects induits par une augmentation potentielle de trafic sont limités par le réaménagement de la Place de la Gare qui impose l'accès au site via le Bd des Frères Vigouroux (voirie déjà largement empruntée).

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, un impact cumulé peut être induit par le projet de nouveau quartier porté par la ville sur les secteurs limitrophes de la gare, qui prévoit un programme mixte logements/équipements, soit une augmentation potentielle des bruits de voisinages et le renforcement des enjeux en matière de bruit. Néanmoins, avec le réaménagement de la place de la Gare, la pression du trafic routier devrait diminuer, avec un impact local positif attendu.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Fort d'Issy | | | |

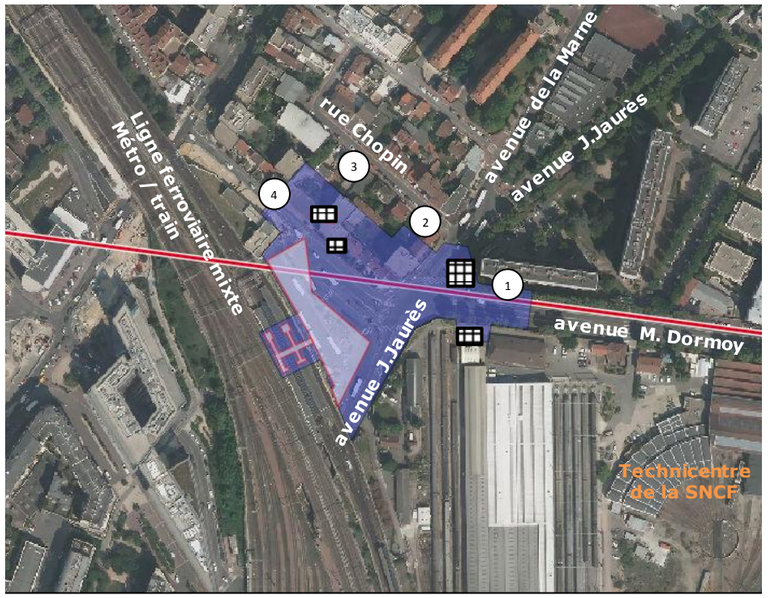
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)
- **restructuration et adaptation du réseau de bus de manière à limiter l'augmentation du trafic routier**

**L15 SUD**

# Gare Châtillon-Montrouge




1 Points de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 59,4 | 43,4 | 5 | 3 | 62,7 | 43,4 |
| **2** | 55,6 | 36,8 | 5 | 3 | 58,9 | 36,8 |
| **3** | 47,9 | 38,4 | 5 | 3 | 51,2 | 38,4 |
| **4** | 61,8 | 41,9 | 5 | 3 | 65,1 | 41,9 |

**Contexte :**

La gare de Châtillon-Montrouge est située dans un quartier présentant des activités diverses en termes de bâti et d'infrastructures, avec au Nord-Ouest des pavillons, au Nord-Est des immeubles de grande hauteur et au Sud-Ouest les infrastructures du T6 et du M13. Un projet connexe de bâtiments de bureaux, est envisagé en surplomb de la gare.

L'environnement sonore préexistant est marqué par le bruit routier des avenue Marx Dormoy et Jean Jaurès.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | tranchée couverte | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via la D62 / D63 | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **localisation des équipements techniques et de la zone d'approvisionnement chantier le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès et à une fréquentation accrue de la gare. Néanmoins, l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondances M13, T6, lignes de bus etc.).

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Châtillon-Montrouge, un impact cumulé peut être induit par la construction d'un bâtiment de bureaux surplombant l'accès de la gare (projet connexe en cours d'étude). Ce projet connexe est susceptible d'engendrer un impact sonore dans la mesure où il peut influencer la fréquentation du secteur et accueillir des équipements techniques, soit une élévation potentielle du bruit routier et des bruits de voisinage. La réalisation d'un troisième quai sur le métro M13 et d'une correspondance aérienne entre la gare existante et la future gare GPE font également partis des projets pouvant entrainer un effet cumulé sur l'émission de bruit dans l'environnement

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Châtillon-Montrouge | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare de Bagneux




1 Points de mesures

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 56,4 | 50,2 | 5 | 3 | 59,7 | 50,2 |
| **2** | 48,8 | 44,6 | 5 | 3 | 52,1 | 44,6 |
| **3** | 51,5 | 46,6 | 5 | 3 | 54,8 | 46,6 |
| **4** | 49,0 | 47,1 | 5 | 3 | 52,3 | 47,1 |

**Contexte et enjeux :**

La gare de Bagneux est implantée dans un contexte urbain dense, en présence d'artères urbaines telles que l'avenue Louis Pasteur et l'avenue Henri Barbusse. Des mutations futures aux alentours sont engagées dans le cadre du projet de la ZAC Victor Hugo portée par la SEMABA et du projet de correspondance avec le métro 4.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier des avenues présentes sur le secteur, avec des niveaux de bruit moins marqués en intérieur d'ilot.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Arrêt temporaire du trafic de l'avenue Louis Pasteur et Henri Barbusse => réduction du bruit routier |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert puis en tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | en tranchée couverte | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | av. L.Pasteur, H.Barbusse et rue de Verdun | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte « couverture première »**
- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact faible sur l'environnement déjà marqué par le trafic routier. L'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le réaménagement des transports en commun (bus et métro 4).

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Bagneux, un impact cumulé peut être induit par la connexion de la gare avec la ligne de métro 4 ainsi que par le projet d'éco-quartier de la ZAC Victor Hugo, à l'origine d'une augmentation de fréquentation du quartier associée à des nuisances sonores potentielles. Ces impacts resteront cependant faibles.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare de Bagneux | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

| L15 SUD | Gare Arcueil-Cachan |
|---|---|




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 45,7 | 35,3 | 5 | 3 | 49,0 | 35,3 |
| **2** | 55,2 | 40,3 | 5 | 3 | 58,5 | 40,3 |
| **3** | 51,9 | 38,2 | 5 | 3 | 55,2 | 38,2 |
| **4** | 44,3 | 33,7 | 5 | 3 | 47,6 | 33,7 |

**Contexte :**

La gare d'Arcueil-Cachan est située sur la commune de Cachan, au niveau d'une zone résidentielle. Son implantation est conditionnée par diverses contraintes incluant les aménagements futurs portés par la ville de Cachan.

L'environnement sonore est marqué par la présence du RER B ainsi que par le trafic routier de l'avenue Carnot.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impacts indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert puis en tranchées couvertes | | |
| Gros œuvre | tranchées couvertes | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | av Carnot et rue Marcel Bonnet | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchées couvertes (à partir d'un puits central)**
- **localisation des équipements techniques au Sud de l'emprise de l'ancien marché Carnot**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via la rue Marcel Bonnet pour limiter l'impact en partie Nord**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière, avec un réseau viaire (hormis l'avenue Carnot) peu adapté, soit un impact potentiel modéré qui sera néanmoins réduit par une bonne gestion des flux .

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare d'Arcueil-Cachan, un impact cumulé peut être induit par le projet connexe de valorisation immobilière de la gare (projet connexe en cours d'étude) au droit du marché Carnot amené à être démoli. L'impact cumulé résultant est considéré comme modéré.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Arcueil-Cachan | | | |

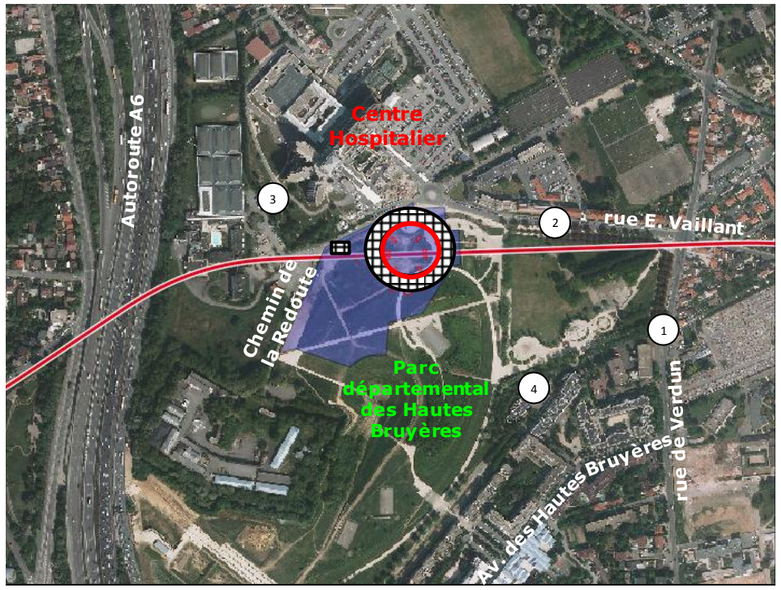
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Villejuif Institut Gustave Roussy




1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 53,8 | 45,0 | 5 | 3 | 57,1 | 45,0 |
| **2** | 52,8 | 50,2 | 5 | 3 | 56,1 | 50,2 |
| **3** | 54,6 | 54,8 | 5 | 3 | 57,9 | 54,8 |
| **4** | 45,3 | 43,0 | 5 | 3 | 48,6 | 43,0 |
| **5** | 53,0 | 53,7 | 5 | 3 | 56,3 | 53,7 |

**Contexte :**

La gare de Villejuif IGR est située dans le parc départemental des Hautes Bruyères. Le secteur accueille au nord du site l'Institut Gustave Roussy. Le projet de ZAC « Campus Grand Parc » prévoit la création d'îlots de bureaux et de logements autour de la gare.

L'environnement sonore est marqué par la présence de l'autoroute A6 situé à l'ouest de la gare.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | - | | Pas d'impacts indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert puis en souterrain | | |
| Gros œuvre | extrémités de la gare en souterrain | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | A6 via le Chemin de la Redoute | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive partiellement en souterrain à partir d'un grand puits central**
- **localisation des équipements techniques en tranchée au centre de l'emprise**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via le Chemin de la Redoute sous l'A6**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit des équipements sera masqué par le bruit routier présent sur la zone.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation piétonne dans le parc des Hautes Bruyères et du trafic routier sur les voies existantes. Ils seront réduits grâce à une bonne gestion des flux et le développement/réaménagement des transports en commun sur la future ZAC « Campus Grand Parc ».

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Villejuif IGR, un impact cumulé peut être induit par le développement de la ZAC « Campus Grand Parc » qui prévoit la création d'îlots de bureaux et de logements autour de la gare. Ce projet est susceptible d'avoir un impact sonore et de rapprocher les riverains actuellement peu nombreux et relativement éloignés de la future gare.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Villejuif IGR | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Villejuif Louis Aragon




1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 62,8 | 52,2 | 5 | 3 | 66,1 | 52,2 |
| **2** | 60,7 | 48,6 | 5 | 3 | 64,0 | 48,6 |
| **3** | 55,0 | 46,0 | 5 | 3 | 58,3 | 46,0 |
| **4** | 57,8 | 46,3 | 5 | 3 | 61,1 | 46,3 |

**Contexte :**

La gare de Villejuif Louis Aragon se situe au sud-est de la commune de Villejuif, dans un environnement urbain dense. Un projet valorisation sur l'ensemble de l'îlot "Aragon" est en cours d'étude.

L'environnement sonore est marqué par un trafic routier important et continu.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impacts indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert puis en tranchées couvertes | | |
| Gros œuvre | en tranchées couvertes | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via Bd Gorki | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode en tranchée couverte « couverture première »**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit des équipements sera masqué par le bruit routier marqué sur le secteur.

Une augmentation de trafic sur les voies d'accès à la gare peut être induite mais l'impact sonore résultant sera limité dans la mesure où les voies d'accès sont bien adaptées et les transports en commun sont nombreux sur le secteur (M7, T7 et lignes de bus).

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Villejuif Louis Aragon, les projets immobiliers de l'îlot "Aragon" (bureaux et logements) peuvent avoir un impact sur l'environnement sonore à travers l'augmentation de fréquentation du quartier (trafic routier et piétons). Les impacts sonores induits seront néanmoins limités dans la mesure où la zone est déjà soumise à un trafic routier important, une augmentation éventuelle de trafic engendrerait donc une augmentation du bruit limitée.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Villejuif VLA | | | |

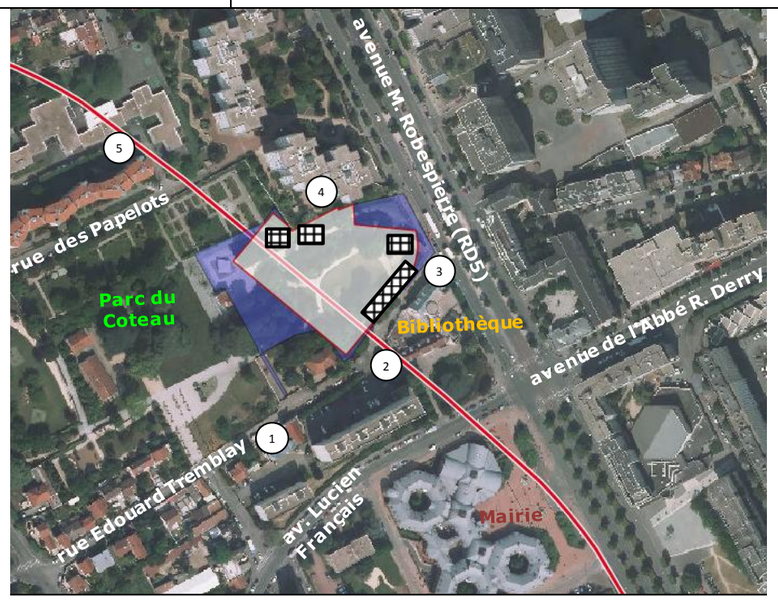
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Vitry Centre




1 Points de mesures

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 47,4 | 39,7 | 5 | 3 | 50,7 | 39,7 |
| **2** | 46,4 | 38,9 | 5 | 3 | 49,7 | 38,9 |
| **3** | 57,0 | 42,8 | 5 | 3 | 60,3 | 42,8 |
| **4** | 43,1 | 39,5 | 5 | 3 | 46,4 | 39,5 |
| **5** | 40,6 | 36,6 | 5 | 3 | 43,9 | 36,6 |

**Contexte :**

La gare de Vitry Centre est implantée sous le parc du Coteau, en plein centre-ville de la commune de Vitry-sur-Seine. Elle est entourée de logements au Sud et au Nord ainsi que de bâtiments collectifs (bibliothèque, hôtel de ville et école maternelle), ce qui en fait un site contraint.

L'environnement sonore est particulièrement calme, excepté au droit de l'avenue Maximilien Robespierre, soumise au bruit routier.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impacts sonores indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert, puis en tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | partiellement souterrain | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via la RD5 | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte et partiellement souterraine**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est faible, les équipements pourraient malgré tout être légèrement perceptibles car la zone est calme avec une circulation piétonne importante.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation piétonne dans le parc du Coteau, soit une augmentation possible des bruits de voisinages. L'impact sonore lié à une augmentation potentielle de trafic est faible dans la mesure où le trafic de la RD5 est déjà important. Il sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun.

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Vitry Centre, un impact cumulé peut être induit par la mise en service du tram T9, soit une augmentation potentielle du bruit pour les riverains de la RD5.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Vitry Centre | | | |

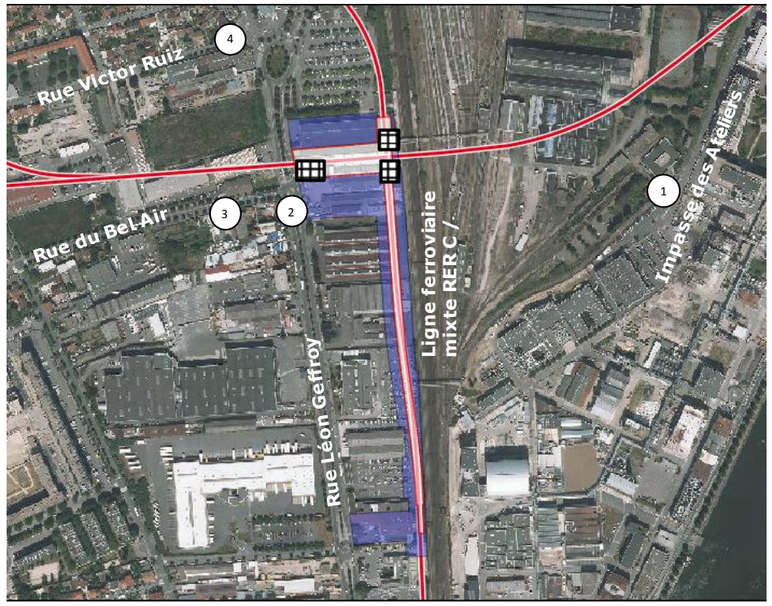
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Les Ardoines




1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 50,0 | 49,8 | - | - | - | - |
| **2** | 57,0 | 45,4 | 5 | 3 | 60,3 | 45,4 |
| **3** | 51,1 | 45,2 | 5 | 3 | 54,4 | 42,2 |
| **4** | 53,7 | 42,0 | 5 | 3 | 57,0 | 42,0 |

**Contexte :**

La gare des Ardoines se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Autour, le tissu urbain est contrasté, industriel à l'Est et pavillonnaire à l'Ouest. Le projet limitrophe de la ZAC « Gare des Ardoines » se construira progressivement autour de la nouvelle gare.

L'environnement sonore est marqué par différentes sources ce bruit : le bruit routier et ferroviaire, ainsi que le bruit des activités industrielles du secteur.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impacts indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert / souterrain à l'ouest | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert / souterrain à l'ouest | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via la Rue Léon Geffroy | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **localisation de l'ouvrage dans une zone industrielle peu sensible aux nuisances sonores (pas de riverains à proximité)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 40m des riverains.

Une augmentation de trafic sur la rue Léon Geffroy est possible, mais il s'agit d'une artère industrielle peu sensible, l'impact indirect est considéré comme négligeable.

**Impacts cumulés :**

La gare des Ardoines se situe au centre d'un projet de régénération urbaine qui prévoit la création de nouveaux boulevards urbains et la construction d'îlots bâtis autour de la place de la gare.

Ces projets sont susceptibles d'engendrer un impact sonore significatif et de rapprocher les riverains actuellement peu nombreux et lointains de la nouvelle gare.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Les Ardoines | | | |

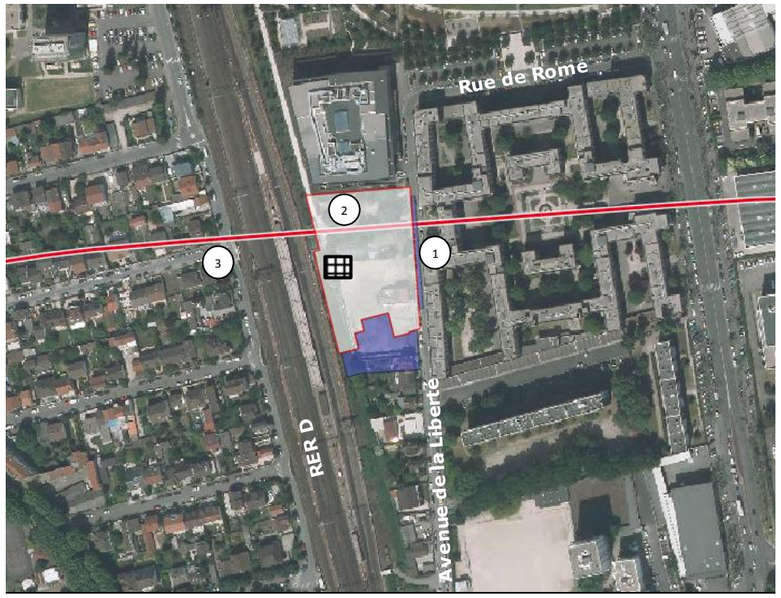
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Le Vert de Maisons




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 46,5 | 37,5 | 5 | 3 | 49,8 | 37,5 |
| **2** | 44,9 | 36,2 | 5 | 3 | 48,2 | 36,2 |
| **3** | 48,1 | 33,9 | 5 | 3 | 51,4 | 33,9 |

**Contexte :**

La gare de Vert de Maisons se situe en limite des communes d'Alfortville à l'Ouest et de Maisons Alfort à l'Est. Elle occupe le parvis de la gare RER D existante, avec laquelle elle assure une correspondance. La gare dessert un tissu urbain mixte et très constitué. Deux projets connexes d'immeubles de bureaux sont envisagés entre la future gare et les voies du RER D.

L'environnement sonore est marqué par la présence du trafic ferroviaire mais reste caractéristique d'une ambiance sonore modérée.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Perturbation du trafic routier de l'avenue de la Liberté |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via l'avenue de la Liberté | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **mise en œuvre d'une méthode constructive en partie souterraine**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est faible dans la mesure où la zone est calme et le bruit des équipements pourrait être légèrement perceptible par les piétons et les riverains.

Des impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur l'avenue de la Liberté ainsi qu'une augmentation de la fréquentation piétonne sur le parvis de la gare, soit des impacts faibles à modérés. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun et des modes de transport actif.

**Impacts cumulés :**

Des projets d'immeubles de bureaux situés au-dessus et au Sud de la gare de Vert de Maisons sont en cours d'études.
Ces projets sont susceptibles d'avoir un léger impact sonore en influençant la fréquentation de la zone, soit une élévation potentielle du bruit routier et des bruits de voisinage.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Le Vert de Maisons | | | |

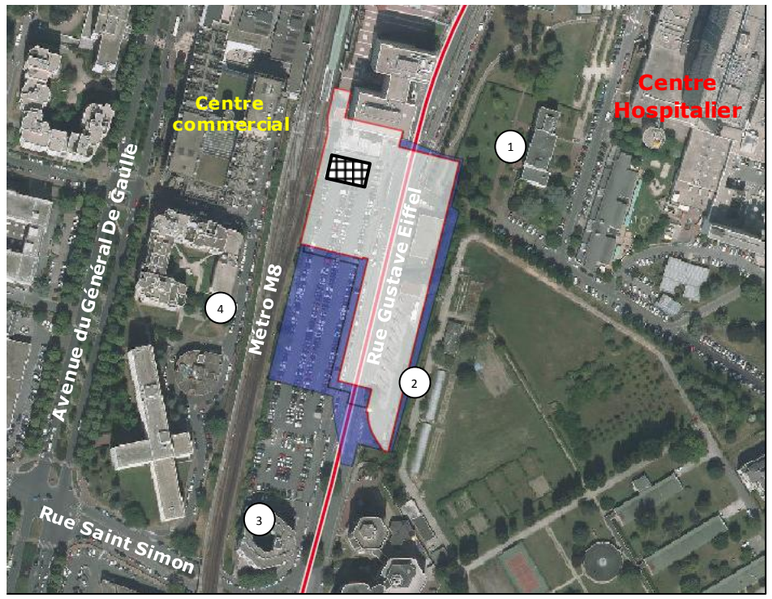
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Créteil l'Echât




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 49,8 | 44,5 | 5 | 3 | 53,1 | 44,5 |
| **2** | 50,7 | 41,5 | 5 | 3 | 54,0 | 41,5 |
| **3** | 45,5 | 40,3 | 5 | 3 | 48,8 | 40,3 |
| **4** | 45,5 | 40,7 | 5 | 3 | 48,8 | 40,7 |

**Contexte :**

La gare de Créteil l'Echât est implantée sur un terrain nu entre les rues Gustave Eiffel et l'avenue du Général de Gaulle. La composition urbaine autour du terrain est guidée par l'implantation du métro aérien de la ligne 8. Un programme mixte composé de résidences étudiantes, de bureaux et de logements sont identifiés sur le secteur.

L'environnement sonore est marqué par la présence de la ligne 8 du métro, circulant à ciel ouvert.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impacts indirects identifiés |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | - | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **le chantier est localisé relativement loin de l'hôpital et des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. Par ailleurs, les grilles sont localisées en toiture, ce qui permet de réduire le bruit généré par les systèmes de ventilation. Le trafic routier masquera le bruit généré par le projet. L'impact sonore résultant sera donc négligeable.

Des impacts sonores indirects peuvent être induits par la création d'une nouvelle voie d'accès au métro 8 et une augmentation potentielle du trafic routier sur la rue Gustave Eiffel. Cet impact sera limité grâce à une bonne gestion des flux et un réaménagement des transports en commun, soit un impact résultant faible sur l'environnement sonore.

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de la gare de Créteil l'Echât, un impact cumulé peut être induit par l'implantation d'un programme mixte accolé au projet, composé de résidences étudiantes, de bureaux et de logements. Un nouveau projet immobilier de l'Echât, situé de l'autre côté de la rue Gustave Eiffel est également identifié.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Créteil l'Echât | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Saint-Maur Créteil




1 Points de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 52,7 | 36,0 | 5 | 3 | 56,0 | 36,0 |
| **2** | 60,6 | 45,0 | 5 | 3 | 63,9 | 45,0 |
| **3** | 52,7 | 39,3 | 5 | 3 | 56,0 | 39,3 |
| **4** | 53,5 | 37,5 | 5 | 3 | 56,8 | 37,5 |
| **5** | 58,2 | 42,7 | 5 | 3 | 61,5 | 42,7 |

**Contexte :**

La gare de Saint-Maur Créteil est implantée dans un secteur dense et contraint, dans le centre-ville de la commune de Saint-Maur-des-Faussés. Le secteur d'implantation de la gare est entouré de logements. De nouveaux logements sont envisagés de part et d'autre de la gare.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier, qui reste prépondérant sur le secteur.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Des impacts sonores indirects positifs sont identifiés, liés à la fermeture de la rue Bobillot au trafic et la suppression du marché sur le parvis, soit une diminution du bruit ambiant pour les riverains de la rue Bobillot |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert en tranchée (Niv -2) | | |
| Gros œuvre | partiellement souterrain | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via la rue Desgenette | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus loin possibles des bâtiments**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation de la circulation piétonne sur le parvis de Saint-Maur. L'impact sonore lié à une augmentation potentielle de trafic routier n'est pas négligeable au niveau des rues entourant le parvis, celles-ci étant à sens unique.

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Saint-Maur Créteil, un impact cumulé peut être induit par la construction de nouveaux immeubles mixtes de logements/commerces de part et d'autre de la gare, soit une augmentation potentielle des bruits de voisinages (dont équipements techniques nécessaires aux commerces) et le renforcement des enjeux en matière de bruit.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Saint-Maur Créteil | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Champigny Centre




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 54,4 | 41,6 | 5 | 3 | 57,7 | 41,6 |
| **2** | 50,9 | 33,1 | 5 | 3 | 54,2 | 33,1 |
| **3** | 48,5 | 35,6 | 5 | 3 | 51,8 | 35,6 |
| **4** | 54,0 | 38,1 | 5 | 3 | 57,3 | 38,1 |
| **5** | 44,4 | 37,6 | 5 | 3 | 47,7 | 37,6 |

**Contexte :**

La gare de Champigny Centre se situe au niveau de l'avenue Roger Salengro à Champigny-sur-Marne, sur un terrain jusqu'alors dédié aux services techniques de la ville. Le projet de gare s'accompagne de deux projets connexes : une tour de logements posée à l'intersection de l'avenue Salengro et du pont-rail et une résidence étudiante de 4 étages superposée en bordure Nord.

L'environnement sonore du secteur est marqué par le bruit du trafic routier.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | ciel ouvert puis en tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | en tranchée couverte | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via av. Salengro (D4) | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **favoriser la circulation des poids lourds via la RD4**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont caractérisés par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes ainsi qu'une augmentation de la fréquentation piétonne sur le Parvis, soit des impacts faibles sur l'environnement sonore dans la mesure où la RD4 est un axe majeur et qu'une légère augmentation de son trafic n'induira qu'une élévation négligeable à faible du niveau sonore.

**Impacts cumulés :**

Outre la construction d'une tour et de logements d'étudiants au-dessus de la gare (projets connexes en cours d'étude), deux autres projets sont identifiés à ce stade : un projet de construction de logements rue du Cimetière et le projet de l'Eglise réformée, située de l'autre côté de la voie ferrée et qui comprend un nouveau temple ainsi que des logements. Ces projets sont susceptibles d'induire un impact sur l'environnement sonore à travers l'augmentation de fréquentation du quartier et le rapprochement des futurs riverains de la gare.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Champigny Centre | | | |

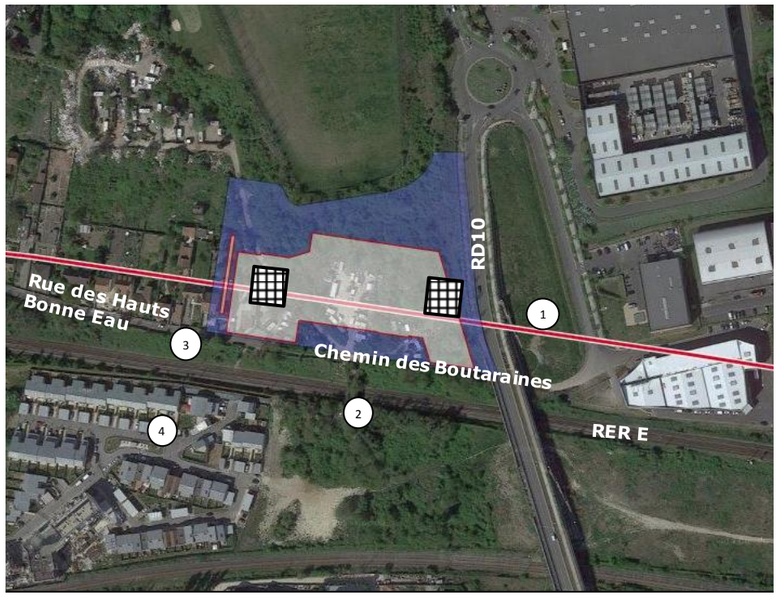
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Bry Villiers Champigny




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 43,7 | 37,3 | 5 | 3 | 47,0 | 37,3 |
| **2** | 44,9 | 39,3 | 5 | 3 | 48,2 | 39,3 |
| **3** | 42,9 | 37,0 | 5 | 3 | 46,2 | 37,0 |
| **4** | 39,5 | 31,1 | 5 | 3 | 42,8 | 31,1 |

**Contexte :**

La gare de Bry Villiers Champigny est implantée en limite de zone d'activité économique, sur un terrain vague situé au sud de l'A4 et à l'Ouest du viaduc de la RD10. La gare s'inscrit dans un grand projet de réaménagement du secteur avec la création de la ZAC « Simonettes Nord », du futur quartier « Marne-Europe » et du site de maintenance et de remisage (SMR) de Champigny.

Un projet connexe de nouveaux logements est envisagé au-dessus de la gare ainsi qu'une correspondance avec le RER E.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire (RER E) et routier (RD10).

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | Via la RD10 puis l'A4 / voie ferroviaire (étude) | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **mise en œuvre d'une logistique d'évacuation partielle des déblais par voie ferroviaire en cours d'étude**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont caractérisés par la création d'une nouvelle voie d'accès à la gare et une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact significatif sur l'environnement actuellement peu impacté par le trafic routier.

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Bry-Villiers Champigny, un impact cumulé peut être induit par l'élargissement des voies ferrées au sud des voies existantes avec une élévation du bruit ferroviaire pour les riverains situés au Sud de la gare. Les projets liés à l'urbanisation de la zone, dont un programme mixte de projets connexes (bureaux, résidence étudiante, espaces commerciaux) prévus au-dessus de la gare, sont amenés à renforcer les enjeux en matière de bruit.

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Bry-Villiers-Champigny | | | |

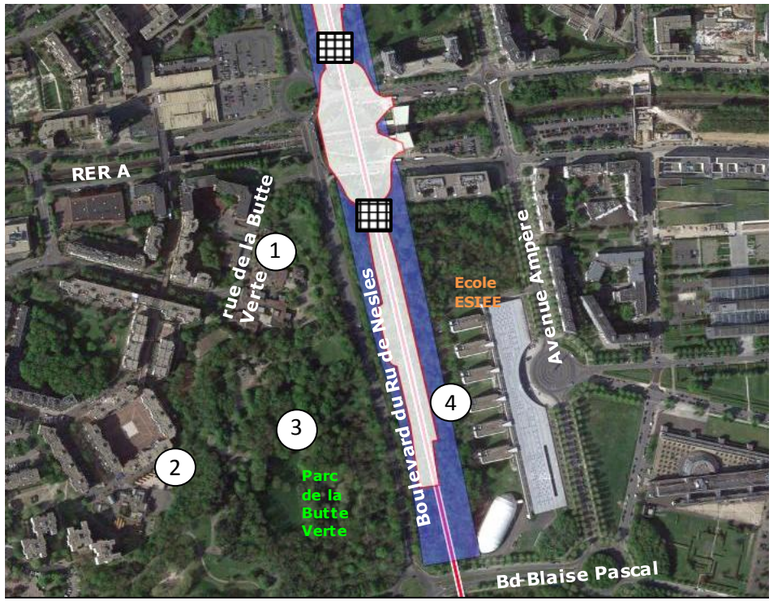
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Noisy-Champs (partie Sud)




1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 49,8 | 43,8 | 5 | 3 | 53,1 | 43,8 |
| **2** | 40,5 | 41,4 | 5 | 3 | 43,8 | 41,4 |
| **3** | 49,1 | 48,4 | 5 | 3 | 52,4 | 48,4 |
| **4** | 51,7 | 49,7 | 5 | 3 | 55,0 | 49,7 |

**Contexte :**

La gare de Noisy-Champs est située entre les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne. Située au croisement de la ligne du RER A et du boulevard du Ru de Nesle, la nouvelle gare accueillera les terminus de trois nouvelles lignes de métro (L15, L16 et L11). Les projets urbains de l'EPAMARNE et de la Cité Descartes s'articuleront autour de la future gare.

L'environnement sonore, relativement calme, est marqué par le bruit de l'A4 situé au Sud du secteur. L'absence de riverains à proximité du secteur, en fait un site peu sensible au bruit.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | - | | Déviation du trafic sur le pont routier au-dessus des voies ferrées + arrêts ponctuels du RER A, soit des impacts sonores temporaires positifs liés à une diminution du bruit routier et ferroviaire |
| Terrassement - Fondation | ciel ouvert/tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | Via Bd. Du Ru de Nesles (N370) | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :

- **favoriser la circulation des poids lourds via la N370**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 50m des riverains.

Les impacts sonores peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière des boulevards et à une fréquentation accrue de la zone. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondance M11, RER A, lignes de bus etc.).

**Impacts cumulés :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Noisy-Champs, un impact cumulé peut être induit par la connexion des voies ferrées existantes du RER A ainsi qu'aux futures lignes de métro L11 et L16, avec une augmentation de la fréquentation du quartier où un fort développement urbain est par ailleurs attendu (cluster Descartes : projet scientifique, urbain et économique, un quartier "zéro carbone").

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Noisy-Champs | | | |

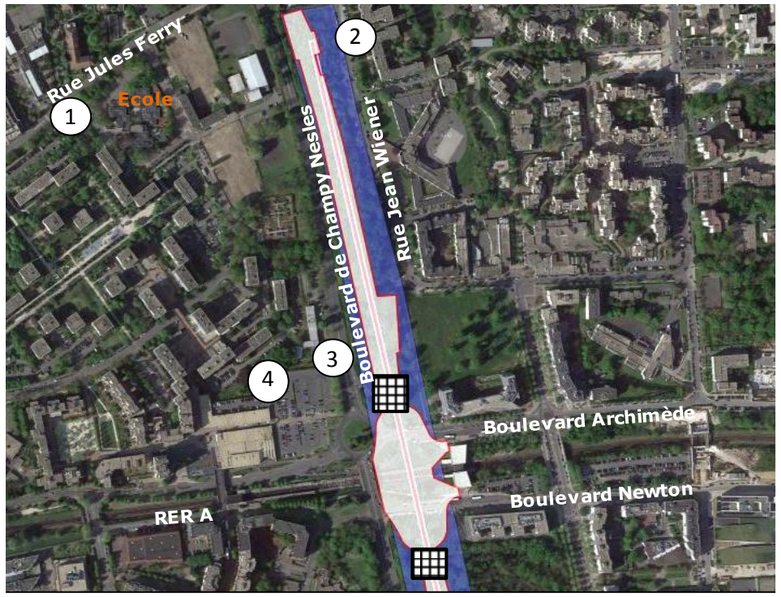
**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# Gare Noisy-Champs (partie Nord)




1 Point de référence
Gare
Localisation des principales zones de ventilation
Ligne 15 Sud
Emprise chantier
0 50 m
N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 44,9 | 40,4 | 5 | 3 | 48,2 | 40,4 |
| **2** | 45,5 | 41,0 | 5 | 3 | 48,8 | 41,0 |
| **3** | 55,3 | 49,6 | 5 | 3 | 58,6 | 49,6 |
| **4** | 49,3 | 45,5 | 5 | 3 | 52,6 | 45,5 |

**Contexte :**

La gare de Noisy-Champs est située entre les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne. Située au croisement de la ligne du RER A et du boulevard du Ru de Nesle, la nouvelle gare accueillera les terminus de trois nouvelles lignes de métro (L15, L16 et L11). Les projets urbains de l'EPAMARNE et de la Cité Descartes s'articuleront autour de la future gare.

L'environnement sonore est fortement marqué par le bruit des 2 boulevards et le bruit lointain de l'A4 situé au Sud du secteur.

**Impacts directs et indirects en phase chantier :**

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | - | | Déviation du trafic sur le pont routier au-dessus des voies ferrées + arrêts ponctuels du RER A, soit des impacts sonores temporaires positifs liés à une diminution du bruit routier et ferroviaire |
| Terrassement - Fondation | ciel ouvert/tranchée couverte | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | Via Bd. Du Ru de Nesles (N370) | | |

**Mesures en phase chantier :**

Mesures d'évitement :
- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **favoriser la circulation des poids lourds via la N370**

Mesures de réduction/suivi :
- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

**Impacts directs et indirects en phase exploitation :**

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 50m des riverains.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont liés à une augmentation potentielle de la circulation routière des boulevards et à une fréquentation accrue de la zone. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondance M11, RER A, lignes de bus etc.).

**Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :**

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Noisy-Champs, un impact cumulé peut être induit par la connexion des voies ferrées existantes du RER A ainsi qu'aux futures lignes de métro L11 et L16, avec une augmentation de la fréquentation du quartier où un fort développement urbain est par ailleurs prévu (cluster Descartes : projet scientifique, urbain et économique, un quartier "zéro carbone").

**Synthèse des impacts en phase exploitation :**

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| Gare Noisy-Champs | | | |

**Mesures en phase exploitation :**

Mesures d'évitement / de réduction :
- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

**L15 SUD**

# SMR de Champigny




1 Point de référence

Ligne 15 Sud

SMR de Champigny

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 53,4 | 34,0 | 5 | 4 | 56,7 | 35,8 |
| **2** | 43,6 | 33,9 | 6 | 4 | 48,3 | 35,7 |
| **3** | 51,3 | 36,5 | 5 | 4 | 54,6 | 38,3 |
| **4** | 40,7 | 37,8 | 6 | 4 | 45,4 | 39,6 |
| **5** | 53,4 | 37,4 | 5 | 4 | 56,7 | 39,2 |
| **6** | 49,9 | 39,7 | 5 | 4 | 53,2 | 41,5 |

## Contexte et enjeux :

Le SMR/PCC de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne, entre la rue de Bernaü et la rue Benoît Frachon prolongée. Il permettra l'entretien et la maintenance des trains et regroupera aussi le poste de commandement de la ligne. Il est prévu ultérieurement la construction d'immeubles d'habitations de chaque côté du site.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier et les bruits des activités industrielles.

## Impacts directs et indirects en phase chantier :

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | via la D10 | | |

## Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **site industriel éloigné des habitations**
- **localisation des équipements techniques côté industries (côté ouest rue Ambroise Croizat)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**
- **mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances**
- **engagement dans une démarche de certification HQE**

## Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts induits par le fonctionnement du SMR peuvent être générés par le bruit des équipements techniques et des ateliers de maintenance. Les locaux techniques seront, dans la mesure du possible, traités en absorption acoustique par la mise en œuvre de matériaux absorbants et les systèmes de ventilation seront traités à l'aide de silencieux acoustiques. Le bruit des ateliers de maintenance sera confiné dans l'enveloppe du bâtiment, avec un objectif d'isolement de façade de la zone d'atelier ≥30 dB, de manière à maintenir le bruit ambiant actuel en période diurne. Un traitement absorbant dans les halles de maintenance sera réalisé pour limiter l'amplification du bruit par réverbération. Ce traitement a été étudié afin de réduire l'émission de bruit par les ouvrants des sheds en cas de ventilation naturelle. L'impact sonore résultant est donc négligeable.

Les impacts sonores indirects induits par le projet peuvent être générés par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact faible dans la mesure où les voiries sont déjà fortement empruntées.

## Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :

Dans le cadre du SMR de Champigny, un impact cumulé potentiel peut être induit le par développement du quartier, avec des projets de construction d'immeubles d'habitations de part et d'autre du site, soit une augmentation de fréquentation du quartier à la fois piétonne et routière. L'impact cumulé restera faible en raison du bruit routier prégnant sur la zone.

## Synthèse des impacts en phase exploitation :

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| SMR de Champigny | | | |

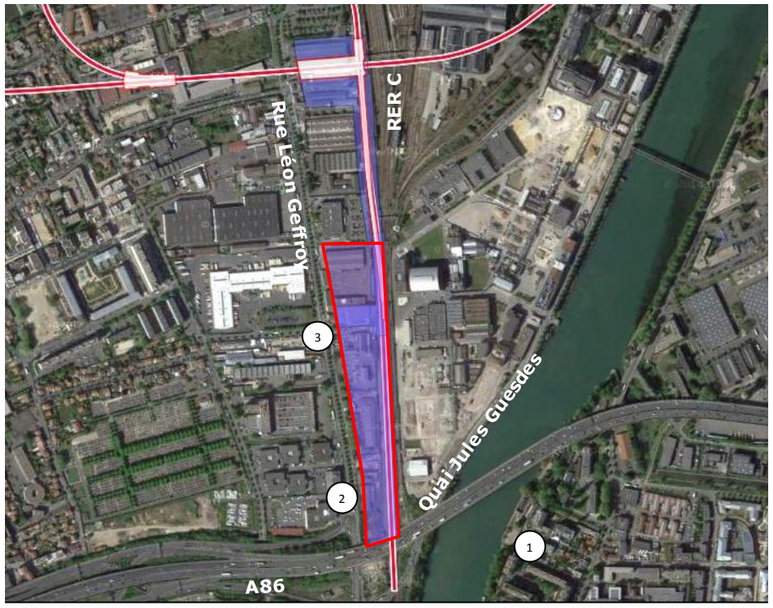
## Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **engagement dans une démarche de certification HQE**
- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation**
- **locaux techniques insonorisés**
- **traitement absorbant dans les halles de maintenances**

**L15 SUD**

# SMI de Vitry




1 Point de référence

SMI de Vitry

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 100 m

N E S

**Définition des objectifs de niveaux de bruit en dB(A) :**

| Réf. | Niveau mesuré LA90 | | Emergence limite | | Bruit particulier | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit |
| **1** | 53,9 | 45,1 | 5 | 3 | 57,2 | 45,1 |
| **2** | 59,1 | 55,9 | 5 | 3 | 57,2 | 55,9 |
| **3** | 57,5 | 54,5 | 5 | 3 | 60,8 | 54,5 |

## Contexte et enjeux :

Le SMI de Vitry est situé sur la commune de Vitry-sur-Seine, localisé sur une zone industrielle, à proximité du RER C.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire et le bruit routier en provenance de la rue Léon Geoffroy et de l'A86. Le caractère industriel de la zone, en fait un secteur peu sensible au bruit.

## Impacts directs et indirects en phase chantier :

| Phase de travaux | Méthode constructive | Niveau d'impact direct | Impacts indirects |
|---|---|---|---|
| Démolition | oui | | Pas d'impact indirect identifié |
| Terrassement - Fondation | tranchée couverte/ à ciel ouvert | | |
| Gros œuvre | à ciel ouvert | | |
| Second œuvre | en bâtiment | | |
| Charroi chantier | rue L. Geffroy | | |

## Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **site industriel éloigné des habitations**
- **localisation des équipements techniques côté industries**
- **choix de mode constructif en tranchée couverte**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**
- **mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances**
- **engagement dans une démarche de certification HQE**

## Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts liés au fonctionnement du SMI peuvent être engendrés par : le bruit des équipements techniques et des ateliers de maintenance ainsi que le bruit lié au faisceau ferroviaire avec des manœuvres de trains pour constituer les convois et les entrées/sorties des trains de maintenance en provenance/vers la ligne. Le bruit des installations techniques sera réduit car celles-ci sont placées en locaux techniques insonorisés et les gaines /grilles de ventilation sont traitées à l'aide de silencieux acoustiques. Le bruit dans les ateliers sera quant à lui atténué grâce à des compositions de parois présentant une bonne absorption mais aussi un haut degré d'isolation au bruit.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact négligeable car les voiries sont déjà fortement empruntées et la zone est industrielle.

## Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :

Dans le cas du SMI de Vitry, l'impact cumulé potentiel est lié au projet de régénération urbaine prévoyant la création de nouveaux boulevard urbains et la construction d'ilots d'habitations et de bureaux. Ces projets sont susceptibles d'augmenter les impacts sonores du projet car les riverains seront plus nombreux et rapprochés du SMI. Cependant l'impact cumulé restera faible en raison du bruit routier qui est important sur la zone et qui masquera en partie le bruit généré par le SMI.

## Synthèse des impacts en phase exploitation :

| Ouvrage | Niveau d'impact | | |
|---|---|---|---|
| | direct | indirect | cumulé |
| SMI de Vitry | | | |

## Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **engagement dans une démarche de certification HQE**
- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation**
- **locaux techniques insonorisés**

## 1.23.12 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des ouvrages annexes

### *1.23.12.1 Impacts et mesures liés à la construction des ouvrages annexes*

Dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages annexes, la typologie d'impacts attendus est présentée dans le chapitre relatif à la construction des ouvrages émergents. Le niveau d'impact est caractérisé à travers l'analyse de l'environnement sonore préexistant et de la sensibilité du site vis-à-vis des nuisances sonores (présence de riverains à proximité, de bâtiments sensibles).

Les nuisances sonores attendues dans le cadre de la construction des ouvrages annexes sont plus modérés que celles liées à la construction des gares ou des sites de maintenance : en effet, les bases chantier sont plus réduites et la durée de chantier plus limitée (hors puits d'entrée de tunnelier).

Les mesures générales mises en œuvre sur les chantiers du projet doivent permettre de limiter de manière significative les nuisances sonores induites lors de la construction de ces ouvrages. Une attention particulière est apportée à la communication menée auprès des riverains relative aux nuisances chantier.

### *1.23.12.2 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes*

En phase exploitation, les impacts relatifs au fonctionnement des ouvrages annexes sont liés principalement au fonctionnement des systèmes de ventilation susceptibles de générés du bruit dans l'environnement au niveau des grilles de ventilation présentes en surface.

Afin de limiter ces nuisances potentielles, des silencieux acoustiques seront mis en œuvre au niveau des systèmes de ventilation. La réduction de niveaux de bruit associée dépend directement du niveau de performance des équipements mis en place. Le dimensionnement de ces dispositifs sera ainsi réalisé sur la base des objectifs de niveaux sonores calculé par application des émergences limites du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage selon la méthodologie présentée précédemment. Ces objectifs de niveaux de bruit à 1m des grilles de ventilation sont présentés dans le tableau suivant.

| Secteur d'aménagement | Niveau d'enjeu | Phase chantier | | Phase exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Impacts sonores | Mesures | Objectifs de niveau sonore maximal[26] | Impacts sonores |
| **OA 2301P** – Ile de Monsieur | Faible à modéré | Modéré | Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 2203P** – ZAC SAEM | Modéré | Fort | | jour : 53,7 dB(A)<br>nuit : 50 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 2201P** – Place de la Résistance | Faible | Modéré | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 2101P** – Parc Henri Barbusse | Modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 55,9 dB(A) | Négligeable |
| **OA 2002P** – Square Malleret Joinville | Faible à modéré | Fort | Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 50 dB(A) | Négligeable |
| **OA 2001P** – Fort de Vanves | Modéré à fort | Fort | | jour : 61,4 dB(A)<br>nuit : 49,9 dB(A) | Faible |
| **OA 1902P** – Cimetière Parisien | Faible à modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Faible |
| **OA 1901P** – Pierre Plate | Modéré | Fort | | jour : 63,3 dB(A)<br>nuit : 50,3 dB(A) | Faible |
| **OA 1801P** – Parc Robespierre | Fort | Fort | | jour : 56 dB(A)<br>nuit : 50 dB(A) | Faible |
| **OA 1702P** – Square du G[ral] de Gaulle | Modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 1701P** – Jardin Panoramique | Modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Faible |
| **OA 1601P** – rue Jules Joffrin | Faible à modéré | Fort | | jour : 58,1 dB(A)<br>nuit : 50 dB(A) | Faible |
| **OA 1501P** – rue du Génie | Fort | Fort | | jour : 53,3 dB(A)<br>nuit : 47,7 dB(A) | Faible |
| **OA 1404P** – rue Gabriel Péri | Faible | Fort | | jour : 55,5 dB(A)<br>nuit : 51,9 dB(A) | Faible |
| **OA 1402P** – rue L.Marchandise | Fort | Fort | | jour : 63,4 dB(A)<br>nuit : 50,9 dB(A) | Faible |
| **OA 1401P** – CTM Vitry/rue Bel Air | Faible | Modéré | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 1302P** – Friche Arrighi | Faible | Faible | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 1301P** – rue de Rome | Fort | Fort | | jour : 57,9 dB(A)<br>nuit : 45,1 dB(A) | Faible |
| **OA 1201P** – Université de Créteil | Fort | Fort | | jour : 61,2 dB(A)<br>nuit : 50,2 dB(A) | Faible |
| **OA 1103P** – Stade F.Desmont | Faible à modéré | Modéré | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 1102P** – avenue Ceinture | Fort | Fort | | jour : 51,5 dB(A)<br>nuit : 37,7 dB(A) | Faible |
| **OA 1101P** – rue du Port | Fort | Fort | | jour : 54 dB(A)<br>nuit : 44,2 dB(A) | Faible |
| **OA 1003P** – Impasse de l'Abbaye | Fort | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 58,8 dB(A) | Pas d'impact |

[26] *Objectifs de niveaux sonores à 1m des grilles de ventilation*

| Secteur d'aménagement | Niveau d'enjeu | Phase chantier | | Phase exploitation | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Impacts sonores | Mesures | Objectifs de niveau sonore maximal[26] | Impacts sonores |
| **OA 1002P** – av Charles Floquet | Fort | Fort | Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet | jour : 56,4 dB(A)<br>nuit : 46,7 dB(A) | Faible |
| **OA 1001P** – av Roger Salengro | Modéré | Modéré | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 48,8 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 0902P** – RP du Colonel Grancey | Modéré | Modéré | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 57,7 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 0901P** – Clos du Pré de l'Etang | Fort | Fort | | jour : 57,2 dB(A)<br>nuit : 44,4 dB(A) | Faible |
| **OA 0811P** – av M.Thorez | Fort | Fort | | jour : 54 dB(A)<br>nuit : 50,9 dB(A) | Faible |
| **OA 0810P** – rue du Général Leclerc | Fort | Fort | | jour : 63,7 dB(A)<br>nuit : 43,6 dB(A) | Faible |
| **OA 0808P** – av Henri Dunant | Fort | Fort | | jour : 54,1 dB(A)<br>nuit : 39,8 dB(A) | Faible |
| **OA 0807P** – Sentier des Marins (grille nord) | Fort | Fort | | jour : 55,2 dB(A)<br>nuit : 41,6 dB(A) | Faible |
| **OA 0807P** – Sentier des Marins (grille sud) | Fort | Fort | | jour : 58 dB(A)<br>nuit : 43,7 dB(A) | Faible |
| **OA 0806P** – rue Mozart | Fort | Fort | | jour : 57,2 dB(A)<br>nuit : 38,8 dB(A) | Faible |
| **OA 0805P** – av Médéric | Fort | Fort | | jour : 63,9 dB(A)<br>nuit : 42,9 dB(A) | Faible |
| **OA 0804P** – Place des Yvris | Modéré à fort | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 52,7 dB(A) | Faible |
| **OA 0803P** – rue du Ballon | Fort | Fort | | jour : 63,5 dB(A)<br>nuit : 51,1 dB(A) | Faible |
| **OA 0802P** – Bd de Champy Nesle | Modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |
| **OA 0801P** – Bd de Champy Nesle | Modéré | Fort | | jour : 65 dB(A)<br>nuit : 60 dB(A) | Pas d'impact |

### 1.23.13 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'environnement sonore

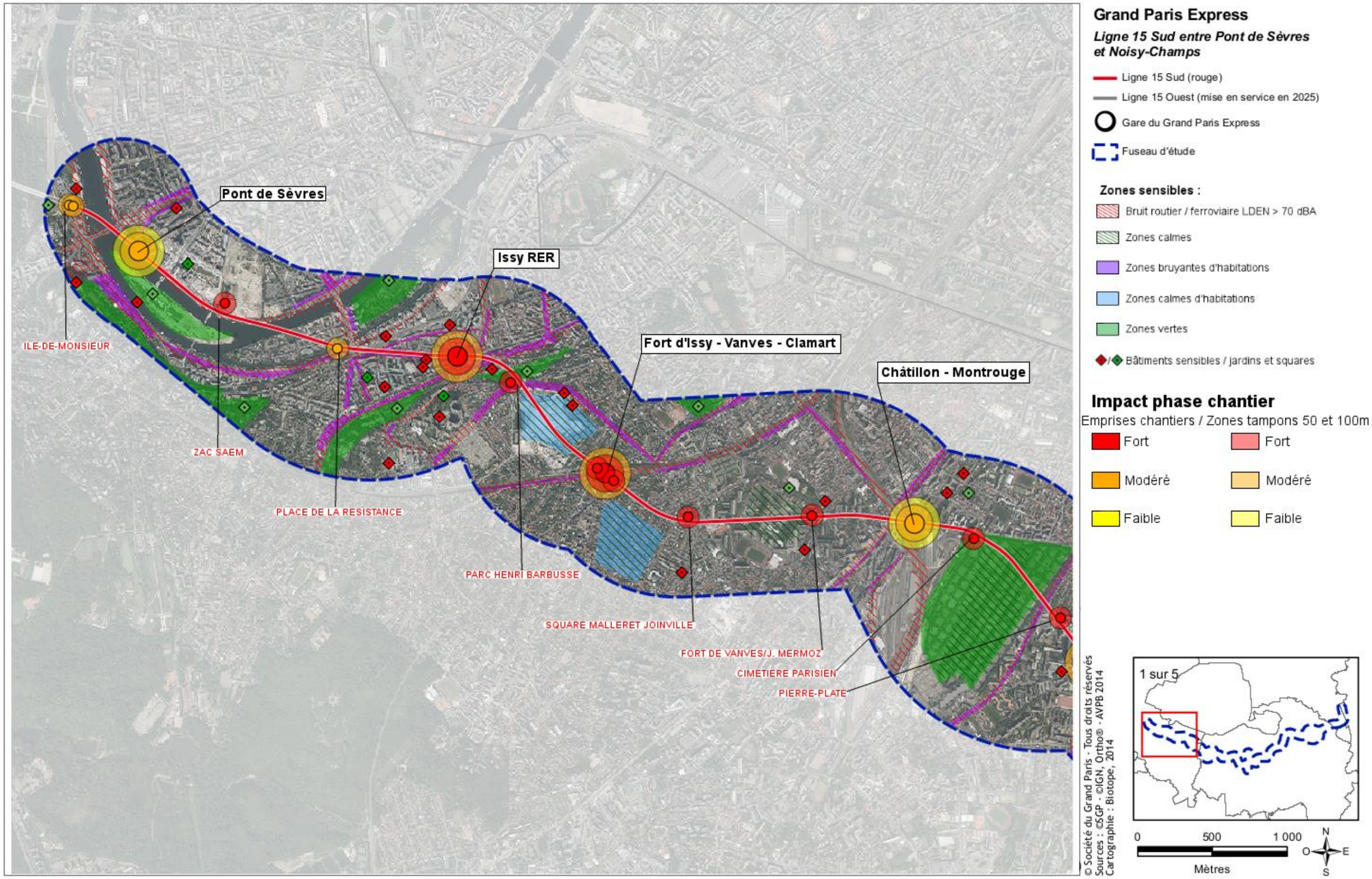
La Ligne 15 Sud s'inscrit dans un environnement urbain dense, particulièrement exposé au bruit routier et ferroviaire, mais qui présente en contrepartie une sensibilité particulière liée à une densité de population relativement forte à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages.

En phase chantier, le creusement du tunnel, réalisé quasi-exclusivement en souterrain par tunnelier, ne présente pas d'impact significatif sur l'environnement sonore. Les impacts restent ainsi ponctuels, localisés au niveau des bases chantiers relatives à la réalisation des ouvrages émergents et des puits d'entrée de tunnelier. Le fonctionnement de ces bases chantier présente des impacts significatifs sur l'environnement sonore de proximité ; ces impacts sont néanmoins provisoires et les dispositions mises en œuvre sur les chantiers du projet ont pour objectif de limiter au maximum les nuisances pour les riverains.

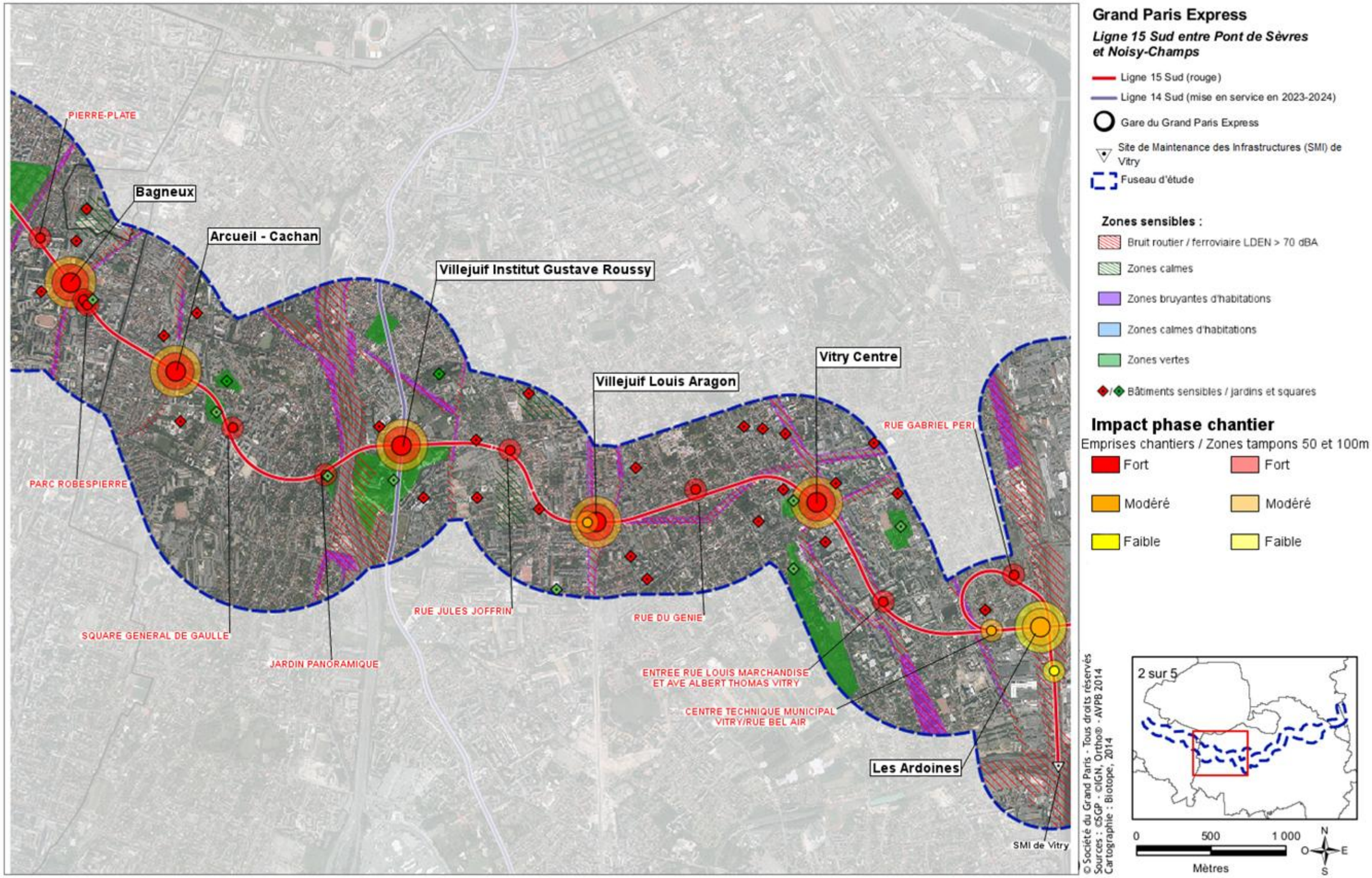
En phase exploitation, les systèmes de ventilations présents au niveau des ouvrages peuvent être à l'origine de l'émission d'un bruit en surface, localisé au droit des grilles de ventilation. Le projet intègre la mise en place de silencieux acoustiques de manière à viser des objectifs de niveaux sonores respectant les émergences limites définies dans le décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

Les cartes établies en pages suivantes présentent une synthèse des impacts caractérisés à l'échelle de la Ligne 15 Sud pour les différentes phases du projet (phase chantier et phase exploitation).

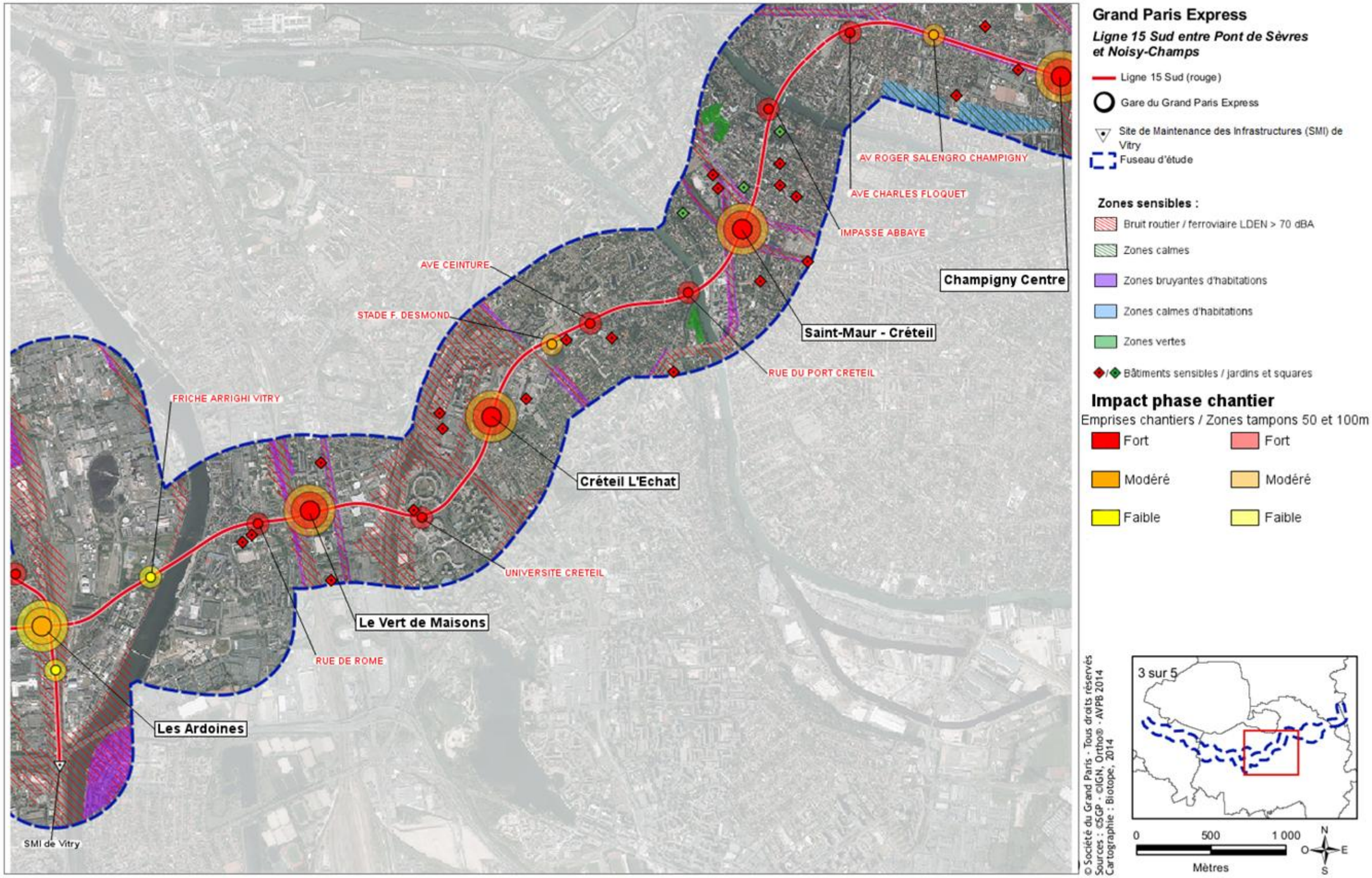
**Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge**



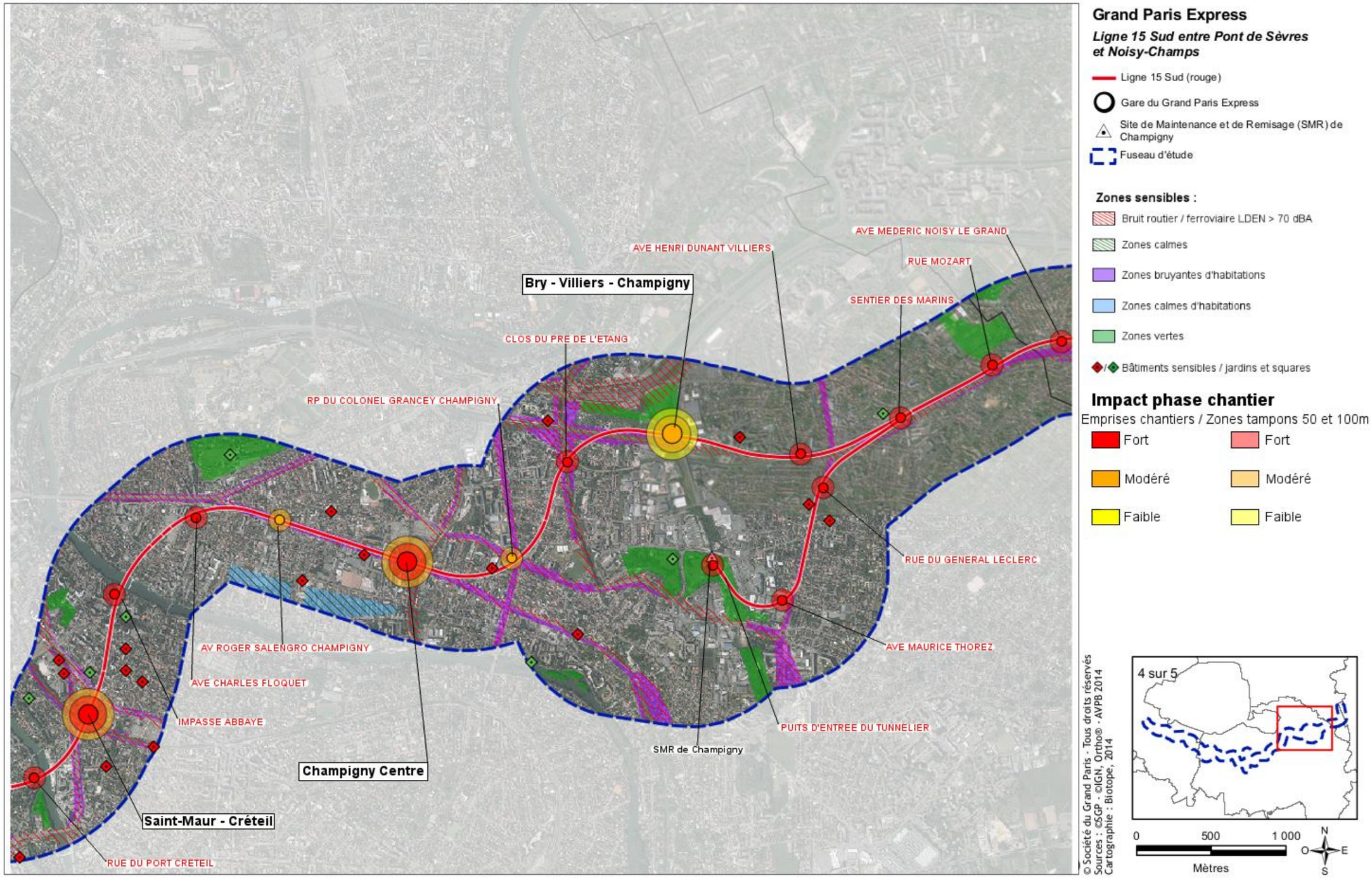
**Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Bagneux – Les Ardoines**



**Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Les Ardoines – Champigny Centre**



**Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Saint-Maur-Créteil – Bry-Villiers-Champigny**




**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

**Zones sensibles :**

- Bruit routier / ferroviaire LDEN > 70 dBA
- Zones calmes
- Zones bruyantes d'habitations
- Zones calmes d'habitations
- Zones vertes
- Bâtiments sensibles / jardins et squares

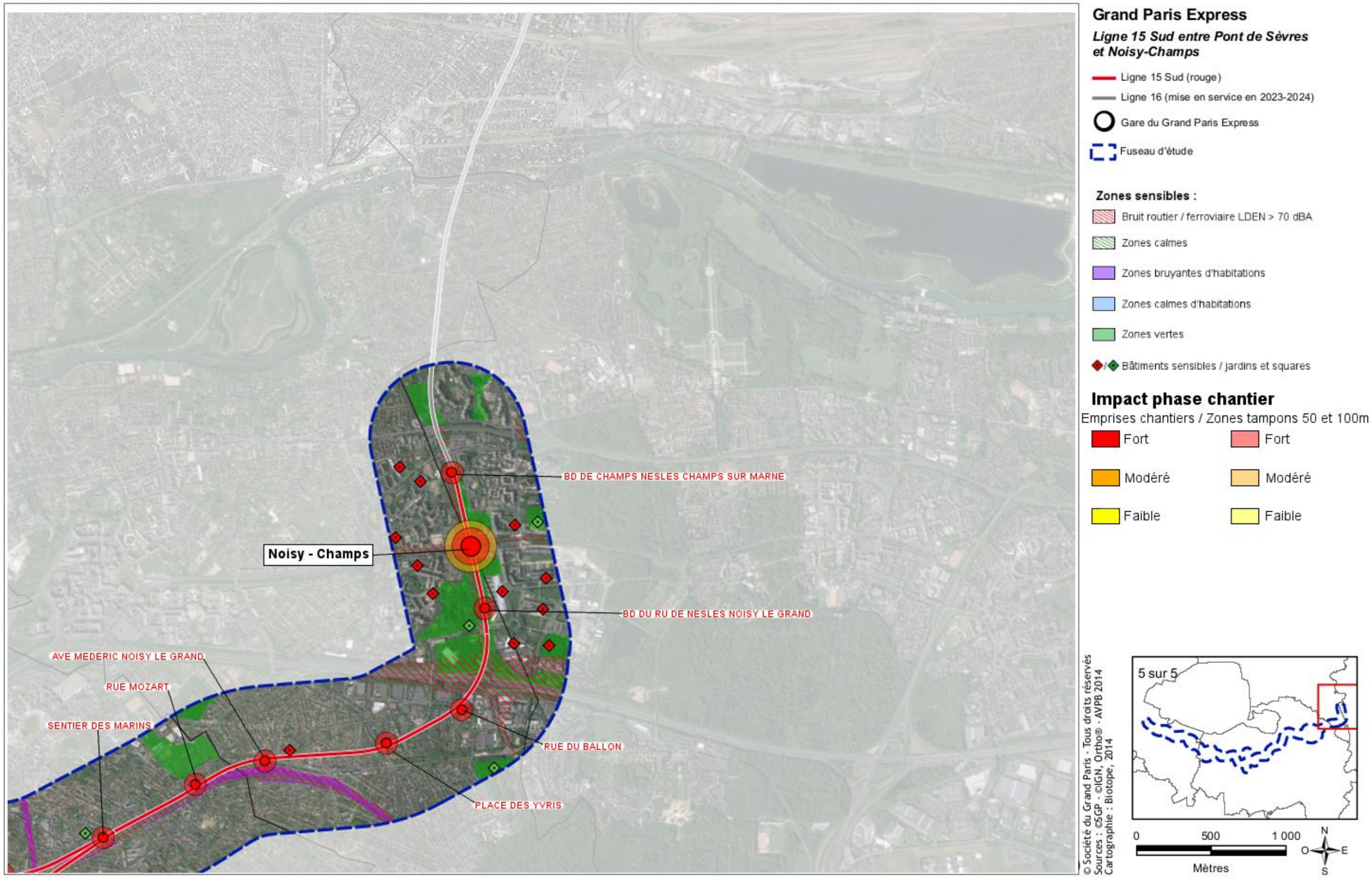
**Impact phase chantier**

Emprises chantiers / Zones tampons 50 et 100m

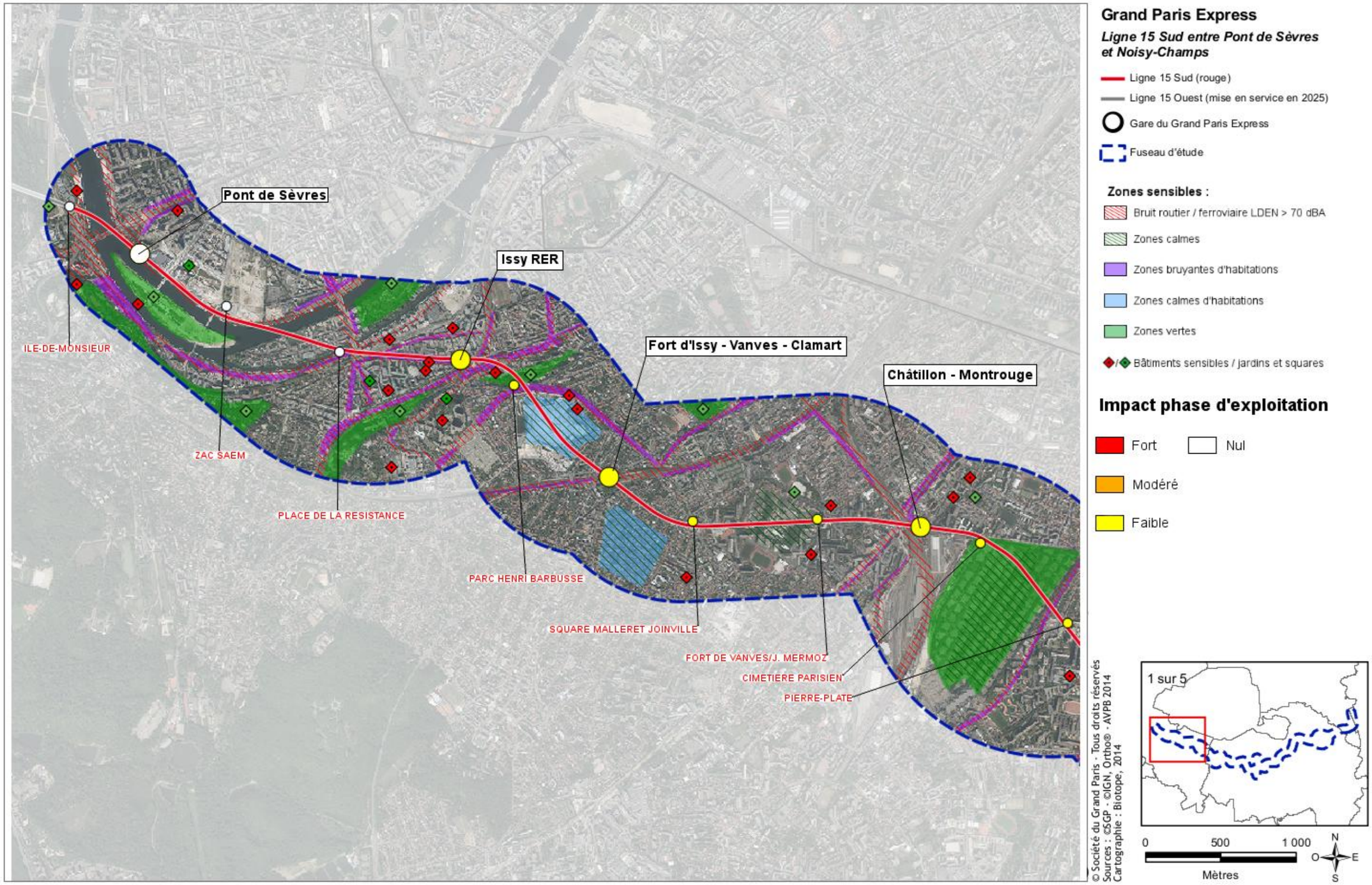
| | |
|---|---|
| Fort | Fort |
| Modéré | Modéré |
| Faible | Faible |

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Cartographie : Biotope, 2014

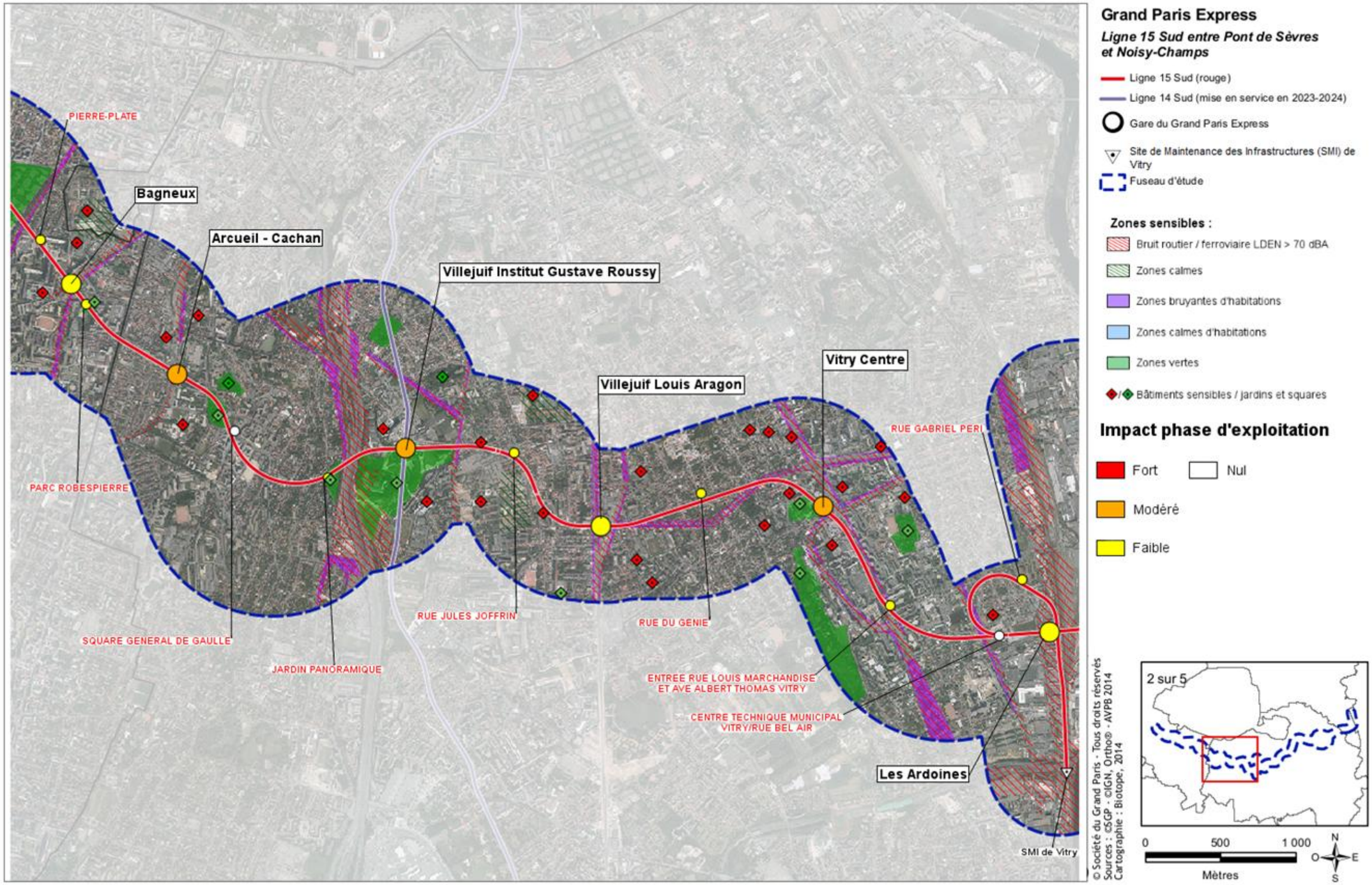
**Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs**



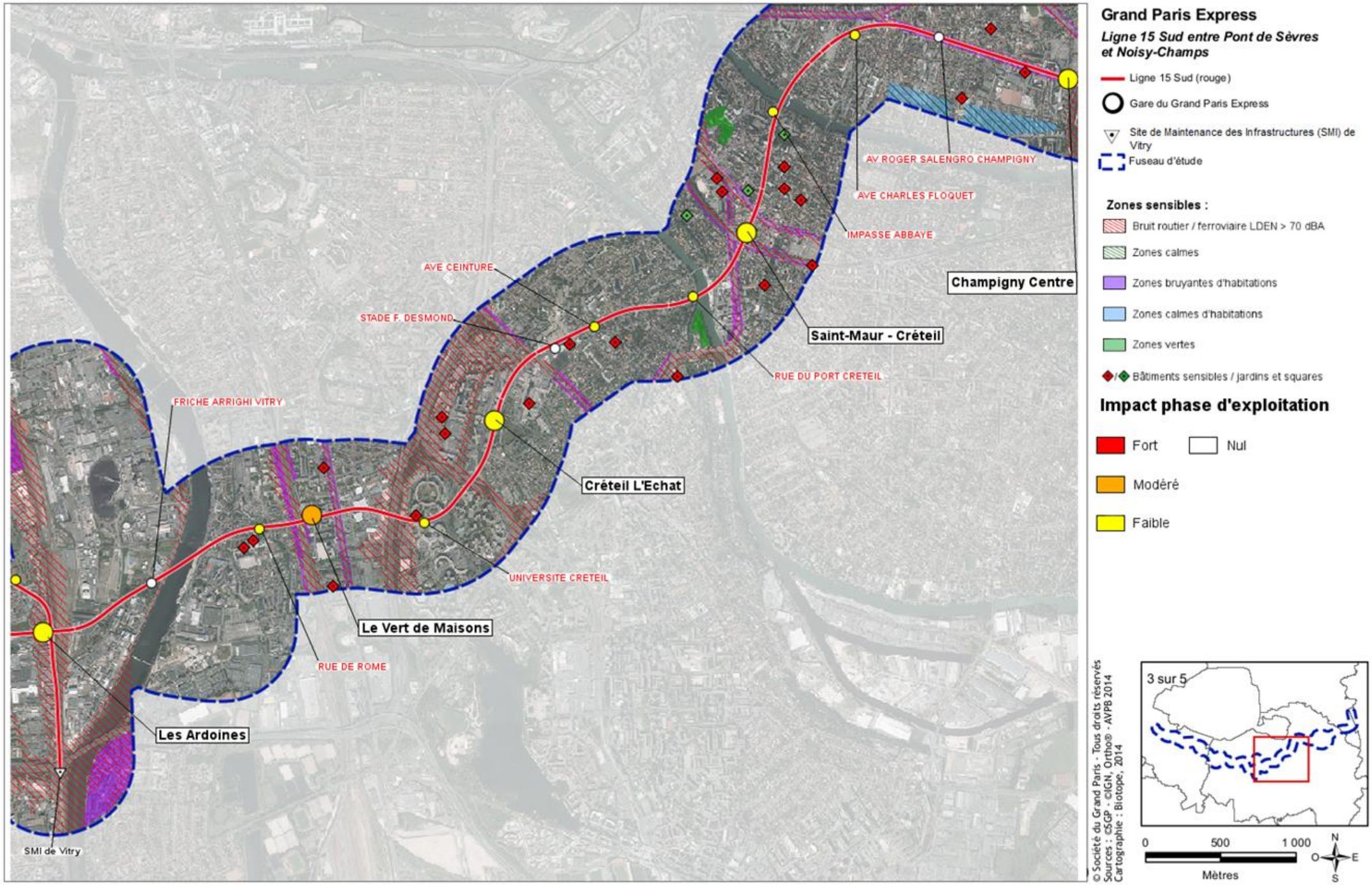
**Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Pont de Sèvre – Châtillon-Montrouge**



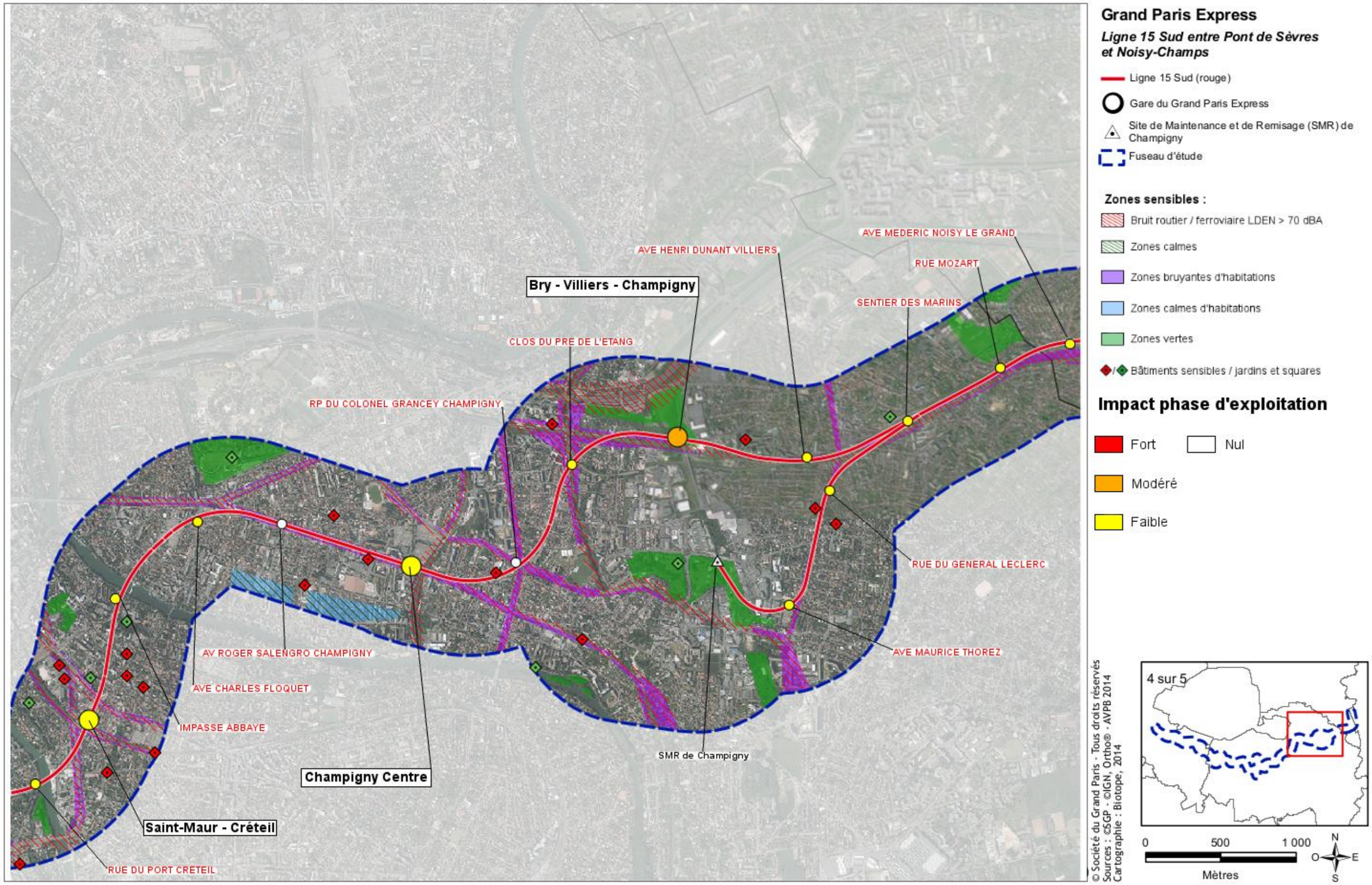
**Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Bagneux – Les Ardoines**



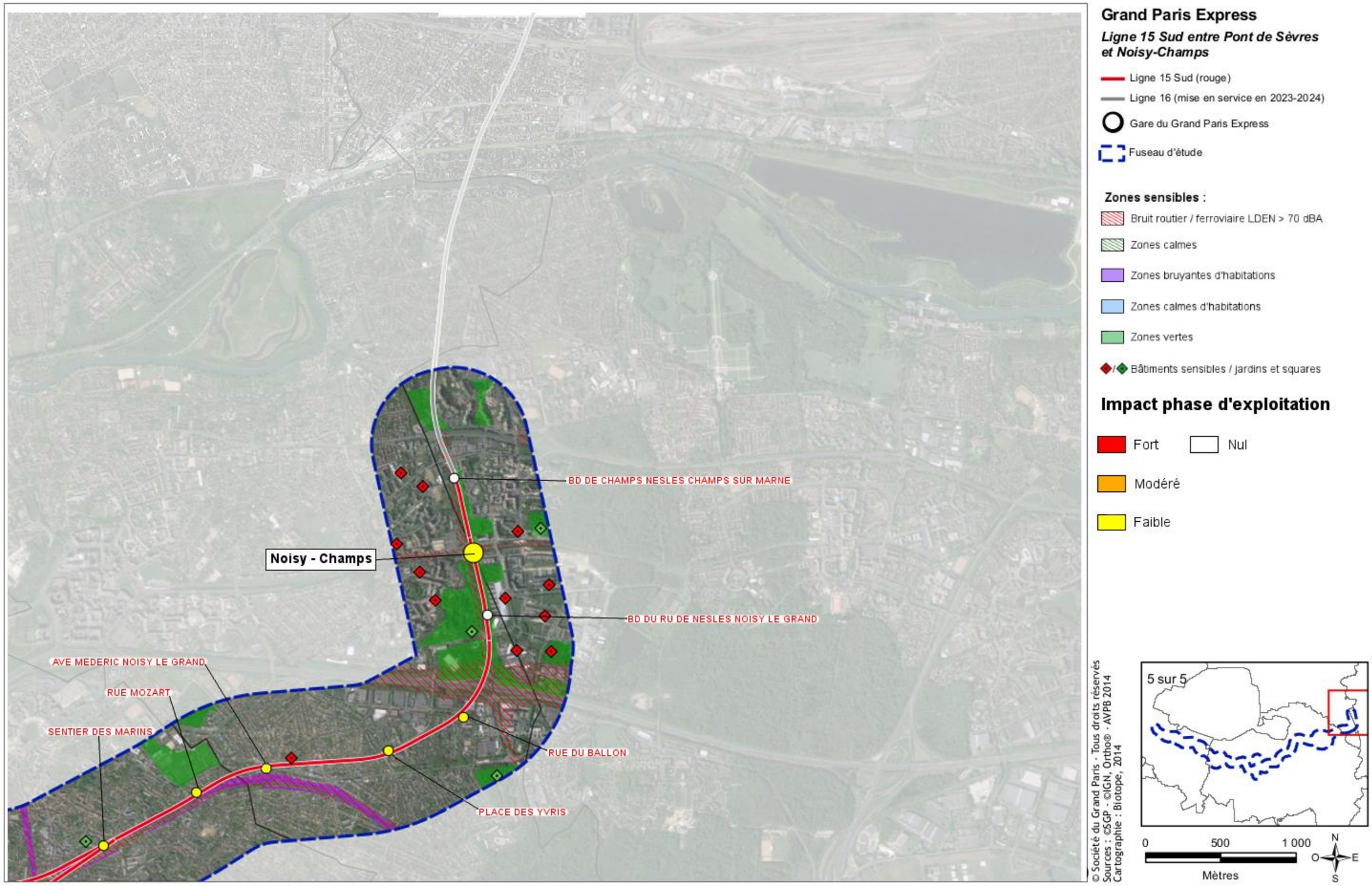
**Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Les Ardoines – Champigny Centre**



**Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – secteur Saint-Maur-Créteil – Bry-Villiers-Champigny**



**Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs**



## Synthèse des impacts et mesures liés à l'environnement sonore

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Enjeu faible* | *Enjeu modéré* | *Enjeu fort* |
| *Pas d'impact* | *Impact faible* | *Impact modéré* | *Impact fort* |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau d'impact | Mesures |
|---|---|---|---|
| **Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER** | Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section | **Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier | **PHASE CHANTIER :**<br>**Mesures d'évitement et de réduction :**<br>• Méthodes constructives : réalisation de parois moulées<br>• Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux<br>• Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores<br>**Mesure de suivi :**<br>• Présence d'agents de proximité sur les chantiers<br>• Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains<br>**Mesures spécifiques :**<br>• Travaux réalisés en tranchée couverte « couverture première » pour la majorité des gares<br>• Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour les sites de l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres<br>• Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais sur la base chantier de Fort d'Issy/Vanves/Clamart<br>**PHASE EXPLOITATION :**<br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>• Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores<br>• Isolation des équipements techniques<br>• Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre<br>• Installation des ventilateurs sur des amortisseurs<br>• Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation<br>• Elaboration d'une charte architecturale<br>• Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte<br>• Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF<br>**Mesures spécifiques**<br>• Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains | |
| | Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier, en particulier à proximité des quais de Seine | **Phase chantier** : impact modéré, le bruit routier existant masquera partiellement les bruits issus du chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant | |
| **Issy RER à Arcueil-Cachan** | Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section | **Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact faible lié à l'environnement sonore préexistant et à la proximité des riverains, enjeu faible à modéré en fonction des impacts indirects potentiels au niveau des gares | |
| | Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit | **Phase chantier** : impact fort au niveau du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret-Joinville dans lesquels sont implantés les ouvrages | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable, l'environnement sonore préexistant du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret Joinville étant impacté par le bruit routier qui masquera les bruits résiduels | |
| **Arcueil-Cachan à Vitry Centre** | Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section | **Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains | |
| | Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR | **Phase chantier** : impact modéré à fort lié à la proximité de l'Institut Gustave Roussy et à l'implantation de la base chantier dans le parc des Hautes Bruyères | |
| | | **Phase exploitation** : impact faible à modéré localisé au niveau du parc des Hautes Bruyères en fonction des effets indirects et des effets cumulés potentiels associés au réaménagement du secteur | |
| | Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit, dont le parc du Coteau à Vitry | **Phase chantier** : impact fort, la base chantier de la gare de Vitry étant localisée dans le parc du Coteau | |
| | | **Phase exploitation** : impact faible à modéré, lié à l'implantation de la gare dans le parc du Coteau | |

| Section | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau d'impact | Mesures |
|---|---|---|---|
| **Vitry Centre à Champigny Centre** | Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles et très impactées par le bruit routier et ferroviaire | **Phase chantier** : impact faible à modéré, lié à l'absence de riverain à proximité des chantiers et à un environnement bruyant qui masquera en partie les bruits de chantier | **PHASE CHANTIER :**<br>**Mesures d'évitement et de réduction :**<br>• Méthodes constructives : réalisation de parois moulées<br>• Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux<br>• Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores<br>**Mesure de suivi :**<br>• Présence d'agents de proximité sur les chantiers<br>• Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains<br>**Mesures spécifiques :**<br>• Travaux réalisés en tranchée et partiellement souterrains sur plusieurs gares<br>• Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour le site de la Friche Arrighi<br>• Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais au niveau de la gare de Bry Villiers Champigny<br>• Localisation des sites de maintenance au niveau de secteurs industriels peu sensibles au bruit<br>• Mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances pour les 2 sites de maintenance<br>• Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance<br>**PHASE EXPLOITATION :**<br>**Mesures d'évitement et de réduction**<br>• Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores<br>• Isolation des équipements techniques<br>• Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre<br>• Installation des ventilateurs sur des amortisseurs<br>• Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation<br>• Elaboration d'une charte architecturale<br>• Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte<br>• Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF<br>**Mesures spécifiques**<br>• Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré<br>• Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance |
| | Présence d'habitat dense sur le reste de la section | **Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains | |
| | Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier ou ferroviaire | **Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant | |
| | Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées, dont le parc du Plateau à Champigny-sur-Marne et un centre hospitalier dans le secteur d'aménagement de la gare de Créteil l'Echât | **Phase chantier** : impact modéré à l'implantation d'une base chantier dans le parc du Plateau. Le centre hospitalier de Créteil reste relativement éloigné du chantier de la gare | |
| | | **Phase exploitation** : impact faible, le SMR n'est pas directement implanté dans le parc cet bénéficiera de mesures d'insonorisation spécifique | |
| **Champigny Centre à Noisy-Champs** | Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section excepté à proximité de l'autoroute A4 | **Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains | |
| | Secteurs présentant des niveaux sonores élevés, impacté, par le bruit routier, en particulier au niveau de Noisy-Le-Grand, et localement par le bruit ferroviaire le long du RER E | **Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant | |
| | Présence de plusieurs zones vertes identifiées, dont le parc de la Butte Verte | **Phase chantier** : impact modéré à fort, lié à la proximité du chantier avec des zones vertes | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains | |
| | Présence de l'école d'ingénieur ESIEE à proximité directe du secteur d'aménagement de l'avant-gare de Noisy-Champs | **Phase chantier** : impact fort, le puits d'entrée de tunnelier est localisé à proximité de l'école d'ingénieur | |
| | | **Phase exploitation** : impact négligeable, le bruit routier préexistant marquera le bruit induit par le projet | |

## 1.24 Ondes électromagnétiques

Des ondes électromagnétiques artificielles sont émises lors du fonctionnement d'appareils utilisant de l'électricité pour divers usages : téléphonie, radio, déplacement, etc.

Elles sont caractérisées par une fréquence (ou une gamme de fréquence) et une puissance associée. Elles produisent un champ électrique et un champ magnétique.

Ces ondes sont déjà très présentes dans les zones fortement urbanisées à cause de la forte densité d'appareils émetteurs.

### 1.24.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques

#### *1.24.1.1 Impacts directs*

Les impacts de la phase chantier sont très difficiles à évaluer et à quantifier. Ils dépendent étroitement des matériels utilisés pour la construction de l'infrastructure, de leur mode d'alimentation en énergie et de leur mode d'utilisation de cette énergie.

Les matériels fonctionnant à l'électricité sont les premiers concernés. Les matériels fonctionnant avec des carburants liquides de type essence ou fuel ne doivent pas être négligés car des éléments électriques y sont intégrés (batterie, alternateur, etc).

a. *Matériels mobiles*

Les matériels mobiles sont **les tunneliers et les matériels associés**. Les tunneliers, et le train « usine » qui suit chacun d'eux, fonctionnent à partir de moteurs électriques de 350 kW de puissance dont le nombre est adapté aux caractéristiques du tunnel à creuser et à la géologie locale.

Le tunnelier qui sera mis en œuvre pour la Ligne 15 Sud sera alimenté par 8 moteurs de ce type. Le train suiveur présentera lui aussi des moteurs électriques, de moindre puissance : le convoyeur à bande (pour les terres excavées sans boue) sera alimenté par un moteur de 55 kW de puissance.

En termes d'ondes électromagnétiques, les émissions de ces moteurs restent compatibles avec les valeurs de référence indiquées dans l'état initial de l'étude d'impact, en particulier celles relatives à la santé humaine. Les champs électriques et magnétiques ont une faible portée : ils sont fortement atténués à une faible distance. Ils restent donc confinés dans le tunnel.

En pratique, dès l'extérieur du tunnel, ces champs sont réduits. De plus, le ferraillage du béton des voussoirs joue le rôle de cage de Faraday et donc limite très fortement l'existence de ces champs.

Pour les personnels faisant fonctionner ces machines, les impacts sont faibles. Les constructeurs ont pris les dispositions nécessaires. Les simulations ci-dessous, transposables aux machines de type tunnelier, montrent que les postes de conduite ne sont pas atteints par des ondes dépassant les valeurs de référence.

b. *Matériels fixes*

Les matériels fixes sont situés sur la base chantier, quelque soit la nature de l'ouvrage à construire.

La typologie exacte de ces matériels dépend de choix techniques de l'entreprise de travaux et ne peut donc être précisée ici.

Cependant, les types de matériels suivants seront présents :

- **Les grues** : ces matériels fonctionnent à l'électricité principalement. La puissance des moteurs, donc l'intensité des champs électriques et magnétiques émis, dépend directement de la puissance de la grue. Les constructeurs de ces engins ont pris les dispositions nécessaires pour limiter la portée de ces champs en dehors du confinement moteur.

- **Les engins mobiles de chargement/déchargement** : ces engins fonctionnent principalement avec des carburants liquides. Ils disposent néanmoins en leur sein de dispositifs électriques émetteurs de champs électromagnétiques. Par construction, ces champs sont confinés à l'échelle de l'engin.

- **Les câbles d'alimentation d'installations fixes :** ces câbles, assurant la liaison entre le réseau électrique général et diverses installations fixes, émettent des champs électromagnétiques. L'isolant qui constitue la gaine et, pour ceux qui sont enterrés, la terre qui les recouvre fortement la puissance et la portée des champs électromagnétiques.

En pratique, les matériels émetteurs de champs électromagnétiques présents sur la base chantier présentent tous des dispositions permettant d'en réduire la portée.

Les impacts directs liés à ces champs et aux ondes électromagnétiques associées sont donc très faibles à nuls.

#### *1.24.1.2 Impacts indirects*

Aucun impact indirect n'est identifié pour la phase chantier.

#### *1.24.1.3 Mesures d'accompagnement*

a. *Mesures d'évitement*

Le chantier nécessitant l'emploi de matériels électriques générateurs d'ondes électromagnétiques (tunnelier, installations et engins de chantiers), les mesures d'évitement ne peuvent être envisagées.

b. *Mesures de réduction*

Ces mesures ont pour objectif de limiter les émissions d'ondes électromagnétiques dues au chantier.

- **Choisir des matériels performants sur ce critère**

Il s'agit d'optimiser les matériels entre leur efficacité sur le chantier et les doses d'ondes électromagnétiques émises. Le respect des valeurs de référence est l'un des critères de mesure, donc de choix des matériels concernés.

- **Mise en place de cages de Faraday ou équivalent**

En cas d'utilisation de matériel fortement émetteur d'ondes électromagnétiques, il existe des moyens « d'isolement » de ces matériels pour en limiter spatialement les effets sur le principe de la cage de Faraday.

Ce type de mesure est d'autant plus important dans les zones où des matériels sensibles à ces ondes existent (hôpitaux, aéroport,…).

c. *Effets résiduels*

Les ondes électromagnétiques émises par les chantiers devraient rester en dessous des valeurs de référence en dehors du tunnel et en dehors des emprises chantier.

Elles le sont aussi dans la quasi-totalité des emprises chantier, les matériels électriques utilisés étant localisés et équipés de systèmes limitant.

*d. Mesures de compensations*

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

*e. Mesures de suivi dans le temps*

Aucune mesure de suivi n'est nécessaire.

## 1.24.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques

Le matériel roulant du Grand Paris Express fonctionne à l'électricité. Il est alimenté selon deux principes généraux :

- Une caténaire comme les RER actuels,
- Un troisième rail au sol comme la plupart des métros.

Pour la ligne 15, donc pour la Ligne 15 Sud, l'alimentation électrique se fera par caténaire sur le principe des RER actuels.

### *1.24.2.1 Données générales*

Les sources d'ondes électromagnétiques présentes dans le tunnel et dans les gares de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- La caténaire alimentée en courant continu 1500 Volts / 800 Ampères,
- Les antennes permettant la communication entre la rame et divers points (poste de commandement, poste en station, poste technique) : les antennes simulées sont des antennes UHF de type TETRA et de type GSM-R,
- Des transformateurs (le nombre par gare varie) permettant de convertir le courant basse tension fourni par EDF en courant adapté aux divers usages : ces transformateurs étant situé dans des locaux adaptés à la limitation des champs électromagnétiques, ils ne feront pas l'objet de simulation,
- Divers appareils électriques permettant le fonctionnement des installations annexes, en particulier les escaliers mécaniques. La diversité de ces appareils, le confinement de la partie électrique dans des parties adaptées et les dispositions prises par les constructeurs ne permettent pas une analyse précise de ces appareils. Le choix des appareils réellement installés relève de la responsabilité de l'entreprise de travaux.
- Les appareils électriques portés par les usagers de la Ligne 15 Sud : le fort développement des technologies mobiles de l'informations (téléphonie – smartphones, ordinateurs portables, etc) conduit à ce que les usagers transportent de plus en plus de sources d'ondes électromagnétiques et à ce que la densité de ces sources devienne extrême. Il est réaliste d'envisager sur chaque usager la présence d'au moins une source.

La Ligne 15 Sud est une ligne souterraine, à l'exception des sites de maintenance. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact électromagnétique de l'extension de cette ligne par simulation. Il sera observé le niveau du champ électromagnétique à l'intérieur de la rame, afin de savoir si les passagers ne sont pas exposés à des valeurs de champs supérieurs aux niveaux recommandés. Il sera également observé le niveau de champ électromagnétique à l'extérieur du tunnel. Dans un premier temps, ce rapport va s'attacher à l'évaluation de la valeur des champs électrique et magnétique émis par l'alimentation de la rame effectuée par caténaire (DC, 1500 V, 800 A). Dans un second temps, le rayonnement des antennes UHF (TETRA, GSM-R) sera analysé.

Seules la caténaires et les antennes feront l'objet d'une étude plus fine reposant sur la modélisation du matériel roulant et des simulations.

L'objectif de cette modélisation a été d'analyser l'impact électromagnétique de l'extension de cette Ligne 15 Sud par simulation :

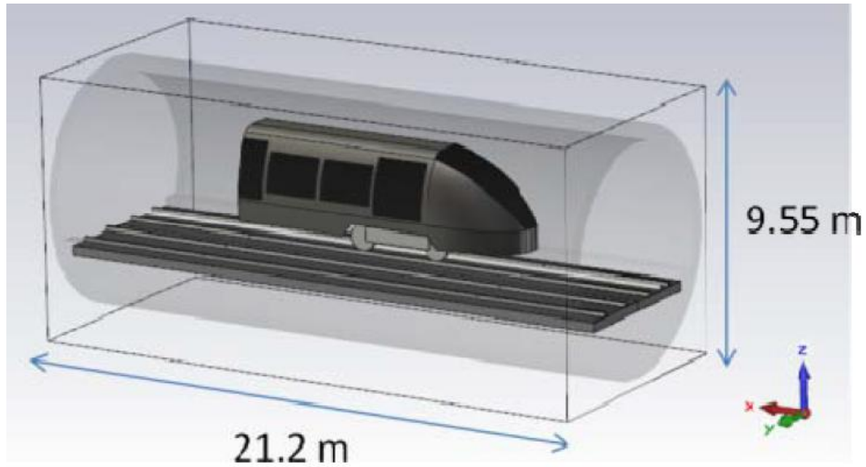
- Le niveau du champ électromagnétique a été calculé à l'intérieur de la rame, afin de savoir si les passagers ne seraient pas exposés à des valeurs de champs supérieurs aux niveaux recommandés,
- Le niveau de champ électromagnétique a également été calculé à l'extérieur du tunnel.

L'étude s'est faite en deux temps :

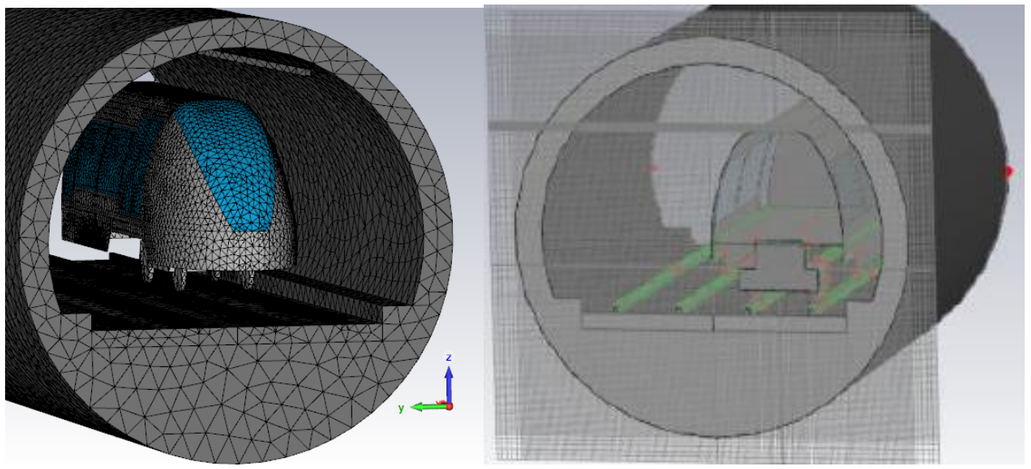
- Dans un premier temps, elle s'est attachée à évaluer la valeur des champs électrique et magnétique émis par l'alimentation de la rame effectuée par une troisième voie (DC, 1500 V, 800 A).
- Dans un second temps, elle a tenté d'évaluer le rayonnement émis par les antennes UHF de communication (TETRA, GSM-R).

### *1.24.2.2 Principe de simulation*

La configuration de simulation est représentée sur la figure ci-dessous.

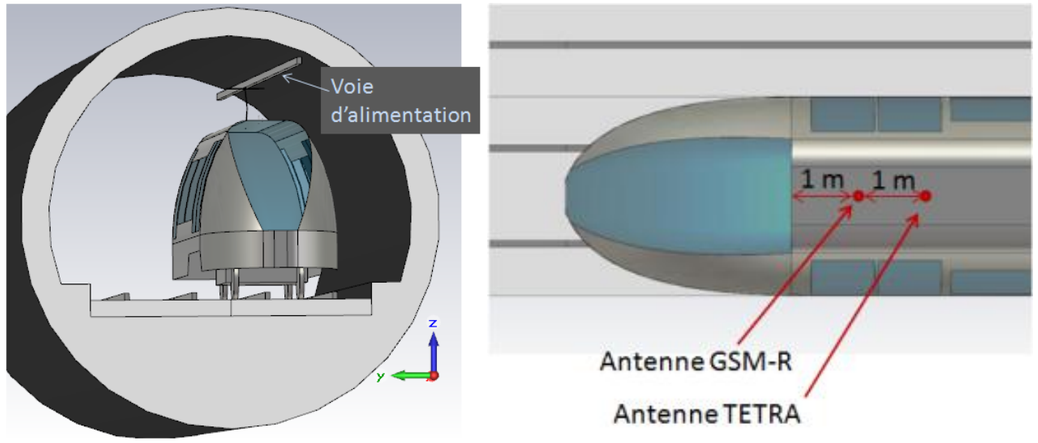



**Représentation du modèle d'une section de tunnel**




**Représentation du maillage dans le cas de la simulation du rayonnement de la voie d'alimentation (à droite) et dans le cas de la simulation du rayonnement des antennes (à droite)**

La précédente figure montre l'alimentation de la rame par une caténaire située en partie haute du tunnel. La tension d'alimentation est de 1500 V CC. La puissance continue de traction totale est de 1200 kW, ce qui donne un courant d'alimentation de 800 A.




**Alimentation de la rame (à droite) et emplacement des antennes UHF sur le toit de rame (à gauche)**

### *1.24.2.3 Valeurs de recommandation*

Les équipements présents en bord de voie, sur le quai, à proximité de la voie ou proche du tunnel doivent supporter au moins 20 V/m pour les matériels les plus robustes, et 10 V/m pour les autres, aux fréquences de fonctionnement des antennes.

Concernant le champ magnétique, deux limites sont applicables : 30 A/m et 300 A/m à la fréquence du réseau, suivant l'endroit où est installé l'équipement. Les niveaux dépassant ces limites devront faire l'objet d'analyses complémentaires et nécessiteront de prendre des dispositions.

Le tableau ci-dessous indique les niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE.

| Standards / Fréquence | | Champ E (V/m) | | Champ H (A/m) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Efficace | Max. | Efficace | Max. |
| DC | | N/A | N/A | 3.2E4 | 4.52E4 |
| 50 Hz | | 5000 | 7071 | 80 | 113 |
| TETRA | 380 MHz | 28 | 39.6 | 0.073 | 0.10 |
| | 470 MHz | 28.8 | 40.7 | 0.080 | 0.11 |
| GSM-R | 876 MHz | 40.6 | 57.5 | 0.109 | 0.154 |
| | 880 MHz | 40.7 | 57.6 | 0.109 | 0.154 |

**Niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE**

### *1.24.2.4 Impacts directs et indirects des émissions de champ magnétique émises par le rail d'alimentation électrique*

Dans la recommandation 1999/519/CE, il est stipulé que le niveau maximal du champ magnétique perçu doit être en dessous de 45254 A/m.

**Le courant étant continu, le champ électrique ne génère pas d'onde spécifique. Seul le champ magnétique génère une onde faisant l'objet d'une recommandation.**

Les figures ci-contre illustrent les résultats de simulation du champ magnétique émis par la voie d'alimentation.

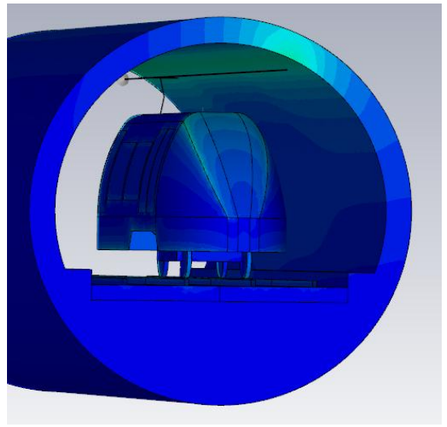
L'échelle colorée permet de constater que le niveau de champ magnétique est très largement inférieur au niveau recommandé pour l'exposition du public. Dans cette configuration souterraine, le niveau maximal est toujours situé autour de la voie d'alimentation, c'est-à-dire autour de la caténaire.

La valeur du champ magnétique émis par la voie d'alimentation est de l'ordre de 3 000A/m dans une zone assez proche de la voie d'alimentation.

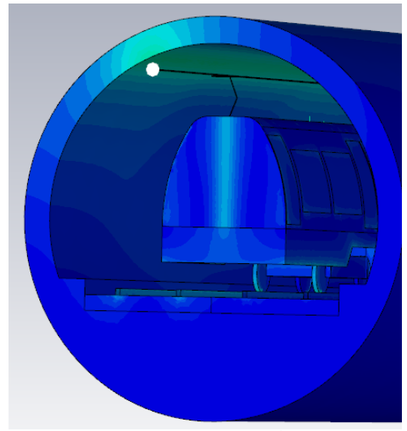
Au delà d'une distance de 10 cm de la caténaire, la valeur du champ magnétique passe en dessous de 1000 A/m. La baisse est donc très rapide.

En dehors des emprises des rails, la valeur du champ magnétique est globalement inférieure à 100 A/m.

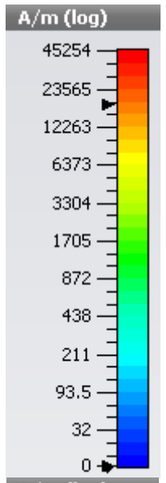
La figure du bas permet de constater qu'à l'intérieur de la rame le champ magnétique est très faible, inférieur à 50 A/m.

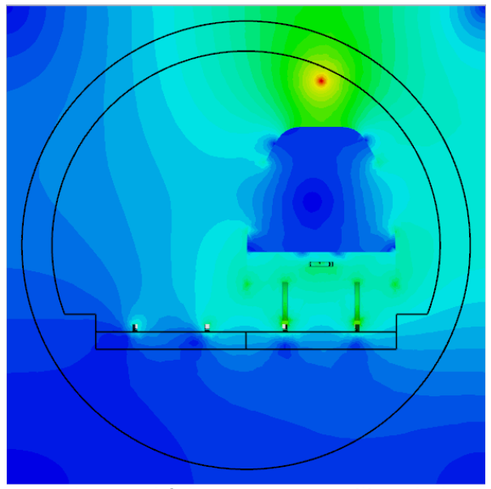


Vue « 3D face avant »

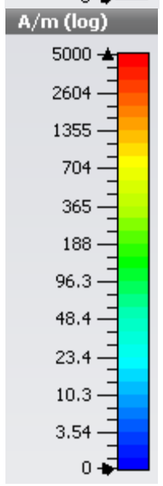


Vue « 3D face arrière »



« Plan orthogonal à la rame » au milieu de la rame




**Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel (en haut : en 3D face avant et arrière ; en bas : Orthogonalement à la voie)**

**Conclusion concernant les émissions magnétiques engendrées par la caténaire**

Dans les différentes configurations modélisées, les niveaux d'ondes perçus par les usagers au sein de la rame ou sur les quais est très faible, largement en dessous des seuils de la recommandation 1999/519/CE. **L'impact sanitaire est donc négligeable à nul**.

Par ailleurs, la décroissance du champ magnétique est telle qu'au-delà de 10m de distance par rapport à l'émission, les niveaux de champ chute en dessous de la valeur limite des 3A/m, considérée comme commençant à être impactante pour les équipements électroniques.

De ce fait, l'impact sur les équipements en dehors du projet, et particulièrement ceux des établissements sensibles de soin sera négligeable, voire inexistant, en raison de la distance et du milieu de dispersion de l'onde.

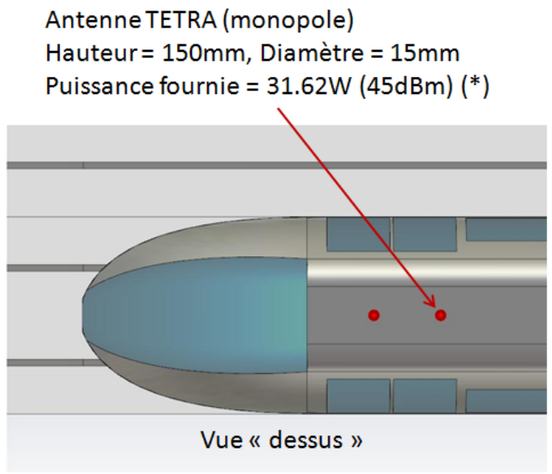
### *1.24.2.5 Impacts directs et indirects des émissions de champ électrique et magnétique émises par les antennes*

Le rayonnement électromagnétique produit par les antennes TETRA et GSM-R, présentes sur le toit de la rame est à présent étudié.

Le modèle de simulation est à nouveau constitué de la structure du tunnel, des rails, et de la rame de métro.

*a. Champs électrique et magnétique générés par l'antenne TETRA*

Le système TETRA (TErrestrial Trunked Radio) est un système de radiocommunication numérique mobile bidirectionnel. Pour cette application, les fréquences de fonctionnement du système TETRA sont situées dans la gamme de fréquence 380 MHz - 470 MHz. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 15 mm et de hauteur 150 mm.




* : ETS 300 392-2 Radio Equipment and Systems (RES); TETRA

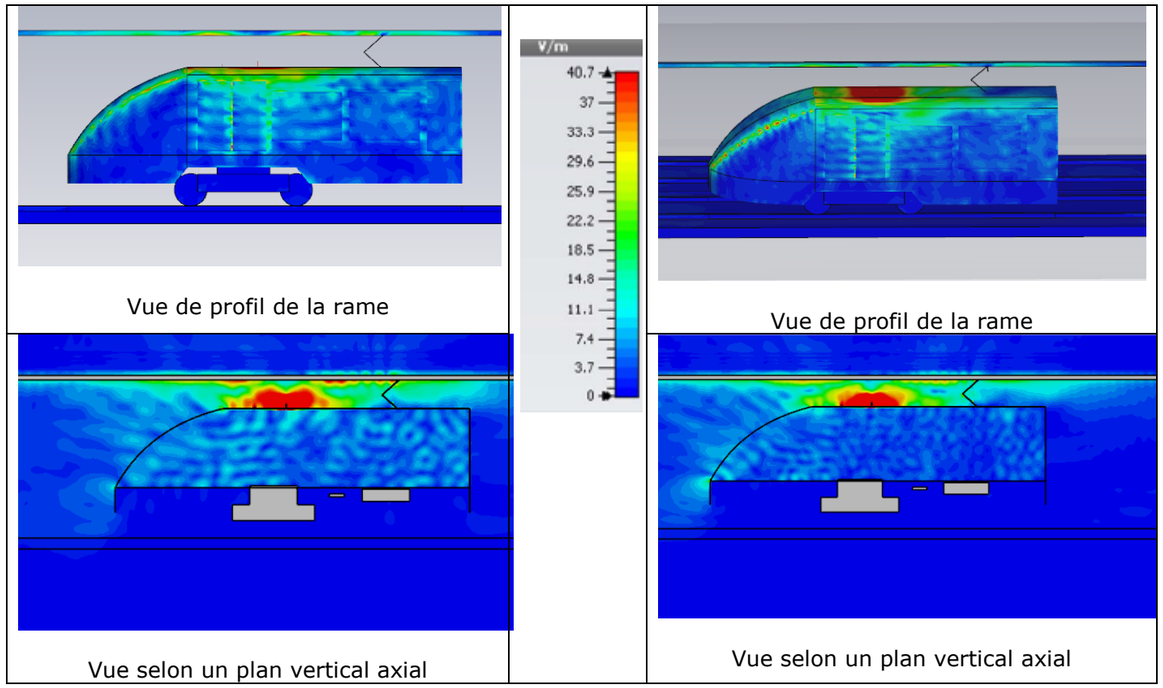
**Dimensions et puissance fournie de l'antenne TETRA**

*Champ électrique*

Concernant le champ électriques, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 39.6V/m pour f = 380MHz,
- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 40.7V/m pour f = 470MHz.

Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ électrique pour l'antenne TETRA à 380MHz et 470MHz.




**Champ électrique rayonné par l'antenne TETRA, à la fréquence de f = 380MHz (à gauche) et f = 470Mhz (à droite)**

Le champs électrique sur le toit de la rame dépasse respectivement 39.6V/m et 40.7V/m (deux cas modélisés) au niveau de la source d'émission. Il se dissipe ensuite très rapidement avec la distance en surface de la rame.

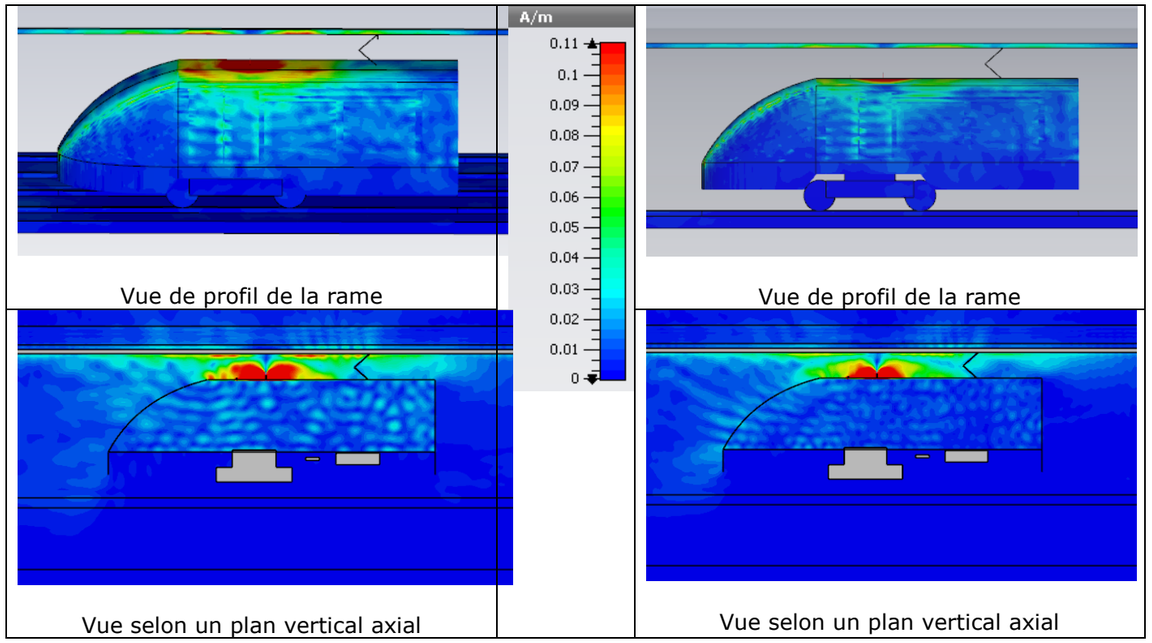
Toutefois, dans la rame, le champ électrique est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

*Champ magnétique*

Concernant le champ magnétique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0.10A/m pour f = 380 MHz,
- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0.11A/m pour f = 470 MHz,

Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ magnétique pour l'antenne TETRA à 380MHz et 470MHz.




**Champ magnétique rayonné par l'antenne TETRA, à la fréquence de f = 380MHz (à gauche) et f = 470Mhz (à droite)**

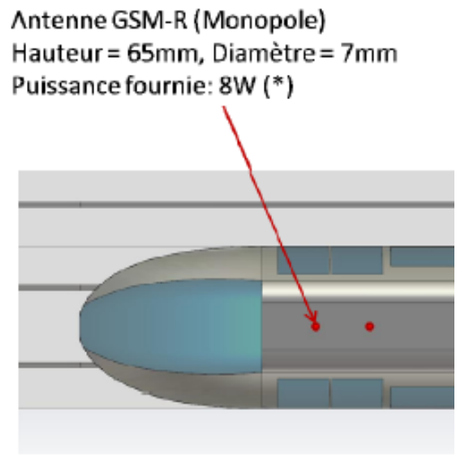
Le champs magnétique sur le toit de la rame dépasse respectivement 0.10A/m et 0.11A/m (deux cas modélisés) au niveau de la source d'émission. Il se dissipe ensuite très rapidement avec la distance en surface de la rame.

Toutefois, dans la rame, le champ magnétique perçu est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

*b. Champs électrique et magnétique générés par l'antenne GSM-R*

De manière analogue aux modèles entrepris ci-dessous, une analyse a été faite sur la base d'une antenne GSM-R positionnée sur le toit de rame.

Le système GSM-R (Global System for Mobile communications - Railways) est un standard de communication sans fil basé sur le GSM, et développé spécifiquement pour les communications ferroviaires. Pour cette application, les fréquences de fonctionnement du système GSM-R sont situées dans la gamme de fréquence 876 MHz - 880 MHz. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 7 mm et de hauteur 65 mm.




* : ECC REPORT 162,(GSM-R, Annex 1)

**Dimensions et puissance fournie de l'antenne GSM-R**

Les modèles ne sont pas présentés comme pour le cas de l'antenne TETRA, mais les résultats des analyses sont similaires.

En proximité immédiate de l'émetteur, les niveaux de champs sont supérieurs à la Recommandation 1999/519/CE, pour le champ électrique ainsi que pour le champ magnétique.

Par contre, les valeurs de ces derniers sont largement inférieurs aux seuils de la Recommandation 1999/519/CE au niveau des rames ainsi que sur les quais en station.

**L'impact sanitaire est donc non négligeable à nul.**

### *1.24.2.6 Conclusions générales de l'étude les impacts directs et indirects*

L'impact électromagnétique produit par le matériel roulant de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation a été évalué par l'intermédiaire des modélisations présentées ci-dessus. Les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- En ce qui concerne l'exposition du public aux champs électromagnétiques, la Recommandation 1999/519/CE préconise un niveau maximal de champ magnétique de 45254A/m à la fréquence du réseau. Les niveaux constatés à l'intérieur et à l'extérieur de la rame, dans les deux configurations envisagées (souterrain et aérien) sont inférieurs à ceux préconisés par la Recommandation 1999/519/CE. En effet, le niveau maximal de champ magnétique est évalué seulement à proximité de la vois d'alimentation électrique, pour une valeur avoisinant 3 000A/m.

- Concernant l'exposition des équipements situés dans une zone proche de la rame, un champ magnétique supérieure à 30 A/m dans la zone entourant la rame est identifié. Il est donc

important de connaitre les équipements électriques présents dans cette zone afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur fonctionnement.

Par ailleurs, le champ magnétique présent à l'extérieur du tunnel est inférieur à 100A/m. En considérant la décroissance du champ magnétique dans la section aérienne qui est telle qu'au-delà de 10 m les niveaux de champ chute en dessous de la valeur limite des 3A/m, l'impact sur les équipements électriques divers ou sensibles.

- Lorsque les antennes sont alimentées à leur puissance maximale, les rayonnements des champs électromagnétiques sont inférieurs aux limites maximales recommandées de l'exposition au public, à l'intérieur de la rame, dans la partie inférieure du tunnel ainsi qu'à l'extérieur. Seule une zone proche de l'antenne sur le toit de la rame présente un niveau supérieur à celui préconisé par la Recommandation 1999/519/CE. Les niveaux constatés dans cette zone sont supérieurs à 10 V/m. Il apparait donc essentiel de connaitre les équipements présents au niveau du toit de la rame afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement.

- Enfin, une onde électromagnétique est principalement caractérisée par son amplitude, sa fréquence, son sens et sa direction de propagation, sa polarisation ainsi que sa phase. Sans connaitre ces paramètres, il est difficile de connaitre le résultat de la superposition de deux ondes.

  Si deux ondes électromagnétiques sont émises à la même fréquence et suivant un même sens de propagation, l'amplitude de l'onde résultant de cette superposition varie fortement suivant la valeur du déphasage entre ces deux ondes. Dans le cas où les ondes électromagnétiques sont en opposition de phase, leurs amplitudes sont donc soustraites.

  Dans le cas extrême où les deux ondes sont en phase, leurs amplitudes sont additionnées. Or, en procédant à la somme des valeurs de champs électromagnétiques mesurées in-situ et celles issues des modélisations, le niveau résultant reste inférieur aux limites sanitaires concernant l'exposition du public présent fixées par la Recommandation 1999/519/CE.

### *1.24.2.7 Mesures d'accompagnement*

Les impacts définis à l'issu des modélisations entreprises correspondent à une éventuelle interaction électrique entre les équipements de fonctionnement et les ondes émises par le troisième rail d'alimentation et les antennes TETRA et GRM-R.

Aucun impact sanitaire n'a été identifié.

*a. Mesures d'évitement*

**Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques.**

Lors des phases d'études à venir, et notamment lors de la définition du matériel roulant, les équipements électriques permettant le fonctionnement du système devront être rendu compatibles à un fonctionnement sous un champ électrique donné.

Pour cela, ils devront être :

- Protégés des ondes générées par le matériel roulant,
- Si possible éloignés suffisamment de l'axe des rails ou du toit du tunnel pour fonctionner dans un environnement où le champ électromagnétique est absent, ou du moins peu perturbant.

*b. Mesures de réduction*

Aucune mesure de réduction n'est nécessaire.

*c. Effets résiduels*

Aucun effet résiduel n'est pressenti.

*d. Mesures de compensations*

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

*e. Mesures de suivi dans le temps*

**Entretien des équipements électriques**

Le matériel sera entretenu par le gestionnaire de l'infrastructure afin de s'assurer de son bon fonctionnement.

**Mesure des champs électriques et electromagnétiques en phase travaux et en phase exploitation**

Des mesures sur site seront effectuées lors de la mise en place des appareils électriques dans chaque ouvrage et dans le tunnel pour vérifier les champs réels auxquels sont exposés les personnels de chantier. Ces mesures concerneront l'emprise chantier et son périmètre. Elles permettront aussi de vérifier les champs en limite des installations.

Ce type de mesure sera également réalisé sur une durée à définir au début de la phase d'exploitation de manière à vérifier les résultats des simulations présentées dans l'étude d'impact.

### *1.24.2.8 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques*

Les mesures proposées reposent sur des choix techniques de matériels ou par la mise en place de dispositions d'organisation du chantier.

Le coût de ces mesures est donc :

- intégré au coût du projet, la conception, en particulier du matériel roulant et des installations électriques, prenant en compte cette problématique,
- intégré au coût de l'organisation du chantier, le choix des matériels de chantier étant un élément important,
- intégré au coût de fonctionnement de la Ligne 15 Sud.

### 1.24.3 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques

**Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase chantier**

| Eléments concernés | Niveau d'enjeu | Zones impactées si spécifiquement localisées | Eléments du projet en interaction | Impacts potentiels | Niveau d'impact brut | Mesures | Impacts résiduels | Mesures compensatoires |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Champ émis par le tunnelier | Ensemble des sections | Ensemble du linéaire | Tunnel | *Impact direct*<br>Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique<br>*Impact indirect*<br>Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs | Négligeable à nul | *Réduction*<br>Choix des matériels performants sur ce critère<br>Mise en place de cages de Faraday ou équivalent | néant | néant |
| Champ émis par les installations de chantiers (non connues actuellement) | Ensemble des sections | Bases chantier des émergences | Emergences | *Impact direct*<br>Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique<br>*Impact indirect*<br>Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs | Non quantifiable | | | |

**Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase exploitation**

| Eléments concernés | Niveau d'enjeu | Zones impactées si spécifiquement localisées | Eléments du projet en interaction | Impacts potentiels | Niveau d'impact brut | Mesures | Impacts résiduels | Mesures compensatoires |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Champs émis par la caténaire | Ensemble des sections | Ensemble du linéaire | Tunnel | *Impact direct*<br>Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique<br>*Impact indirect*<br>Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs | Négligeable à nul | *Evitement*<br>Choix des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques<br>*Suivi*<br>Entretien des équipements électriques | néant | néant |
| Champs émis par les antennes de communication | Ensemble des sections | Ensemble du linéaire | Tunnel (matériel roulant) | *Impact direct*<br>Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique<br>*Impact indirect*<br>Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs | Négligeable à nul | | | |

# 1.25 Santé et sécurité

La santé des franciliens sera influencée de diverses manières par le projet de la Ligne 15 Sud, la plupart en lien avec la diminution de trafic routier induite par le projet.

L'analyse porte donc dans un premier de temps sur la qualité de l'air qui sera influencée par le trafic routier mais représente également un enjeu à l'intérieur des gares et du métro.

La thématique du bruit est traitée dans un chapitre dédié auquel le lecteur intéressé se référera. Par contre le chapitre évaluera également les impacts du projet sur la sécurité routière.

## 1.25.1 Qualité de l'air

### *1.25.1.1 Rappel des enjeux*

L'impact du projet sur la qualité de l'air est principalement lié à son impact sur le transport routier et sur les émissions de polluants atmosphériques qui en découlent. Le trafic routier étant responsable d'une part importante des émissions de certains polluants atmosphériques (notamment les oxydes d'azote et les particules fines), le métro pourrait influencer de manière sensible les concentrations de ces polluants. Cette influence représente un enjeu important du projet puisque les seuils de pollutions de certains polluants pouvant causer des impacts sur l'environnement et la santé sont encore fréquemment dépassés en Ile-de-France.

La réduction des émissions passe également par un développement de la ville autour de centres névralgiques de transport en commun. La concentration des activités et la densification des logements autour des futures gares ainsi que l'aménagement de la desserte de ces gares par les modes doux représente donc aussi un enjeu pour permettre d'éviter l'émission de polluants dus au trafic dit du « dernier kilomètre », c'est-à-dire depuis le point de départ/arrivée et la gare.

Le métro lui-même n'émet que des quantités très limitées de polluants atmosphériques. Ces émissions peuvent cependant mener à des concentrations en polluants relativement élevées dans les gares et à proximité des puits de ventilation.

A l'intérieur des espaces confinés du métro, l'enjeu consistera à étudier les possibilités de limiter les concentrations de particules fines et à sélectionner un matériel roulant le moins émissif possible. La localisation des puits de ventilations devra également être définie de manière stratégique afin de limiter l'exposition prolongée des personnes.

Les travaux de construction de l'infrastructure pourraient, par ailleurs, induire des émissions de polluants atmosphériques, notamment par la mise en suspension de poussières et par le charroi nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais. L'enjeu au cours de cette phase sera donc de choisir les méthodes de travail les moins émissives possibles et de mettre en place des mesures afin de limiter les émissions de polluants atmosphériques.

### *1.25.1.2 Impacts et mesures en phase chantier*

*a. <u>Impacts directs et indirects</u>*

Les sorties d'engins et de camions du chantier provoquent des dépôts de terre et de boue sur la voie publique, en particulier lors des phases de terrassement ou de démolition. Outre les nuisances visuelles, ces dépôts sont source d'insécurité car ils rendent la chaussée glissante.

Les émissions de poussière peuvent également survenir lors du déchargement des matériaux de construction, lors du remplissage des bennes avec les déblais ou lors des remplissages des silos à ciment. De même, lors de certaines phases d'abattage, les chantiers de démolition provoquent des nuages de poussière.

L'utilisation d'engins de chantier à moteur thermique est également une source de nuisance supplémentaire de pollution de l'air.

Les gares de la Ligne 15 Sud se situant toutes au cœur de milieux très urbanisés, l'altération de la qualité de l'air local, le salissement des parcelles et des façades ainsi que les nuisances induites par les engins de chantier représentent des problématiques majeures à prendre en compte lors de la phase chantier du projet.

*b. <u>Mesures en phase de chantier</u>*

**Limitation de l'émission de poussières**

Les zones de chantier étant situées principalement en zones urbaines, il sera également important de limiter au maximum les émissions de polluants atmosphériques afin de limiter les impacts sur les zones proches. Ces émissions concernent principalement les émissions de particules fines.

Afin de limiter l'émission de poussières, les mesures suivantes seront appliquées autant que possible :

- stocker les produits pulvérulents tels que le ciment, en silos avec un filtre à manches ;
- utiliser la technique d'humidification pour réduire la production et la diffusion des grosses poussières lors des travaux de terrassement. En effet, un temps sec et venteux accroîtra le développement des poussières et la diffusion de celles-ci. Si ce n'est possible, dans la mesure du possible, différer les activités ;
- entreposer le sable fin à l'abri du vent et/ou l'humidifier ;
- humidifier les routes par temps sec et, sur le chantier, humidifier superficiellement les voies d'accès afin de diminuer les nuages de poussières soulevées par les camions ;
- nettoyer la route à la sortie du chantier ;
- nettoyer les roues des camions à la sortie du site ;
- bâcher les camions qui transportent des terres ou des matériaux poussiéreux ;
- mouiller les matériaux lors des découpes produisant de la poussière.

**Rationnaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais**

Concernant le transport de matériaux ou de déblais, le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Or le transport routier émet beaucoup plus de polluants atmosphériques que le transport fluvial ou le fret ferroviaire.

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes, il est donc fondamental d'en organiser l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et les impacts induits sur la qualité de l'air.

Cette rationalisation et optimisation passera, tout d'abord, par la réduction des quantités de déblais à évacuer. Pour ce faire, il sera envisagé autant que possible la réutilisation des terres excavées à proximité du chantier (y compris pour le comblement de carrières).

Les distances parcourues par les camions seront également limitées au maximum en privilégiant les sites de stockage ou de traitement situés à proximité du chantier.

Le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

Dans ce sens, les transports fluvial et ferroviaire seront privilégiés pour les distances importantes. Les travaux d'extension de la ligne 12 du métro vers Aubervilliers, ont montré la capacité à évacuer des déblais majoritairement par la voie fluviale et constitue un retour d'expérience intéressant. Ainsi, 75% des 530 000 tonnes de déblais générés par les travaux ont été acheminées vers leur exutoire par la voie d'eau. La situation de la Ligne 15 Sud est d'ailleurs favorable à ce mode de transport de par sa proximité avec la Seine, en particulier à hauteur des gares de Pont de Sèvres et des Ardoines, ainsi qu'aux abords de la Marne concernant la gare de Saint-Maur Créteil. Concrètement, cette mesure sera mise en œuvre via la mise en place des installations permettant l'utilisation des modes de transports alternatifs : Appontements pour l'évacuation fluviale à Ile Monsieur et Pont de Sèvres, voie ferrée de chargement à Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Ces mesures sont concrétisées via le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED).

**Plans locaux de circulation temporaires**

L'impact des camions sur le trafic et les émissions de polluants pourra être minimisé :

- en définissant un plan de circulation tenant compte des particularités locales pour permettre de réduire les incidences. Ce plan sera spatial et temporel afin d'éviter les axes congestionnés et les pics de pollutions.
- en prévoyant un phasage des chantiers. Les chantiers conduits simultanément génèrent des effets qui se cumulent, voire s'amplifient en fonction de la localisation géographique.

*c. Coûts associés aux mesures*

Les coûts liés aux bonnes pratiques de chantier sont très faibles et intégrés dans les coûts généraux des chantiers. En ce qui concerne le charroi de chantier, les coûts liés à l'élaboration et au suivi du SDED seront largement rentabilisés par les gains réalisés grâce à l'optimisation des itinéraires et à l'utilisation de modes de transports moins consommateurs en énergie.

### *1.25.1.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation*

Le calcul des émissions de polluants en phase d'exploitation a été basé sur la méthodologie européenne COPERT IV (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) et à un modèle de dispersion des polluants. De manière synthétique, cette méthodologie permet le calcul des émissions de polluants du transport routier à partir des hypothèses de constitution du parc automobile et des conditions de trafic. Pour ce faire, le calcul des émissions se base sur les flux de trafic annuels et les vitesses moyennes des véhicules. Ces données ont été obtenues à partir des résultats du modèle de transport. L'analyse a ainsi permis de quantifier et de cartographier les émissions et concentrations en situation de référence et en situation de projet sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France.

Les polluants considérés sont les oxydes d'azote ($NO_x$), le dioxyde de soufre ($SO_2$), les particules fines (PM), le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures non méthanique (COVNM), le benzène, le nickel (Ni) et le cadmium (Cd), car ils constituent de bons indicateurs des émissions du trafic routier. Par ailleurs, ces polluants représentent un enjeu important pour le projet car les concentrations de certains d'entre eux (en particulier le $NO_2$ et les $PM_{10}$) dépassent régulièrement les valeurs limites annuelles à proximité des grands axes routiers.

Outre l'application des mesures réglementaires nationales sur les concentrations des principaux polluants, des plans spécifiques pour l'air sont prévus à l'échelle de l'Ile-de-France depuis la LAURE : en l'occurrence le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) et le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) . Ces deux documents fixent des objectifs chiffrés en termes de concentrations de polluants visant à améliorer la qualité de l'air.

Comme pour la mobilité, l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la Ligne 15 Sud est fortement lié au réseau du Grand Paris dans son ensemble. Ainsi, l'analyse sera réalisée à deux horizons : le premier horizon permet d'isoler les impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon de sa mise en service (2020) ; le deuxième horizon permet de remettre le tronçon dans le contexte global du réseau dans sa quasi-totalité (2030).

*a. Impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020*

En situation de référence, la pollution est globalement en forte diminution à l'horizon 2020 grâce, principalement, à l'amélioration du parc automobile.

Entre la situation initiale (2005) et la situation de référence, les émissions de $NO_x$ diminuent, par exemple, de 79%. Cette diminution s'explique par le renouvellement du parc automobile et l'introduction progressive des véhicules catalysés. En ce qui concerne l'évolution des émissions de particules fines, qui sont majoritairement émises par les véhicules diesel, une diminution de 78% est également constatée. Cela est dû à la généralisation récente des filtres à particules.

Le CO, les COVNM et le benzène réagissent de la même façon, avec 83% d'émissions en moins entre 2005 et 2020.

Les émissions de nickel et de cadmium diminuent également, mais dans une moindre mesure. Ces émissions sont, en effet, essentiellement dues à l'usure des véhicules (parties métalliques, plaquettes de freins, moteurs…) et sont donc moins influencées par les normes en vigueur.

Enfin, les émissions de $SO_2$ sont considérées comme nulles, le carburant (source du soufre) se voyant pratiquement entièrement désulfuré.

On distingue donc entre la situation initiale et la situation de référence trois profils d'évolution différents :

- pour les PM, les $NO_x$, le CO, les COVNM et le benzène, les émissions entre 2005 et 2020 sont fortement diminuées grâce à l'évolution du parc roulant (objectifs réglementaires, volonté des constructeurs…) (catégorie 1) ;
- pour le $SO_2$, cas particulier, les émissions seront nulles en 2020 grâce à la volonté de désulfurer au maximum le carburant lors de la production (catégorie 2) ;
- enfin, pour les métaux lourds (nickel et cadmium), les émissions diminuent légèrement d'ici 2020, celles-ci résultant essentiellement de l'usure des véhicules des frottements (catégorie 3) .

**Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2020 pour les $PM_{10}$, $NO_x$, CO, COVNM, benzène, $SO_2$, Nickel et Cadmium.**

| | | $PM_{10}$ | $NO_x$ | CO | COVNM | benzène | $SO_2$ | Ni | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | t/an | t/an | t/an | t/an | t/an | t/an | kg/an | kg/an |
| **Situation initiale (2005)** | | 6 158 | 62 248 | 123 406 | 22 441 | 1 320 | 0 | 149 | 48 |
| **Horizon 2020** | **Sans Ligne 15 Sud** | 1 363 | 13 329 | 21 105 | 3 828 | 217 | 0 | 135 | 46 |
| | **Avec Ligne 15 Sud** | 1 357 | 13 259 | 21 018 | 3 808 | 216 | 0 | 134 | 46 |
| | **Réduction des émissions référence – sit. init. (%)** | -78% | -79% | -83% | -83% | -84% | 0% | -10% | -4% |
| | **projet - référence** | -6 | -70 | -88 | -20 | -1 | 0 | -1 | 0 |
| | **réduction des émissions projet – référence (%)** | -0,5% | -0,5% | -0,4% | -0,5% | -0,5% | 0% | -0,5% | -0,5% |

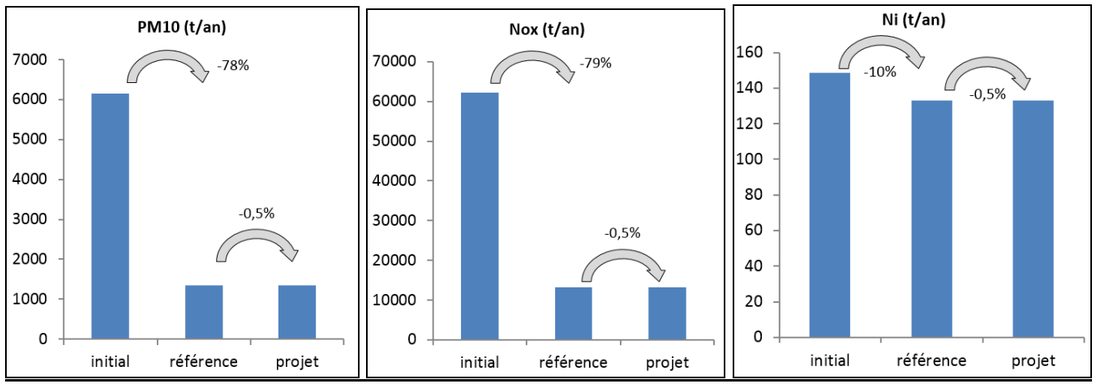
1 2 3

La comparaison entre la situation avec projet et la situation initiale (2005) montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. Le projet ne permet généralement que d'amplifier de manière très marginale les réductions réalisées grâce à l'amélioration du parc automobile.

Ainsi, la Ligne 15 Sud permet, en 2020, d'engendrer une diminution supplémentaire de la plupart des polluants étudiés ($PM_{10}$, $NO_x$, CO, COVNM, benzène) de 0,5% par rapport à la situation de référence. La réduction de trafic que crée l'arrivée de la Ligne 15 Sud en 2020 a donc des conséquences globalement positives en termes d'émissions de polluants atmosphériques, mais faibles par rapports aux diminutions réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

En termes de quantités, la Ligne 15 Sud permet de réduire les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier de 6 tonnes par an à l'horizon 2020. Les émissions de $NO_x$ diminuent quant à elles de 70 tonnes par an.

Ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale 2005 et les situations avec ou sans projet à l'horizon 2020, comme le montre la figure ci-dessous pour chacune des trois catégories de polluants identifiées précédemment.




**Comparaison des émissions annuelles 2005, 2020 en situation de référence et 2020 avec Ligne 15 Sud, pour les $PM_{10}$, le $NO_x$ et le Nickel.**

*b. <u>Impacts du réseau de transport du Grand Paris à proximité du projet à l'horizon 2030</u>*

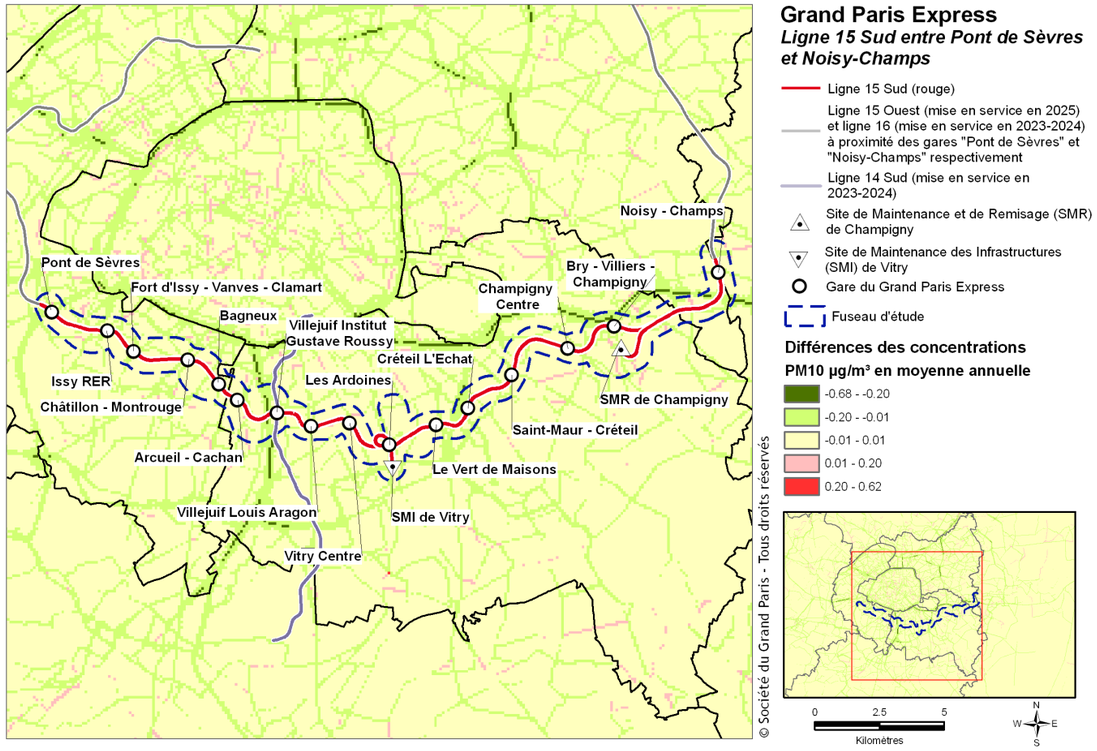
De manière similaire à ce qui a été constaté à l'horizon 2020 pour la Ligne 15 Sud, il y a une forte diminution de la plupart des polluants entre la situation initiale (2005) et la situation de référence (2030). Les émissions de $NO_x$ diminuent notamment de 85% entre la situation initiale et la situation de référence et celles de particules fines diminuent de 78%.

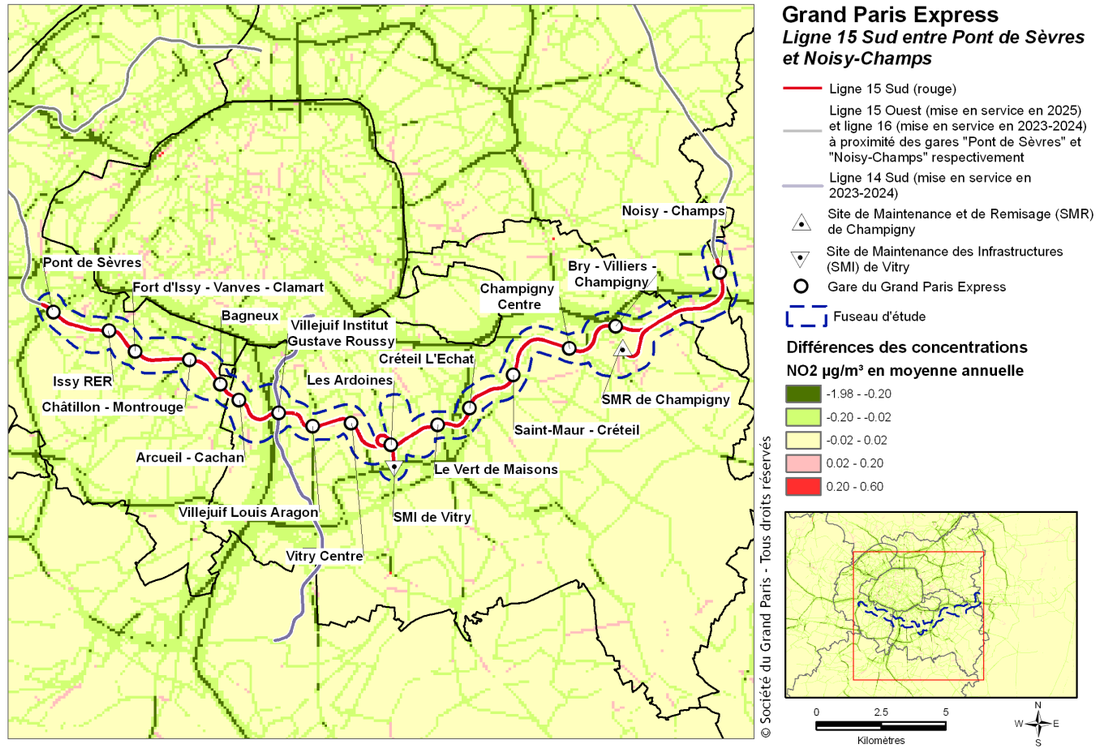
Comme dans le cas de la Ligne 15 Sud, la comparaison entre la situation avec réseau et la situation initiale montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. La situation avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030 engendre une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence, d'où un effet bénéfique du réseau sur les émissions de polluants atmosphériques évitées. Avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030, les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier sont réduites de 38 tonnes par an. Les émissions de $NO_x$ diminuent quant à elles de 254 tonnes par an.

A l'image de la conclusion faite pour la Ligne 15 Sud, ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale et les situations avec ou sans réseau en 2030

Concernant la répartition spatiale des émissions et leur impact sur les concentrations, celles-ci sont, de manière générale, fortement liées aux flux de trafic. Ainsi, sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet, une diminution des émissions est généralement observée. Au contraire, lorsque les flux sont plus élevés dans la situation de projet que dans la situation de référence, un accroissement des émissions est constaté.

Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de $PM_{10}$ et $NO_2$ entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 à proximité de la Ligne 15 Sud. La couleur verte, correspondant à une amélioration de la qualité de l'air grâce au projet est largement dominante. Seules quelques zones très localisées subissent une légère dégradation de la qualité de l'air suite à une augmentation du trafic sur certaines routes.




**Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour les $PM_{10}$**

Comme illustré par cette figure, l'impact du réseau du Grand Paris sur les concentrations en $PM_{10}$ à proximité de la Ligne 15 Sud est globalement positif avec une réduction des concentrations de l'ordre de -0,01 à 0,2 µg/m³ le long de nombreux axes routiers. Ces diminutions restent relativement faibles vis-à-vis de la valeur limite des $PM_{10}$ (40 µg/m³).

**Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour le $NO_2$**

Les concentrations de $NO_2$ subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers. Ces diminutions sont de l'ordre de -0,02 à -0,2 µg/m³, mais peuvent même baisser en-dessous de -0,2 µg/m³ aux abords des axes du réseau primaire où le trafic routier est très important. Celles-ci sont toutefois relativement faibles par rapport à la valeur limite des concentrations en $NO_2$ de 40µg/m³ (pour rappel, le $NO_2$ représente environ ¼ des $NO_x$).

Du point de vue des enjeux liés à la qualité de l'air, la localisation des nouvelles gares du projet représente un paramètre relativement important de l'analyse. En effet, les usagers transitant par les gares seront exposés aux concentrations ambiantes de polluants atmosphériques. Les usagers accédant ou sortant du réseau de transport en commun au niveau de ces gares seront également des sources potentielles d'émissions de polluants s'ils décident d'utiliser un véhicule motorisé pour se rendre ou repartir de ces gares.

Les gares du projet ont donc été étudiées afin d'évaluer leur susceptibilité à subir des concentrations élevées de pollutions atmosphériques. Deux paramètres ont été utilisés afin d'identifier les gares les plus sensibles :

- la quantité de trafic en HPM à proximité de la gare (buffer 500m) qui renseigne sur la pollution de base ;
- le nombre de personnes entrant et sortant de la gare qui renseigne sur l'influence potentielle supplémentaire de l'implantation de la gare.

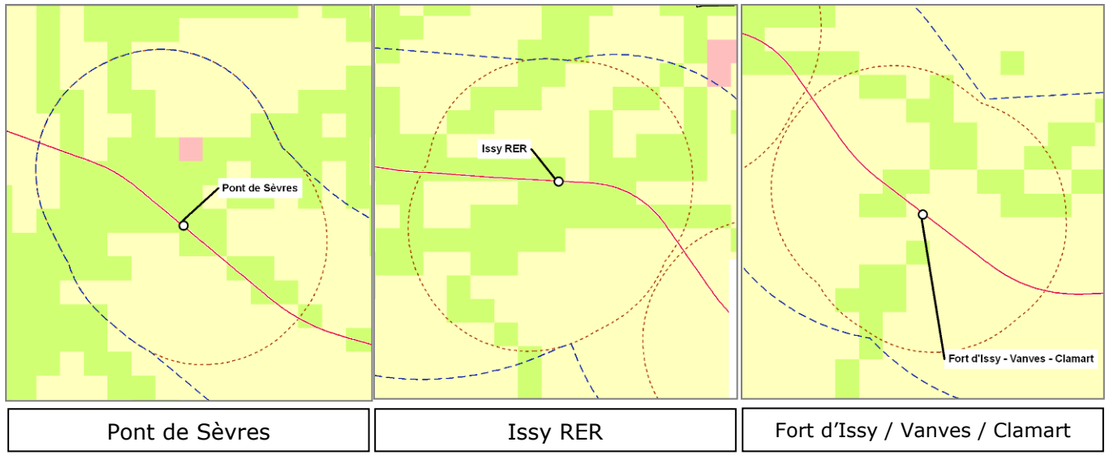
Le tableau ci-dessous reprend les résultats en classant les gares selon l'importance des enjeux vis-à-vis de la qualité de l'air :

**Identification des gares à enjeu du projet.**

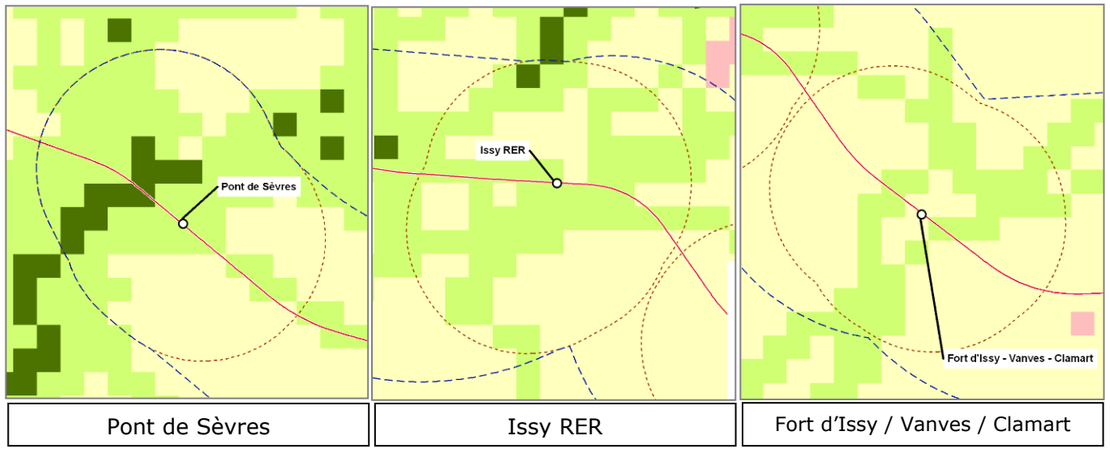
| | Importance du trafic routier dans la zone d'influence à l'HPM | Importance des flux des voyageurs entrant et sortant de la gare à l'HPM | Enjeu global |
|---|---|---|---|
| Arcueil-Cachan | très faible | intermédiaire | faible |
| Bagneux M4 | faible | faible | faible |
| Bry - Villiers - Champigny | intermédiaire | très faible | faible |
| Champigny Centre | très faible | très faible | très faible |
| Chatillon-Montrouge | faible | faible | faible |
| Créteil L'Echat | intermédiaire | très faible | faible |
| Fort d'Issy / Vanves / Clamart | faible | fort | fort |
| Issy RER | faible | intermédiaire | intermédiaire |
| Le Vert de Maisons | très faible | intermédiaire | faible |
| Les Ardoines | très faible | faible | très faible |
| Noisy-Champs | intermédiaire | faible | intermédiaire |
| Pont de Sèvres | intermédiaire | intermédiaire | fort |
| Saint-Maur - Créteil | très faible | très faible | très faible |
| Villejuif Louis Aragon | très faible | faible | très faible |
| Villejuif-IGR | fort | faible | fort |
| Vitry Centre | très faible | très faible | très faible |

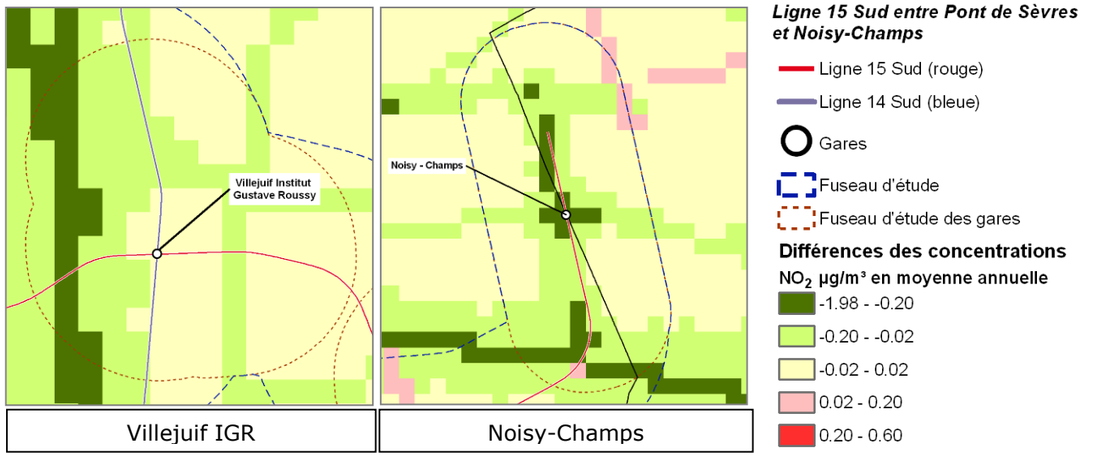
Les gares à enjeu intermédiaire à fort seront analysées plus en détails ci-dessous. Il s'agit des gares de Fort d'Ivry / Vanves/ Clamart, Villejuif IGR, Pont de Sèvres, Noisy-Champs et Issy RER.

Les différences de concentrations en $PM_{10}$ et en $NO_2$ entre la situation de référence et la situation avec projet sont représentées à proximité des gares précédemment identifiées dans la figure ci-dessous.




**Différences de concentrations entre situation de référence et situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 au sein des périmètres d'influence des cinq gares de la Ligne 15 Sud identifiées comme potentiellement à risque, cas du $PM_{10}$.**




**Différences de concentrations entre situation de référence et situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 au sein des périmètres d'influence des cinq gares de la Ligne 15 Sud identifiées comme potentiellement à risque, cas du $NO_2$.**

Les figures révèlent que le Grand Paris permet globalement de réduire les concentrations en $PM_{10}$ et en $NO_2$ dans les zones proches gares à enjeux. Quelques points de vigilance sont tout de même à signaler aux abords de la gare Noisy-Champs, notamment de par la présence d'axes routiers particulièrement fréquentés (Avenue des Pyramides et Voie Primaire N au Nord-Est).

De manière générale, il faudra limiter au maximum l'augmentation du trafic à proximité des gares à enjeu fort en mettant en place des mesures visant à favoriser l'utilisation des modes doux pour accéder aux gares au détriment de la voiture particulière.

En **conclusion**, la mise en service de la Ligne 15 Sud permettra à l'horizon 2020 une réduction globale des émissions de particules fines (<10µm), $NO_x$, COVNM, benzène, nickel et cadmium issues du trafic routier de l'ordre de -0,5%. Plus globalement, le réseau de transport du Grand Paris permettra une réduction d'environ 2 à 3% de ces mêmes polluants à l'horizon 2030. Le projet de la Ligne 15 Sud et le Réseau de Transport du Grand Paris dans son ensemble contribuent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air à proximité de la Ligne 15 Sud, et plus généralement en Ile-de-France. Cette amélioration est toutefois minime par rapport aux 80% de polluants émis en moins constatés entre la situation initiale (2005) et l'horizon 2030, grâce principalement au renouvellement du parc automobile.

### c. *Qualité de l'air dans les gares et le métro*

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs représente un enjeu important, au vu du temps significatif passé quotidiennement dans des espaces fermés (habitation, bureau, voiture, etc.). De nombreuses études ont donc été menées afin de déterminer les concentrations moyennes dans différents environnements confinés en particulier dans les habitations et les bureaux. Les gares étant des lieux de transit où les usagers ne restent généralement que pour des durées limitées, elles n'ont pas joui de la même attention et seule quelques études ont été réalisées afin d'évaluer les concentrations moyennes en différents polluants dans les gares souterraines.

Dans son rapport sur la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France[27], la Direction Générale de la Santé récapitule notamment les données concernant différents polluants dont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone ($CO_2$), les oxydes d'azote (NO et $NO_2$), l'ozone ($O_3$), le dioxyde de soufre ($SO_2$), les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et les particules en suspension. Les résultats montrent que les concentrations, monoxyde de carbone, ozone, dioxyde de soufre, HAM, etc. sont équivalentes ou inférieures à celles observées à l'extérieur. Les concentrations en dioxyde d'azote sont, par ailleurs, généralement inférieures aux valeurs des stations de proximité automobile. Par contre, les concentrations en particules fines sont toujours très supérieures dans les enceintes ferroviaires souterraines qu'à l'extérieur.

Les **sources** de ces concentrations élevées en particules fines sont multiples :

- L'exploitation ferroviaire notamment par l'exploitation du le matériel roulant (système de freinage, usure des roues, frottements roues/rails etc.) ;
- Les travaux d'entretiens et de maintenance ;
- Les voyageurs : le mouvement des voyageurs génère des poussières et ralentit la sédimentation des particules en suspension ;
- L'air extérieur, pénétrant dans les enceintes souterraines par les ouvertures des stations et le réseau de ventilation : les polluants de l'air extérieur se retrouvent donc également dans les enceintes souterraines.

Il s'agit donc de sources particulièrement diffuses et dont la participation dans les concentrations finales peut être très variable. Certaines sources sont liées à l'infrastructure elle-même (par exemple les particules générées par le système de freinage) mais d'autres sont totalement indépendantes et inhérentes aux espaces publics (notamment celles générées par les utilisateurs de la gare).

[27] *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, Juillet 2003.*

Les **effets des particules sur la santé** sont issus de leur dépôt dans l'appareil respiratoire, qui dépend de l'ampleur de l'exposition, des conditions physiologiques (fréquence respiratoire, volume inhalé, âge, état de santé, etc.) et des propriétés physico-chimiques des particules (diamètre, charge électrique, etc.). Ainsi, les particules de diamètre plus élevé se déposent principalement dans les parties supérieures (cavité nasale, larynx, trachée) tandis que les particules les plus fines peuvent pénétrer en profondeur dans les poumons (bronchioles et alvéoles). De plus, les constituants à l'origine des effets n'ont pas été clairement identifiés, ni leurs mécanismes d'action.

Néanmoins, le lien entre exposition et pathologies cardiovasculaires est largement admis. Les particules fines peuvent avoir des effets sur les voies respiratoires supérieures et les bronches (inflammations, aggravation de l'état de santé des personnes atteintes de maladies cardiaques et pulmonaires, stress oxydatif agissant directement sur les fonctions respiratoires…). Elles favorisent également la progression de l'athérosclérose ainsi que des perturbations du système de coagulation. Enfin, associées avec des autres composés, les particules peuvent engendrer des allergies chez les malades atteints de pathologies obstructives (asthme, etc.).

Comme détaillé dans la pièce G.1, dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires, les particules fines sont caractérisées par de fortes proportions de particules métalliques (dues au matériel roulant) et sont donc très différentes des particules fines présentes dans l'air extérieur (issues d'un mélange de polluants gazeux et particulaires, influencées par les phénomènes de combustion liées au trafic). Ainsi, il est peu significatif de comparer les effets sanitaires des particules fines dans les enceintes souterraines aux valeurs guides pour les pollutions atmosphériques en milieu extérieur et le risque sanitaire potentiel lié à leur exposition reste ainsi à évaluer spécifiquement.

Quelques études épidémiologiques et toxicologiques ont été menées en France et en Europe, mais restent cependant très parcellaires et ne permettent pas de conclure de manière univoque. Les différents travaux menés ont, de plus, conduit à des résultats parfois discordants ou n'ont pas été mené sur des échantillons représentatifs.

Cependant plusieurs points sont à soulever :

- Une toxicité accrue au niveau cellulaire par rapport aux particules de l'air extérieur (études menées sur des particules obtenues dans les métros de Londres, Paris et Stockholm). Cependant, les concentrations des extraits de particules auxquels ont été exposées les cellules sont bien plus élevées que celles qui peuvent être atteintes dans les régions alvéolaires des poumons des individus fréquentant ces enceintes souterraines (les effets observés apparaissent à une concentration environ 40 000 fois supérieure). De plus, les effets inflammatoires observés in vivo (test chez le rongeur) restent transitoires, ils disparaissent au bout de 24 heures. Cela n'écarte pas toutefois, la question des effets à une exposition répétée à faible dose (d'autres études sont nécessaires).
- Une génotoxicité 8 fois plus importante des particules du métro de Stockholm par rapport aux particules prélevées en milieu extérieurs a été mise en évidence (provoque, à concentration équivalente, des lésions sur l'ADN).
- Le possible rôle du fer dans la toxicité des particules du métro (notamment sa forme soluble ou insoluble ainsi que son état d'oxydation). Cependant, les différentes études menées à ce sujet arrivent à des résultats parfois contradictoires.
- Les études épidémiologiques permettent d'approcher les effets d'une exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire via la comparaison de l'état de santé d'individus exposés et non exposés. Les études menées jusqu'à présent ne mettent pas en évidence de risques liés à l'exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire sur la santé respiratoire, que ce soit à court ou long terme. Cependant, la plupart des évaluations ont été menées chez les travailleurs, ces résultats ne peuvent donc pas être directement transposés à la population générale qui comporte des populations plus sensibles. Il n'est donc toutefois pas possible de conclure à l'absence de risque.

Du point de vue du **cadre règlementaire**, pendant longtemps, la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments et espaces clos n'a pas été considérée comme une préoccupation majeure. Ainsi, le cadre réglementaire est restreint et ne concerne qu'une minorité de polluants. Cependant, quelques valeurs guides ont été introduites soit par des instances internationales, soit par des organismes nationaux.

Comme il n'existe pas de critères sanitaires, de Valeurs Toxicologique de Référence (VTR) ou de Valeurs Guide de l'Air Intérieur (VGAI) dans les bases de données habituelles, il est recommandé de suivre les valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

**Valeurs Guides de l'OMS pour les PM10 et PM2.5 pour des expositions par inhalation**

| | **$PM_{2.5}$** | **$PM_{10}$** |
|---|---|---|
| **Exposition aiguë (24 heures)** | 25 µg/m$^3$ | 50 µg/m$^3$ |
| **Exposition chronique (année)** | 10 µg/m$^3$ | 20 µg/m$^3$ |

Ces valeurs concernent une exposition prolongée et peuvent donc difficilement être interprétées par rapport à une exposition très limitée dans le temps tel qu'un trajet en métro. Seul le Canada propose une valeur guide de courte durée pour l'air intérieur : 100 µg/m³ pour 1h.

En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), a rendu le 3 mai 2001, un avis relatif à l'élaboration de valeurs de référence de qualité d'air pour les $PM_{10}$ dans les enceintes ferroviaires souterraines. Il recommande de tenir compte du temps de séjour des usagers mais également de leurs expositions le reste de la journée à des concentrations dans les différents lieux de vie ne dépassant pas, au total, la valeur limite journalière de la directive européenne 1999/30/CE, y compris les jours de pollution particulaire élevée. Les valeurs pour 8 scénarios correspondant à 4 durées quotidiennes de séjour dans les enceintes ferroviaires souterraines variant de 1h30 à 2h15, et à 2 périodes distinctes huit valeurs rapportées dans le tableau suivant :

**Valeurs calculées pour différentes durées d'exposition dans les enceintes ferroviaires souterraines (Direction Générale de la Santé, 200328)**

| | **2001** | **2005** |
|---|---|---|
| | **CLim/jour = 50+ 40% soit 70 µg/m$^3$** | **CLim/jour = 50 µg/m$^3$** |
| | **P90extérieur = 33 µg/m$^3$** | **P90extérieur = 23 µg/m$^3$** |
| Tsout = 1h30 | VGAIsout < 625 µg/m$^3$ | VGAIsout < 455 µg/m$^3$ |
| Tsout =1h45 | VGAIsout < 540 µg/m$^3$ | VGAIsout < 393 µg/m$^3$ |
| Tsout =2h | VGAIsout < 477 µg/m$^3$ | VGAIsout < 347 µg/m$^3$ |
| Tsout =2h15 | VGAIsout < 428 µg/m$^3$ | VGAIsout < 311 µg/m$^3$ |
| Tsout = temps passé dans l'enceinte ferroviaire souterraine | | |

Pour l'année 2010, si le même calcul était appliqué, la concentration de référence s'élèverait à 145 µg/m³ pour Tsout=2h et 250 µg/m³ pour Tsout=1h. Ce calcul présente toutefois des limites

*[28] Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de l'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, 2003*

puisque d'une part, il ne tient pas compte de la composition des particules, et d'autre part, il ne considère pas l'ensemble des microenvironnements fréquentés par la population.

En termes d'objectifs de réduction des concentrations, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) a publié un rapport un 2013[29] qui préconise une valeur cible (pour l'exposition chronique) de 10µg/m³ pour les $PM_{2.5}$ et 15µg/m³ pour les $PM_{10}$ à l'horizon 2025 à atteindre de manière progressive au cours du temps (20 et 30µg en 2015).

Concernant **l'évaluation de l'exposition aux particules fines,** les sources de ces polluants sont particulièrement diffuses et ne dépendent que partiellement de l'infrastructure elle-même. De plus, le type de matériel roulant, la position exacte et les débits des différents groupes de ventilation n'étant pas encore définis précisément, il n'est pas possible actuellement d'estimer les concentrations moyennes qui seront observées dans les gares du projet.

Des enseignements peuvent, néanmoins, être tirés des mesures effectuées dans différents métros français et à l'international. Les principaux résultats sont présentés dans les tableaux suivants[30] :

**Concentration en particules $PM_{2.5}$ dans différents métros**

| Ville | Année | Valeur moyenne en µg/m³ | Valeur horaire maximale en µg/m³ |
|---|---|---|---|
| Londres | | 270-480 | |
| Helsinki | | 47-60 | 103 |
| Lyon | 2002 | 80 | 252 |
| Lille | 2007-2008 | 86 | 244 |
| Lille | 2010 | 68 | 257 |

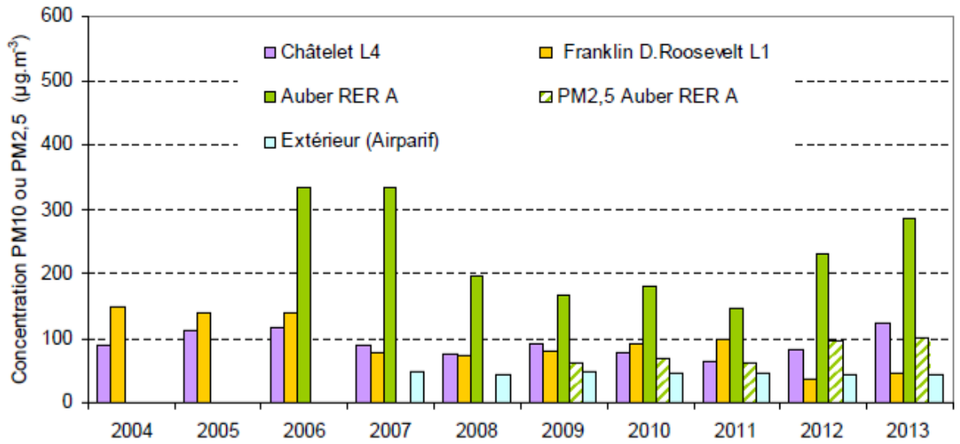
**Concentration en particules $PM_{10}$ dans différents métros**

| Ville | Année | Valeur moyenne µg/m³ | Valeur horaire maximale µg/m³ |
|---|---|---|---|
| Londres | 1998 | 245-565 | |
| Berlin | 1995-1996 | 141-153 | |
| | 1998 | 139-151 | |
| Séoul | 1999 | 109-189 | |
| Paris | 1995-1997 | 500 (L5) | 1200 |
| | 1999 | 85 (L4) | 499 |
| | | 134 (L1) | 403 |
| | | 350 (L7) | |
| | 2000 | 102 (L4) | 500 |
| | | 139 (L1) | 396 |
| | | 70 (L9) | |
| Lyon | 1998 | 110-136 (LD) | 182 |
| | 2002 | 123-171 (LD) | 469 |
| | | 58-67 (LA) | 192 |
| Tram de Rouen | 2005 | 94 | 246 |
| Toulouse | 2004 | 91 (LA) | 301 |
| | 2005 | 141 (LA) | 493 |
| | été 2006 | 127 (Quai JJ) | 1094 |
| | | 125 (quai Esquirol) | 537 |
| | hiver 2006 | 165 (quai JJ) | 501 |
| | | 102 (quai Esquirol) | 469 |
| Lille | 2005 | 139 | |
| | 2007-2008 | 39-67 (hall) | 271 |
| | | 44-114 (quai) | 542 |
| | | 60-136 (tunnel) | 357 |
| | 2010 | 101 (hall) | 794 |
| | | 108 (quai) | 370 |
| | | 120 (tunnel) | 356 |
| Rennes | 2004 | 56-82 | 153-239 |
| | 2005 | 35-47 | 181-188 |
| Rome | 2006 | 348-479 | |
| Marseille | 2011 | 74-90 | 285 |

La qualité de l'air est également suivie quotidiennement par la RATP dans les espaces souterrains du réseau francilien grâce au dispositif de surveillance SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain). Les résultats sont présentés dans la figure suivante.

*[29] Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – les particules, Haut Conseil de la Santé Publique, 2013*

*[30] Sources des données : Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé, ORS (Observatoire Régional de Santé) Ile-de-France et Campagne d'évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords des stations du métro de Lille du 14/01/2010 au 29/03/2010, source d'information Atmo Nord - Pas de Calais, rapport N° 01/2010/PD-IC.*




**Concentrations en PM10 (et PM2.5) dans différentes station du réseau francilien (Bilan annuel SQUALES 2013, RATP)**

Les résultats illustrent que les concentrations peuvent être très variables entre différentes villes mais aussi entre différents types de matériel roulant, les concentrations dans la gare de RER Auber étant largement plus élevées que dans les gares de métro.

L'**évaluation des risques sanitaires** encourus est rendue très complexe par l'absence de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour les $PM_{2,5}$ et les $PM_{10}$ ainsi que par l'incertitude sur les concentrations futures dans les gares du projet.

Selon les données disponibles, il est néanmoins possible d'évaluer les risques potentiels de nuisances pour la santé des utilisateurs.

Concernant la durée d'exposition, la RATP et la SNCF indiquent que la durée moyenne journalière passée en souterrain par les usagers de leur réseau est de l'ordre d'une heure[31]. En 2010, d'après l'Enquête Globale Transport, un jour ouvrable moyen, la portée moyenne d'un trajet en métro est quant à elle de 3,12 km et le temps trajet moyen est de 7,5 min (hors correspondances). Le temps d'exposition peut donc être très variable et s'étaler de quelques minutes pour un utilisateur effectuant un trajet simple à plus d'une heure pour un utilisateur effectuant plusieurs trajets de plus longue durée.

Dans l'hypothèse maximaliste d'une durée d'utilisation de 1h, et d'après les scénarios du CSHPF, la concentration ne devrait pas dépasser 250 µg/m³ (en 2010). D'après les résultats des mesures dans les différentes gares de métro actuelles, les concentrations moyennes dépassent rarement 150 à 200µg/m³. Ainsi, le risque potentiel pour la santé des usagers est faible selon ces valeurs guides.

Il faudra néanmoins veiller à limiter au maximum les concentrations dans les gares et le métro et de surveiller la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du projet afin d'entreprendre des actions correctives si nécessaire.

*[31] Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé", ORS (Observatoire Régional de Santé) Île-de-France*

L'air extérieur à proximité des puits de ventilations pourra également être légèrement impacté. Les concentrations seront cependant rapidement diluées dans l'air extérieur et le risque devrait donc encore plus limité qu'à l'intérieur du métro. Les aménagements de ces puits seront néanmoins pensés de manière à éviter les expositions prolongées.

### d. *Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation*

**Qualité de l'air en Ile-de-France et à proximité des gares du projet**

Comme l'a montré l'analyse des impacts, le projet de la Ligne 15 Sud devrait permettre de réduire les émissions et les concentrations de polluants atmosphériques en Ile-de-France et à proximité du projet. Cet impact étant directement lié au report modal de la route vers les transports en commun, toutes les **mesures incitant à l'utilisation des transports en commun au détriment des véhicules particuliers** devraient donc entraîner une augmentation du report modal et par conséquent provoquer une amélioration supplémentaire de la qualité de l'air. Pour une analyse détaillée des mesures envisageables, se référer aux mesures préconisées dans le chapitre relatif aux impacts du projet sur la mobilité.

En complément de ces mesures générales, il est intéressant d'ajouter plus spécifiquement aux pollutions atmosphériques que le métro du Grand Paris améliore la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France et permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de **pic de pollution**.

Bien que l'analyse ait montré l'effet positif du projet sur les polluants atmosphériques, en particulier le long des grands axes routiers, l'analyse a également montré que certaines zones localisées pouvaient, au contraire, subir une augmentation de trafic limitée et donc une augmentation des concentrations de polluants. Il est évident qu'un changement profond du système de transport tel que celui insufflé par l'arrivée du projet modifie l'ensemble des flux de trafic et peut mener dans certaines zones à des augmentations de trafic. Il n'est pas possible à ce stade de planifier l'organisation de toutes les routes locales de l'Ile-de-France. Cependant, il sera crucial pour toutes les communes fortement impactées par l'arrivée du projet **d'adapter leur plan de circulation**. Des mesures locales devraient ainsi permettre de rediriger le trafic routier afin de protéger les zones d'habitats.

En ce qui concerne les gares identifiées comme à enjeux (Fort d'Ivry / Vanves/ Clamart, Villejuif IGR, Pont de Sèvres, Noisy-Champs et Issy RER), le trafic routier dans leurs zones d'influence devra être réduit au maximum afin de diminuer les concentrations en polluants atmosphériques à proximité des gares, où le nombre de personnes en transit est important (et donc le nombre de personnes exposées). Inciter à l'utilisation de modes doux afin de rejoindre la gare peut, par exemple, représenter une solution.

**Qualité de l'air à l'intérieur du métro**

La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels doit être prise en compte, pour répondre aux concentrations potentiellement élevées et aux risques pour la santé des usagers que celles-ci induisent. Dans le but d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France[32] recommande :

[32] Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.Avis relatif à la qualité de l'air dans les modes de transport. http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/CSHPF_avis_modes-transports_270906.pdf, 2006

- de réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
- d'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
- d'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
- de poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

Il sera judicieux de se référer à ces préconisations lors de la mise en place du métro automatique. De plus, il est suggéré de procéder à des études plus approfondies sur les méthodes et technologies qui permettent de réduire les émissions de particules. Parmi les solutions envisageables, la mise en circulation par la RATP de trains dotés d'une gestion optimisée des systèmes de freinage électriques qui provoqueraient une baisse de 20 à 25% d'émissions de poussières peut être envisagée. La surveillance de la qualité de l'air évoquée précédemment est d'autant plus intéressante dans les gares de la Ligne 15 Sud qu'elle pourra bénéficier du retour d'expérience apporté par les lignes du Réseau de Transport du Grand Paris mises en circulation auparavant.

*e. Coûts associés aux mesures*

Les mesures visant à améliorer la qualité de l'air en Ile-de-France découlent des mesures liées à l'incitation du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun. Les coûts associés sont donc les mêmes que ceux des mesures liées à la mobilité et ne devraient représenter, au total que des coûts faibles voire négligeables.

Concernant la qualité de l'air intérieur, les coûts liés aux mesures concernent d'abord la tenue des études complémentaires ce qui représente entre 20 000 et 100 000 euros. Il est difficile d'évaluer à ce stade l'impact des technologies éventuellement mises en places pour réduire les émissions de polluants. Néanmoins, la mesure principale et probablement suffisante sera l'optimisation des débits de ventilation. Or cette optimisation ne représente aucun investissement supplémentaire car les débits de ventilation maximums sont fixés sur base des débits de désenfumage et sont donc largement supérieurs aux débits de ventilation hygiénique.

*f. Mesures de suivi dans le temps*

Le principal enjeu lié à la qualité de l'air réside en la diminution des concentrations des diverses espèces polluantes. Les données issues des mesures de ces espèces chimiques sont mises à disposition par AIRPARIF. Le suivi de ces chiffres permettra d'appréhender l'évolution des concentrations en question en région Ile-de-France, d'évaluer à terme l'impact du Réseau de Transport du Grand Paris, et éventuellement de mettre en place des mesures complémentaires si nécessaire.

### 1.25.2 Environnement sonore

Se référer à la partie « environnement sonore » spécifique à ce sujet.

### 1.25.3 Sécurité routière

#### *1.25.3.1 Rappel des enjeux*

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le report modal induit par la mise en service de la Ligne 15 Sud permettant de réduire l'intensité du trafic routier, il pourrait par conséquent influer sur le nombre d'accidents de la route et donc sur la santé des franciliens.

Les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêchent les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

#### *1.25.3.2 Impacts et mesures en phase chantier*

*a. Impacts directs et indirects*

La perturbation des zones de circulation des véhicules et de cheminement des piétons est le seul impact potentiel de la phase de travaux sur la sécurité routière. Celui-ci est lié à l'aménagement temporaire de la voirie lorsque les zones de chantiers empiètent sur les espaces de circulation des véhicules sur la voirie existante. Cet impact n'est pas quantifiable, mais doit toutefois être souligné dans le cadre de cette étude.

*b. Mesures et coûts associés*

Les mesures à mettre en place afin d'éviter tout accident de la route et de garantir la sécurité des personnes (conducteurs comme piétons) sont le respect des normes de sécurité à proximité des zones de chantiers. Des règles de circulation temporaires adéquates, accompagnées d'une signalisation claire et visible pour tout usager, seront mises en place en conséquence. De la même façon, une attention particulière sera accordée aux piétons et à leurs conditions de cheminement aux abords de la zone de chantier. Ces mesures temporaires seront nécessairement prises en plaçant la sécurité des personnes fréquentant les abords de la zone de chantier au cœur de la problématique de chaque zone de travaux afin d'y éviter tout risque d'accident. Le coût de ces mesures font partie intégrante des coûts totaux des chantiers.

#### *1.25.3.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation*

*a. Impacts directs et indirects - diminution de nombre d'accidents et de blessés sur les routes franciliennes*

Pour évaluer l'impact du report modal sur le nombre d'accidents après la mise en place de la Ligne 15 Sud, il a été nécessaire d'estimer le taux moyen d'accidents. L'analyse de l'état initial a souligné à ce sujet les différences importantes entre les taux d'accidents observés sur les différents types de routes. Les routes locales où la circulation se fait à faible vitesse ont, en effet, un taux relativement élevé d'accidents mais de gravité faible tandis que les axes routiers plus importants et plus rapides ont des taux d'accidents moins élevés mais d'une gravité supérieure.

Trois types de routes ont ainsi été différenciés en fonction du trafic supporté et des vitesses autorisées. De plus, l'analyse de l'état initial a montré que le nombre d'accidents est globalement à

la baisse. Il a donc été nécessaire de projeter les taux observés actuellement aux horizons 2020 (Ligne 15 Sud) et 2030 (réseau du Grand Paris), ce qui a été fait à partir de l'évolution 2005-2010 issue de Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011). Les chiffres obtenus pour 2020 sont présentés dans le tableau suivant.

**Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2020 (source : projection : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))**

| Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Accidents | Blessés légers | Blessés graves | Tués |
| Autoroutes | 0,0398 | 0,0370 | 0,0215 | 0,0014 |
| RN + RD | 0,1261 | 0,1172 | 0,0703 | 0,0047 |
| Agglomération | 0,2233 | 0,2076 | 0,0371 | 0,0025 |

Le facteur principal responsable des différences entre les taux d'accidents et leur gravité étant la vitesse, les taux d'accidents détaillés ci-dessus ont été affectés aux différentes voiries sur base de la vitesse à vide par défaut issue du modèle utilisée (les taux des autoroutes ont été affectés aux voiries où la vitesse est supérieure à 90km/h, les taux des routes nationales et départementales à celles dont la vitesse est supérieure à 70km/h, et les taux en agglomération à celles dont la vitesse est inférieure à 70km/h).

Il a ainsi été possible d'obtenir le nombre d'accidents, de blessés et de tués en situation de référence et en situation de projet et de les comparer. Les différences sont présentées dans le tableau suivant.

**Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de la Ligne 15 Sud en 2020.**

| | | |
|---|---|---|
| **Nombre évité avec la mise en service de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020** | Nombre d'accidents évités | -43 |
| | Nombre de blessés légers évités | -40 |
| | Nombre de blessés graves évités | -19 |
| | Tués évités | -1 |

Les résultats montrent que la diminution de trafic routier induite par le projet permet de réduire de manière non négligeable le nombre d'accidents de la route. Ainsi, ce sont 43 accidents, 40 blessés légers, et 19 blessés graves et 1 tué évités en 2020 grâce à la mise en place de la Ligne 15 Sud.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à la mise en œuvre du projet.

*b. Mesures d'accompagnement et de suivi*

Les effets du projet sur la sécurité routière sont positifs en phase d'exploitation. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet.
L'analyse des chiffres issus des statistiques annuelles d'instituts publics tel que l'Observatoire de la Sécurité Routière d'Île-de-France permettra un suivi dans le temps des prévisions de diminutions des accidents de la route.

### 1.25.4 Synthèse des impacts et mesures liée à la santé et la sécurité

Le tableau ci-après synthétise les principaux impacts et mesures en ce qui concerne la qualité de l'air (à l'extérieur et à l'intérieur du métro), et la sécurité routière.

Les niveaux d'impact ont été évalués sur base du nombre potentiel de personnes affectées et de l'importance du risque encouru.

**Synthèse des impacts et mesures concernant la santé**

| Section | Thématique | Niveau d'enjeu | Caractéristiques et niveau de l'impact | Mesures mises en œuvre |
|---|---|---|---|---|
| **Toutes sections** | **Pollution atmosphérique** | Concentrations en polluants atmosphériques généralement en baisse mais dépassant toujours fréquemment les valeurs limite en particulier à proximité du trafic routier. | Emissions de polluants atmosphériques par le chantier de la Ligne 15 Sud. | Mesures de réduction :<br>• Choix judicieux de matériel et de méthodes de construction permettant de limiter l'émission de poussières.<br>• Rationalisation et optimisation des trajets des véhicules pour le chantier. |
| | | | Amélioration globale de la qualité de l'air grâce au report modal de la voiture particulière vers les transports en commun, ainsi qu'aux plans d'amélioration de la qualité du parc bâti accompagnant la mise en service du Grand Paris. | Mesures d'optimisation :<br>• Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité).<br>• Interconnexion des gares du projet avec les autres lignes de transports en commun favorisant le report modal.<br>• Adaptation des plans de circulation afin d'éviter l'augmentation du trafic routier dans les voiries locales à proximité des gares. |
| | | Concentrations en particules fines pouvant être élevées dans les espaces confinés ferroviaires (gares, trains et métros). | Risques de concentrations de particules fines dans les espaces confinés du métro et à proximité des puits de ventilation. | Mesures de réduction :<br>• Limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames via :<br>▪ réduction des émissions à la source (matériaux de roulement, de freinage et d'aménagement des voies) ;<br>▪ optimisation de la ventilation et de la filtration ;<br>▪ équipement de rames avec ventilation réfrigérée ;<br>▪ surveillance de la qualité de l'air.<br>• Localisation des puits de ventilation de manière à assurer une exposition prolongée minimale des personnes. |
| | **Accidents de la route** | Nombre d'accidents de la route relativement faible aux abords du fuseau d'étude. | Diminution du nombre d'accidents et de victimes sur le réseau routier suite à la mise en service du Grand Paris. | Mesures d'optimisation :<br>• Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité).<br>• Mise en place d'aménagements routiers et d'équipements adéquats autour des gares. |

*Légende :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Pas d'enjeu* | *Enjeu Faible* | *Enjeu Modéré* | *Enjeu Fort* | |
| *Pas d'impact* | *Impact Faible* | *Impact Modéré* | *Impact Fort* | *Impact positif* |

# 2. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus

L'analyse des effets cumulés du projet de Ligne 15 Sud avec les autres projets autorisés ou en cours d'instruction concerne deux types de projets :

- Les projets dits connexes : ces projets potentiels sont en prise directe avec les ouvrages de la Ligne 15 Sud. En effet, les gares ont été étudiées afin de rendre possible la réalisation de ces projets immobiliers connexes sur les emprises foncières maitrisées pour la réalisation de l'infrastructure de transport qui ne reçoivent pas un usage ferroviaire en phase définitive.. Ces projets, qui seront réalisés après la réalisation des gares, sont portés par d'autres maîtres d'ouvrages et feront l'objet de procédures spécifiques au titre du code de l'environnement et du code de l'urbanisme.

- Les autres projets : ces projets sont ceux de l'analyse « classique » des effets cumulés dans une étude d'impact. Ils sont, soit autorisés ou en cours de travaux, soit ils ont fait l'objet d'un dossier de demande d'autorisation déposé auprès des services instructeurs.

## 2.1 Projets connexes aux gares de la Ligne 15 Sud

Les projets de ce type ne concernent que les sites des gares sauf ceux des gares suivantes : Pont-de-Sèvres, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Villejuif  IGR, Vitry Centre, Vert-de-Maisons et Noisy-Champs.

Ces projets immobiliers sont présentés dans les fiches de présentation des gares concernées. Ils consistent en la construction de bâtiments ponctuels, dont la hauteur, la forme et l'usage sont à définir au cas par cas, et qui sont implantés:

- Directement au dessus de la gare : la gare et ce bâtiment connexe seront liés structurellement  :La structure du bâtiment voyageur de la gare ou les structures de la boite gare souterraine ont donc été conçues pour recevoir un bâtiment en surplomb (prise en compte des descentes de charges notamment).

- A proximité immédiate de la gare : la gare et le bâtiment sont deux ouvrages très proches, voire mitoyens.

Dans les 2 cas, les projets connexes seront construits après les ouvrages de la Ligne 15 Sud.

Le cas de la gare de Noisy-Champs est particulier : la gare elle-même et sa proximité immédiate ne font pas l'objet de projet connexe au sens explicité ci-dessus. Cependant, le projet de la ZAC du Ru de Nesles, porté par EPAMARNE et décrit dans le chapitre suivant, se développe sur l'emprise chantier des ouvrages associés à la gare (OA 801P et 802P, arrière gare) et autour.

Les impacts cumulés potentiels de la Ligne 15 Sud et de ces projets sont localisés à chaque site de gare concerné. Il n'y a pas d'impact à l'échelle de la ligne ou à l'échelle du programme Grand Paris Express.

### 2.1.1 Impacts cumulés potentiels

La réalisation future des projets connexes relèvera de maitre d'ouvrages tiers, qui auront à leur charge la définition précise de ces projets.

Dans le cadre des études de maitrise d'œuvre des gares de la Ligne 15 Sud, la SGP a étudié les conditions permettant la mise en œuvre future de ces projets, notamment par l'étude des conditions permettant de prendre en compte les descentes de charges de ces projets quand ceux-ci sont en surplomb des gares. A ce titre il est précisé :

- Pour le projet de Ligne 15 Sud : L'échelle de ces projets correspond à l'échelle de projets immobiliers locaux, développés sur les emprises résiduelles du projet ne recevant pas un usage ferroviaire. Du fait de la taille de ces opérations, ces projets futurs potentiels n'ont aucun effet cumulé avec les ouvrages du projet de Ligne 15 Sud appréciée dans son ensemble.

- Pour les gares concernées : les projets connexes potentiels seront réalisés en application des Plans locaux d'urbanisme en vigueur. De ce fait, l'ensemble des gares présentant un potentiel pour l'accueil futur de projets connexes potentiels correspondent à des contextes urbains déjà constitués ou en cours de renouvellement. Ainsi, le développement futurs de projets immobiliers ponctuels n'aura pas d'effets cumulés notables au regard des caractéristiques urbaines et du fonctionnement de ces sites.

### 2.1.2 Impacts paysagers

Ces impacts concernent avant tout le paysage local. Le nouveau bâtiment amplifie l'impact de l'émergence de la gare car son volume correspond à l'échelle d'un projet immobilier local. La modification du paysage local est donc plus visible en comparaison avec l'implantation du bâtiment voyageur de la gare, dont la hauteur en rez-de-chaussée est de l'ordre de 5 à 6 mètres.

Cet impact est fortement réduit par l'existence d'un bâti dense autour des gares dans lequel s'inscrit le nouveau bâtiment.

### 2.1.3 Impacts sur le sous sol

Ces impacts sont limités dans la première configuration, le sous sol de l'ouvrage global étant représenté par la partie souterraine de la gare. Il n'y a pas d'effets cumulés.

Dans la seconde configuration, le volume de sous sol occupé par les deux ouvrages peut augmenter de façon marginale.

Pour les gares, le volume occupé en sous-sol par l'ouvrage de transport est conséquent du fait des dimensions de la gare et de la profondeur des parois moulées. Cette profondeur est en effet conditionnée par la profondeur du tunnel et par le besoin d'ancrer les parois moulées dans des horizons géologiques favorables.

Le fait de construire les ouvrages successivement réduit fortement les impacts cumulés de la phase chantier. Cela les limite à des questions de durée de nuisances dans le temps, en particulier en ce qui concerne les vibrations et la position par rapport aux ouvrages souterrains existant.

En phase exploitation, les effets additionnels du bâtiment par rapport à ceux de la gare concernent principalement les eaux souterraines et l'effet barrage. Les principes et la profondeur de fondation du bâtiment n'étant pas connu, l'effet cumulé ne peut être quantifié précisément à ce stade. Il devra l'être lors des études de conception, à la charge des maîtres d'ouvrages futurs des projets connexes.

Pour les projets connexes potentiels, les sous-sols peuvent prévoir, comme tout projet immobilier en zone urbaine dense, un à deux niveaux de sous-sol dévolus à du stationnement sur des emprises proches à celle de la gare. Toutefois, compte tenu de la différence d'échelle entre les gares et les projets connexes, et de l'implantation de ces projets connexes potentiels sur des sites urbains, dont les premiers niveaux de sous-sol sont déjà occupé par des ouvrages existants (stationnement souterrains, réseaux concessionnaires, fondations de bâtiments), les effets cumulés potentiels peuvent être considérés comme non notables.

Par ailleurs, des prescriptions imposées ou prévues pour la construction souterraine de la gare s'appliqueront de façon adaptée au projet de bâtiment.

### 2.1.4 Impacts sur le milieu humain

Les bâtiments concernés vont accueillir une population nouvelle qui contribuera à l'augmentation locale des déplacements de toute nature.

Compte tenu de l'échelle locale des projets immobiliers connexes, cette augmentation ne sera pas significative à l'échelle du périmètre autour de la gare ni à l'échelle de la fréquentation du réseau de transport.

De façon générale, les impacts potentiels s'inscrivent dans les évolutions prévues par les documents de planification, en particulier le SDRIF, et les plans locaux d'urbanisme, du fait du développement potentiel d'opérations de construction à proximité immédiate des gares.

La présence de la gare et les études relatives aux bâtiments limiteront les impacts sur les transports locaux par incitation à l'utilisation des transports en communs.

L'intégration de certaines gares du projet de la Ligne 15 Sud à des projets connexes de type immobilier a des effets cumulés réduits. Il est en effet avantageux de densifier le bâti autour des points d'accès à un moyen de transport important à l'échelle régionale. C'est d'ailleurs l'un des points principaux de la politique régionale de la ville durable inscrite dans les documents de planification à cette échelle.

## 2.2 Autres projets retenus pour l'analyse des impacts cumulés

### 2.2.1 Liste des projets retenus

En application du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2012 pris en application de la Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, dite Loi « Grenelle II », et intégré aux articles R122-2 et suivants du code de l'environnement, cette partie traitera des effets cumulés du projet avec les projets connexes, sur l'environnement et sur la santé humaine.

Dans cette partie, les projets connexes pris en compte concernent :

- Les projets de planifications du territoire, à savoir les projets de CDT traversés par le linéaire de la Ligne 15 Sud,
- Les projets d'infrastructures et de transports en commun identifiés dans le fuseau d'étude,
- Les projets d'aménagement urbain sous la forme de ZAC ou quartier d'aménagement,
- Les projets de constructions de bâtiments ou de structures bâties (type centre commercial, parking,…),

L'analyse a été principalement menée sur des projets d'importance (projet d'Utilité Publique, projet d'aménagement de quartiers, projets à enjeu vis-à-vis de leur interaction avec la Ligne 15 Sud).

Pour exemple, les opérations soumises à Permis de Construire dans le cadre de la construction d'immeuble unique n'ont pas été **systématiquement** prises en compte. En effet, l'ampleur des travaux de réalisation et les effets dus à leur exploitation ne semblent pas toujours proportionnés au regard des effets induits par la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud et des différents pôles « gares » associés à cette dernière. Ils ont donc été considérés au cas par cas.

Les projets retenus dans le cadre de cette étude sont listés ci-dessous et présentés dans les paragraphes qui suivent. Ces derniers sont ceux qui :

- Ont été soumis à autorisation et ont déjà fait l'objet d'un document d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau et d'une enquête publique,
- Ont fait l'objet d'une étude d'impact et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

A noter qu'ont été également pris en compte dans l'analyse qui suit les projets où un éventuel impact cumulé a été pressenti à ce stade préliminaire de leurs études, sans pour autant qu'ils aient fait l'objet d'une évaluation environnementale ou d'une autorisation préalable.

Dans la démarche ci-dessous, les projets connexes étudiés sont ceux pris en compte par les équipes de maîtrise d'œuvre dans l'avant-projet.

| Typologie de projets connexes | Projet connexe concerné | Secteur d'interaction du projet connexe avec la Ligne 15 Ouest |
|---|---|---|
| Contrat de Développement Territoriale | CDT GPSO – Innovation numérique | Grand Paris Seine Ouest - Secteur Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Sèvres |
| | CDT Campus Sciences et santé | Vallée Scientifique de la Bièvre – Secteur Bagneux, Arcueil-Cachan, Villejuif |
| | CDT Grandes Ardoines | Secteur Vitry-sur-Seine, Alfortville |
| | CDT Boucles de la Marne | Secteur Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne |
| | CDT Cœur Descartes | Secteur Noisy-le-Grand, Champs sur Marne |
| Pôle gare Pont-de-Sèvres | ZAC Séguin Rives de Seine<br>Echangeur de la Manufacture<br>Vallée Rive gauche | Secteur Boulogne Billancourt<br>Secteur Sèvres<br>Secteur Sèvres-Meudon-Issy les Moulineaux |
| Pôle gare Issy RER | ZAC Léon Blum | Secteur Issy les Moulineaux |
| Pôle gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart | Ecoquartier de la gare | Secteur Clamart |
| Pôle gare Bagneux | Ecoquartier Victor Hugo<br>Prolongement sud Ligne 4 du Métro | Secteur Bagneux |
| Pôle gare Villejuif Institut Gustave Roussy | ZAC Campus Grand Parc | Secteur Villejuif |
| Pôle gare Villejuif Louis Aragon | ZAC Aragon | Secteur Villejuif |
| Pôle gare Les Ardoines | ZAC Gare Ardoines<br>TZEN 5 | Secteur Vitry-sur-Seine |
| Pôle gare Bry-Villiers-Champigny | Requalification RD10<br>TCSP Altival<br>ZAC Simonettes Nord<br>Projets SNCF – Gare RER E voies | Secteur Champigny sur Marne |
| Pôle gare Noisy-Champs | Projet urbain EPAMARNE | Secteur Noisy le Grand et Champs sur Marne |

**Liste des projets connexes retenus pour l'analyse des effets cumulés avec le projet de Ligne 15 Sud**

### 2.2.2 Les Contrats de Développement Territorial (CDT)

#### *2.2.2.1 CDT Grand Paris Seine Ouest – Innovation numérique*

Ce CDT couvre le territoire de la Communauté d'Agglomération Grand Paris Seine Ouest (GPSO) rassemblant les communes de Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Vanves, Sèvres, Ville-d'Avray et Chaville. Il a été signé le 13 novembre 2013.

Il s'articule autour de 3 thématiques pour lesquelles le territoire présente de nombreux atouts :

**La ville numérique** : Le CDT de GPSO affirme du territoire autour de « l'innovation numérique » dans sa vocation à optimiser la gestion des ressources et notamment de l'énergie. Le territoire de GPSO est déjà le lieu d'une approche expérimentale in situ et auprès des habitants, à l'image du projet IssyGrid (Issy-les-Moulineaux), premier réseau de quartier intelligent en France. Cette expérience fait d'ailleurs de GPSO un territoire pionnier dans la conception de l'habitat du XXIème siècle.

**La ville durable** : La desserte de GPSO en transports en commun verra ses infrastructures de transports encore renforcées par le projet de rocade métro Grand Paris Express. Ceci nécessitera toutefois une mise en cohérence entre le réseau historique, la future rocade et les secteurs de développement urbain, tout en améliorant la desserte existante.

Egalement, « poumon vert » de la petite couronne parisienne, GPSO est engagée depuis longtemps dans des actions exemplaires de préservation et de valorisation de l'environnement. Véritable trait d'union entre la Ceinture verte de l'agglomération parisienne et la Ville de Paris, GPSO est idéalement structurée afin de reconstituer une infrastructure d'espaces naturels plurifonctionnels participant à la création d'un réseau écologique communautaire.

**La ville créative** : GPSO se caractérise aujourd'hui par une densité importante d'établissements artistiques de qualité et de réseaux d'artistes. Le projet culturel de l'Ile Seguin (Boulogne-Billancourt – voir ci-dessous), « Ile de toutes les cultures du Grand Paris », contribuera lui aussi à faire de ce territoire l'un des centres majeurs de la métropole francilienne en devenant un pôle de destination du Grand Paris Culturel s'insérant dans le projet de Vallée de la culture porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine. La programmation devrait être résolument orientée vers les domaines des expressions culturelles et artistiques contemporaines, des nouveaux médias et des loisirs.

Ces trois thématiques sont ensuite déclinées en objectifs relatifs au :

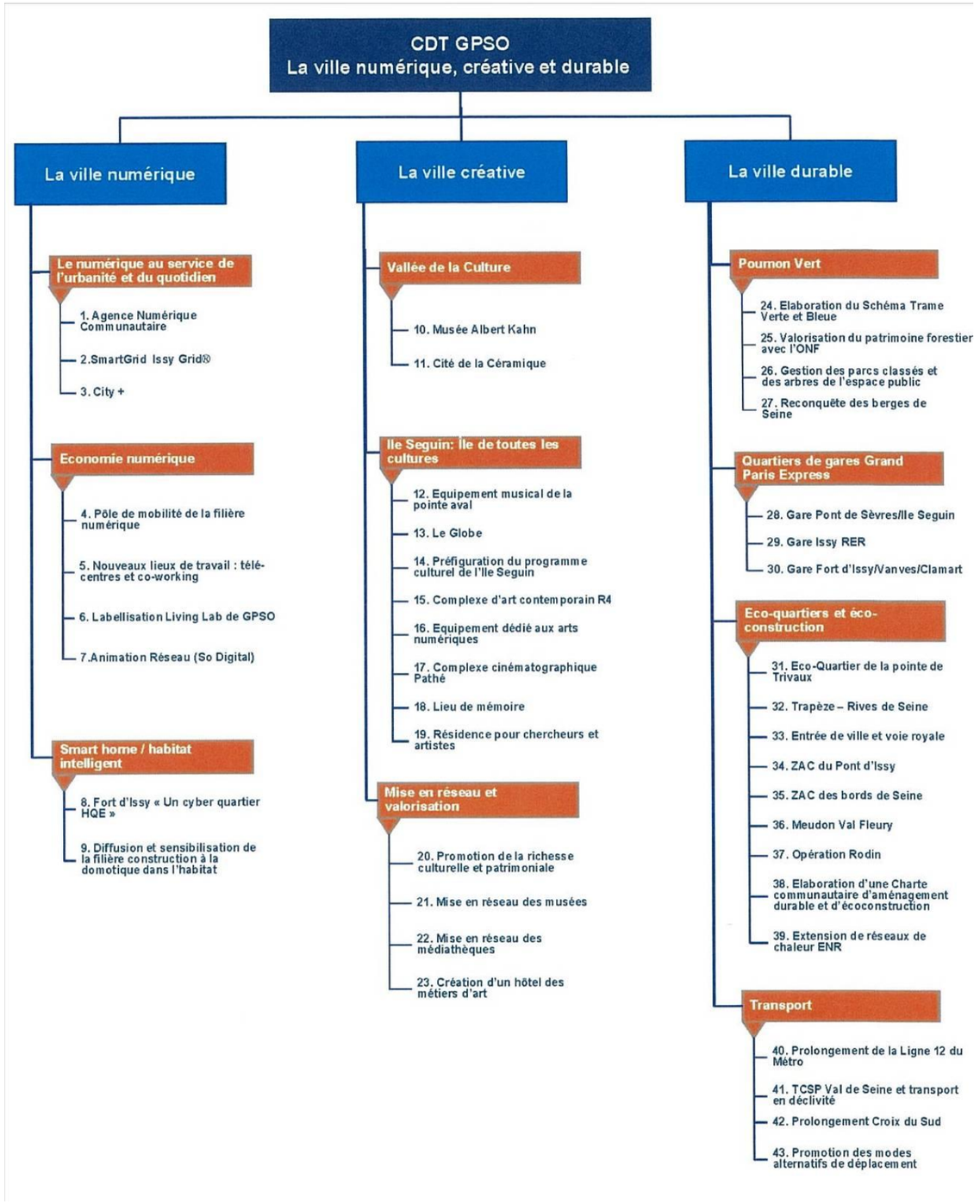
- **Développement économique** : cet axe fort de développement est affirmé à la fois quantitativement, le territoire est attractif, et qualitativement. Dans le cadre de la Ville durable, la mixité des vocations territoriales et le maintien d'une trame verte et bleue est affirmée.

- **Développement du logement** : ce second axe fort de développement conditionne le premier dans l'application des trois thématiques exposées ci-dessus. Outre le manque de logements à l'échelle régionale et départementale, le développement du logement est une nécessité locale en liaison avec le développement économique.

- **Transport public** : le territoire de GPSO va voir arriver de nouvelles infrastructures. Leur intégration dans le réseau existant par adaptation et modifications, en liaison avec l'évolution du bâti est un enjeu important.

- **A l'équipement public** : l'évolution des équipement en rapport avec celle de la population et des emplois est l'un des enjeux de l'attractivité future du territoire. Le CDT développe le volet culturel de façon importante sans sous estimer les autres besoins.

- **A la préservation d'espaces non bâtis et de la qualité environnementale** : ces espaces sont essentiels dans la ville durable et dans la mise en œuvre de certaines politiques environnementales. Il en est ainsi de la biodiversité au travers des trames vertes et bleues : le territoire de GPSO comporte un certain nombre d'espaces forestiers importants dont le rôle de ce point de vue est stratégique.




**CDT GPSO – Déclinaison des trois thématiques stratégiques en actions (source CDT GPSO)**

### 2.2.2.2 CDT Campus Sciences et Santé

**Le CDT Campus Sciences et Santé** associe l'Etat, la Conférence territoriale de la Vallée scientifique de la Bièvre, et les collectivités. Il a été approuvé le 12 septembre 2013.

Il concerne huit villes : Bagneux et les 7 villes de la communauté d'agglomération du Val de Bièvre (Arcueil, Cachan, Fresnes, Gentilly, L'Haÿ-les-Roses, Le-Kremlin-Bicêtre, Villejuif).

Il s'inscrit dans le territoire de référence de la **Vallée scientifique de la Bièvre** : ce trritoire couvre les communes suivantes :

- Les 7 communes de la CA du Val de Bièvre (voir ci-dessus),
- Les 2 communes de la Communauté de Communes de Châtillon-Montrouge,
- Les 4 communes de la CA Sud de Seine : Bagneux, Clamart, Malakoff, Fontenay-aux-roses,
- Les 5 communes suivantes de la CA des Hauts de Bièvre : Antony, Bourg-la-Reine, Sceaux, Chatenay-Malabry, Le-plessis-robinson.

Le contrat de développement territorial « Campus Sciences et Santé » s'appuie le schéma de développement territorial (SDT), défini en 2010 par la conférence territoriale de la Vallée scientifique de la Bièvre (VSB). Cette conférence regroupe l'ensemble des collectivités appartenant à la VSB.

**Les enjeux du CDT**

Le Contrat est porteur d'une dynamique urbaine forte et équilibrée, articulée autour de l'arrivée du métro du Grand Paris Express, portant notamment sur :

- la création de **9 nouvelles gares de métro** sur le territoire de la Vallée Scientifique de la Bièvre, **dont 6 sur le territoire du CDT** ;

**- 23 secteurs opérationnels** , dont plusieurs grandes opérations d'urbanisme : la ZAC Campus Grand Parc à Villejuif, la ZAC Eco-quartier Victor Hugo et le projet de mutation du site des Mathurins à Bagneux…

- La production annuelle de **1 700 logements pendant 15 ans** , avec une offre diversifiée et une part importante de logements sociaux ;

- Un développement économique permettant un rééquilibrage habitat-emploi, autour de filières stratégiques (avec au premier rang la santé, mais également le numérique, les PME-PMI...) et une production immobilière volontariste.

**Une dominante Santé & Recherche**

La force de ce territoire réside dans l'existence de grands équipements de santé (Institut Gustave Roussy, hôpitaux Paul Brousse et Paul Guiraud, CHU de Bicêtre) et d'enseignement supérieur (l'Ecole spéciale des travaux publics et ENS de Cachan). Ce sera le point d'ancrage d'un bioparc de rang international.

### 2.2.2.3 CDT Grandes Ardoines

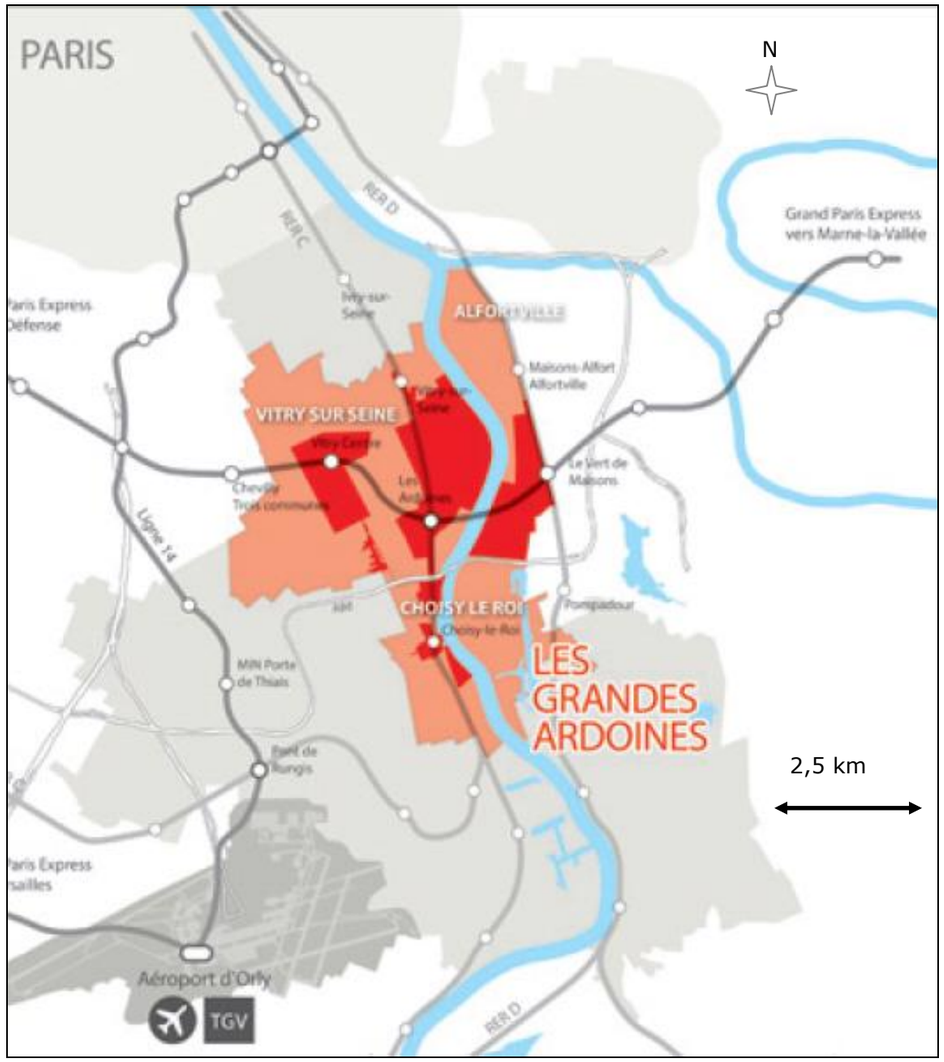
Ce CDT couvre le territoire les communes de Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi et Alfortville et s'inscrit dans celui de l'opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis Seine Amont (ORSA).

Les communes appartiennent à la CA Seine Amont (Vitry-sur-Seine et Choisy-le-Roi) et à la CA Plaine Centrale du Val-de-Marne (Alfortville).

Le pilote du CDT est l'Etablissement Public d'Aménagement (EPA) ORSA, intervenant pour le compte des collectivités.

Les objectifs stratégiques du projet sont les suivants.

- Poursuivre le développement de secteurs majeurs du territoire : à Vitry-sur-Seine, Les Ardoines, les secteurs Rouget-de-L'Isle et Vitry-Centre (gare) ; à Choisy-le-Roi, le Lugo, le centre-ville, le quartier sud et celui du Port ; à Alfortville, le sud et les berges de Seine.
- Renforcer le caractère productif et innovant du territoire : une part significative du territoire est actuellement occupé par des entités industrielles, dont quelques unes de grande taille. Le CDT réaffirme cette vocation productive, tout en développant le logement.
- Améliorer le maillage de transports en commun à toutes les échelles.
- Poursuivre l'effort de construction de logements : objectif de 1 390 logements par an pendant 15 ans et un taux de logements sociaux conservé au niveau actuel.
- Préserver l'identité historique, culturelle et artistique du territoire.
- Promouvoir une ville compacte et résiliente, réconciliée avec son patrimoine naturel et paysager.




**CDT Grandes Ardoines – Délimitation du territoire (orange) et des principaux pôles opérationnels (rouge) (source CDT Grandes Ardoines)**

### *2.2.2.4 CDT Boucles de la Marne*

Ce CDT couvre le territoire des communes de Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne et Chennevières-sur-Marne. Il est approuvé en décembre 2014.

Cette dernière commune appartient à la CA du Haut-Val-de-Marne. Les autres communes n'appartiennent à aucune intercommunalité.

Les objectifs du CDT sont les suivants :

**- Rééquilibrer durablement le rapport habitat/emploi en faveur de l'activité économique en :**

* Répondant à une double contrainte : spécialisation résidentielle et migrations alternantes,

* Rééquilibrant le rapport habitat/emploi en s'appuyant sur de nouvelles ambitions en matière d'aménagement urbain,

* Valorisant et développant le Cluster de la Ville Durable.

**- Conjuguer mixité et solidarité en termes de logement et de cadre de vie en :**

* Encadrant les opportunités de développement,

* Accentuant l'intensification urbaine et la mixité.

**- Faire des Boucles de la Marne, un territoire connecté en :**

* Remaillant le territoire à l'échelle locale et à l'échelle métropolitaine,

* Fixant des objectifs à 2020 et 2030.

**- Développer un territoire à fort potentiel environnemental et de développement durable en :**

* Créant des trames vertes et bleues lisibles à l'échelle des Boucles de la Marne,

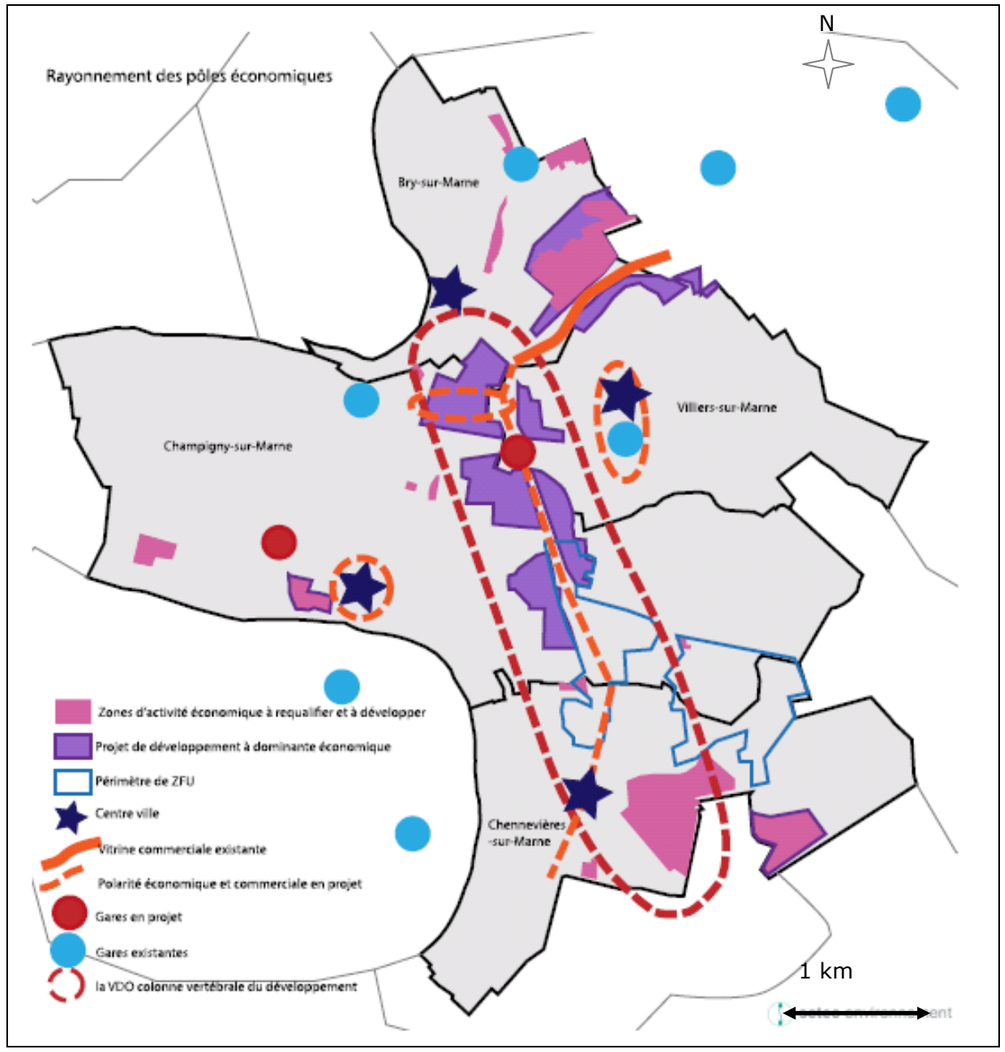
* Affichant des ambitions légitimes en matière d'efficacité énergétique.

**- Afficher des ambitions et mettre en œuvre des coordinations dans les domaines de la culture, des loisirs et de la qualité de vie en :**

* Valorisant des atouts négligés,

* Mettant en œuvre une politique culturelle et de loisirs ambitieuse.

**- Développer un projet partenarial, construit avec et pour les habitants.**




**CDT Boucle de Marne – Délimitation du territoire et enjeux économiques) (source CDT Boucle de Marne)**

### *2.2.2.5 CDT Cœur Descartes*

Ce CDT couvre le territoire des communes de Noisy-le-Grand (93) et Champs-sur-Marne (77 – CA Marne-la-Vallée – Val Maubuée).

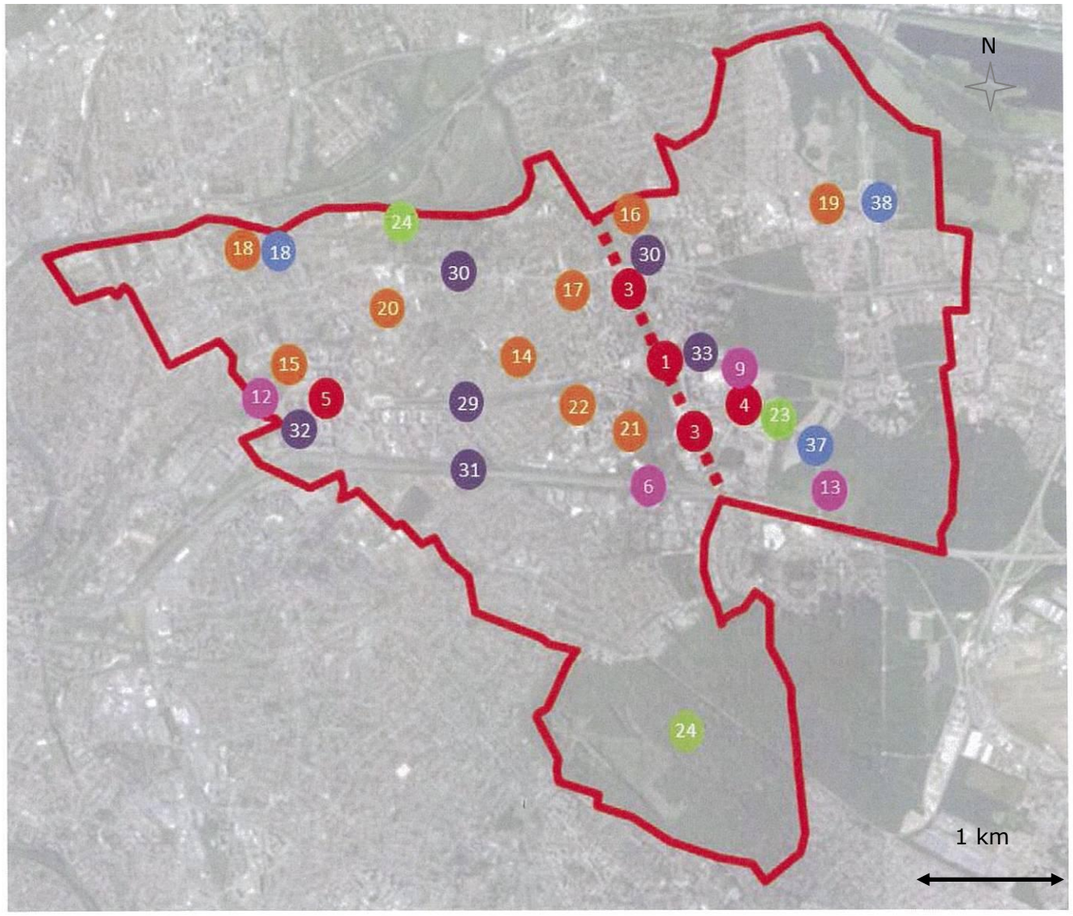
**Le Projet stratégique de développement durable est décliné selon les axes suivants :**

- **Accélérer le développement du premier pôle économique de l'Est parisien au service de ses habitants :**
  - Affirmer les spécificités économiques du territoire à partir de ses moteurs de développement,
  - Accompagner les moteurs économiques par des actions d'animation et de promotion coordonnées,
  - Développer et mettre en réseau les services aux entreprises,
  - Relier les potentiels de développement aux besoins locaux d'emplois et d'insertion.
- **Réaliser un projet d'aménagement préparant la transition énergétique et dédié à la qualité d'habiter**
  - Mailler et intensifier le tissu urbain, créer des coutures à toutes les échelles,
  - Faire la ville, au service de l'attractivité résidentielle,
  - Valoriser le grand paysage au travers de l'aménagement de Noisy-Champs.
- **Trois polarités urbaines majeures pour affirmer la vocation de porte et de centralité de l'Est métropolitain**
  - La gare du Grand Paris Express : créer une nouvelle polarité urbaine, emblématique de la centralité Noisy-Champs dans l'Est parisien,
  - Le secteur de la Cité Descartes : diversification et intensification pour un pôle ouvert sur son environnement,
  - Le secteur du Mont d'Est – Maille Horizon : une polarité tertiaire importante.

**Le projet stratégique a conduit à la définition d'objectifs et de priorités par domaines :**

- **Logements** : accroître le niveau de production et diversifier l'habitat disponible,
- **Développement économique** : créer des activités nouvelles à partir de la Cité Descartes et accompagner les populations vers l'emploi,
- **Transports et déplacements** : compléter le maillage territorial et construire la ville des courtes distances,
- **Equipements et services** : mettre en œuvre une politique de développement des équipements et services ambitieuse et attractive,
- **Protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, des paysages et ressources naturelles** : protéger les ressources du territoire et valoriser leur accès aux populations.

Les objectifs ci-dessus sont appliqués et déclinés dans la conception des différents projets. La figure ci-dessous présente la carte de localisation des projets intégrés au CDT.




**CDT Cœur Descartes – Carte de localisation des projets (source CDT Cœur Descartes)**

## 2.2.3 Les projets du secteur de la gare de Pont de Sèvres

### *2.2.3.1 Projets Boulogne Billancourt – ZAC Seguin – Rives de Seine*

Cette ZAC a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 19 décembre 2013 portant sur une actualisation du projet.

Cette ZAC a été créée officiellement en 2004 avec la vocation principale de gérer l'évolution urbaine des sites occupés par les usines Renault.

Elle est divisée en trois parties ayant des caractéristiques et des vocations assez différentes :

- **Le Quartier du Pont-de-Sèvres** : ce secteur, construit dans les années 1970, nécessite une restructuration urbaine. Le projet, conventionné par l'Agence Nationale de Restructuration Urbaine (ANRU), repose à la fois sur la restauration d'immeubles existant et sur la création de nouveau espaces, dont des espaces verts.

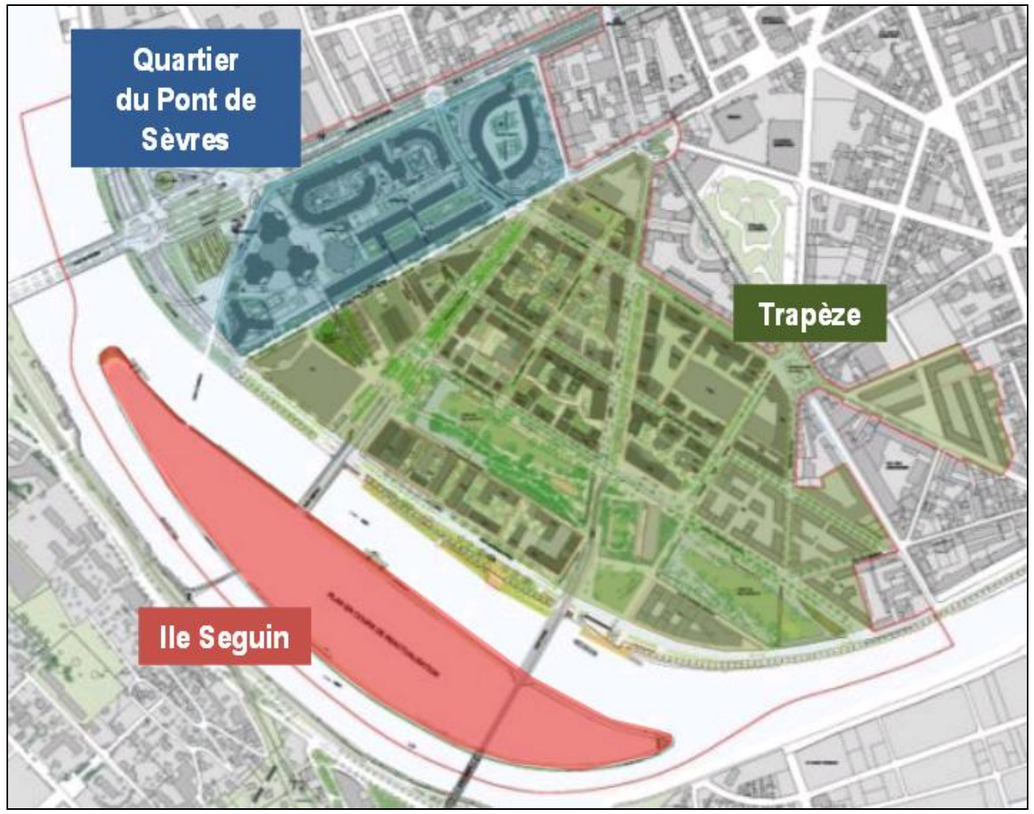
- **Le Trapèze** : le programme total du Trapèze (ouest et est), comprend 662.000 m², répartis entre logements (352 300 m²), bureaux et activités de bureaux (242 600 m²), équipements publics (34 100 m²) et commerces et activités (33 600 m²). Cela représente à terme plus de 10 000 habitants et 12 000 emplois.

- **L'Ile Seguin** : la vocation principale de la nouvelle Ile Seguin est répartie entre les activités culturelles, avec les bureaux et les hébergements nécessaires, les activités sportives et les espaces verts. Un jardin de 12 000 m² est déjà construit.

Le projet de ZAC prévoit les liaisons entre les différentes entités, en particulier les liaisons douces, dont une passerelle sur la Seine.

Il prévoit également un réaménagement de la RD1 au droit de la ZAC et de sa connexion avec le Pont-de-Sèvres.

La gare du Grand Paris Express a été intégrée au projet de ZAC.




**Boulogne Billancourt – ZAC Séguin Rives de Seine – Périmètre et organisation**

### 2.2.3.2 Sèvres – Restructuration de l'échangeur de la Manufacture

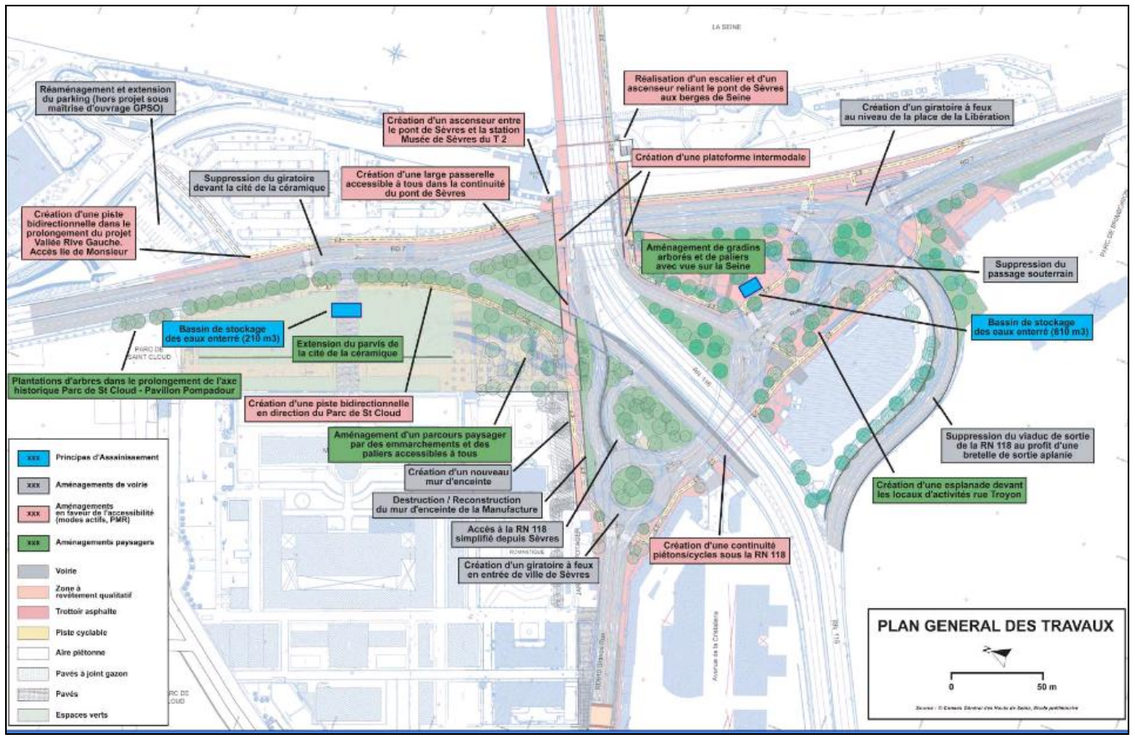
Ce projet, porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine, a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 9 juillet 2014.

L'objectif principal du projet est de transformer un échangeur aux caractéristiques autoroutières construit dans les années 60 en un échangeur urbain. Cela passe par une modification importante des connexions entre la RN118 et les principales routes départementales du secteur, la RD7 sur le quai de la Seine en rive gauche et la RD910 (ou Grande Rue de Sèvres) reliant le Pont-de-Sèvres à Versailles.

La figure ci-dessous présente le plan général des travaux figurant dans le dossier d'enquête publique.

Ce projet est riverain du projet précédent de la ZAC Seguin Rives de Seine et du projet de la gare du Grand Paris Express.

Les aménagements se font en rive gauche de la Seine.




**Sèvres – Echangeur de la Manufacture – Plan général des travaux (source dossier enquête publique)**

### 2.2.3.3 De Sèvres à Issy-les-Moulineaux – Vallée rive gauche

Ce projet, porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine, a été déclaré d'utilité publique en 2010 et autorisé en 2013.

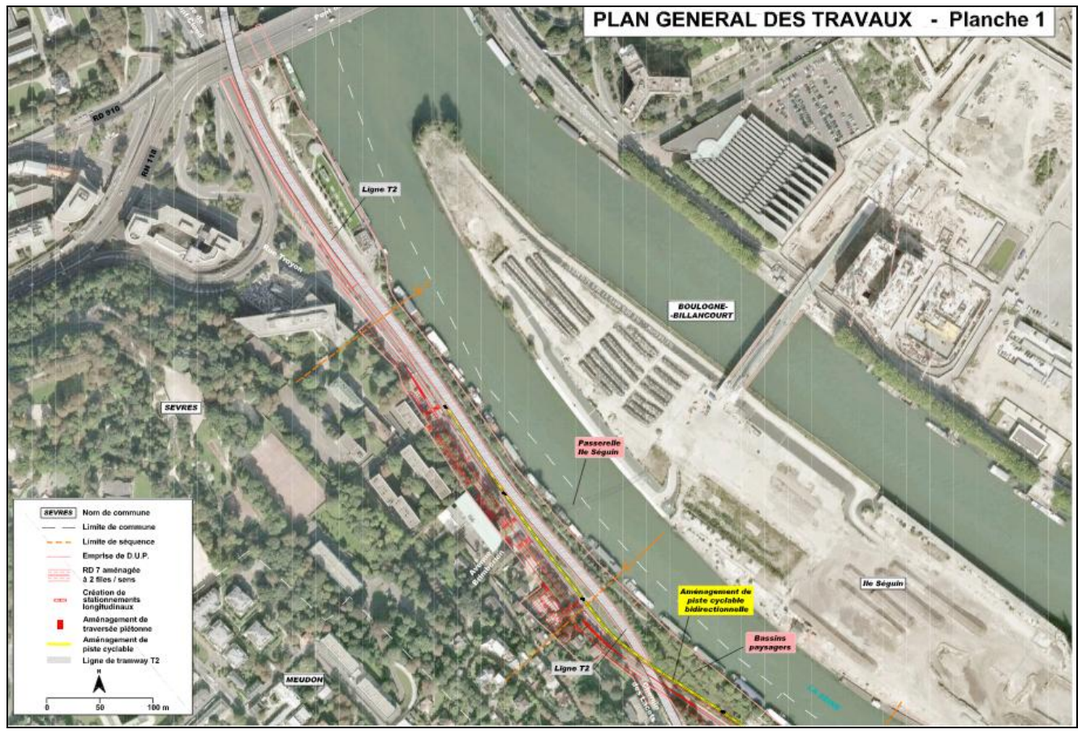
Il consiste en une double opération sur la rive gauche de la Seine entre le Pont-de-Sèvres et la limite communale de Paris (exclue) :

- Réaménager la RD7 : cette voie supporte un trafic routier largement supérieur à ses capacités actuelles. Il s'agit donc de requalifier cette voie en augmentant la capacité de transit.

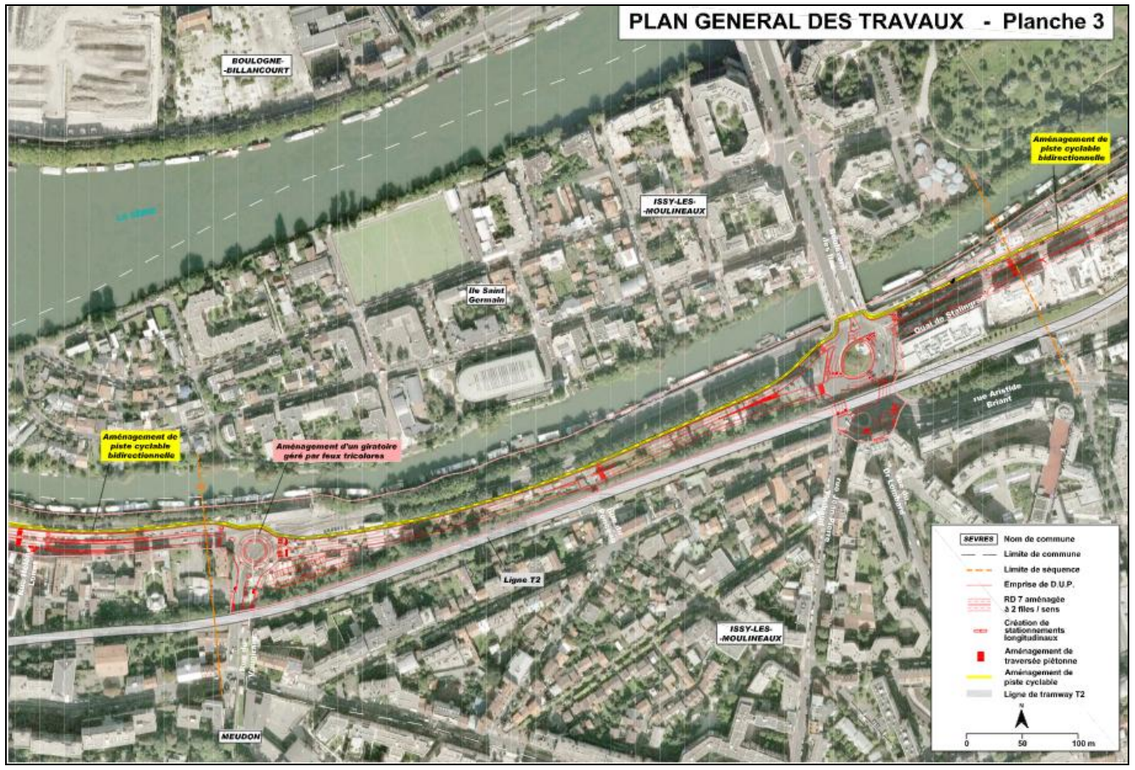
- Réaménager la berge de la Seine en interface avec la RD7 : organisation d'espaces de circulations douces (piétons, cycles) intégrant des espaces naturels, confortement des berges et réorganisation des amarrages.

Les figures ci-dessous présentent le plan d'aménagement des travaux à Sèvres et à Issy les Moulineaux au droit de la place de la Résistance.

Les aménagements se font en rive gauche de la Seine.




**De Sèvres à Issy les Moulineaux – Vallée Rive Gauche – Plan général des travaux planche 1 (source dossier enquête publique)**




**De Sèvres à Issy les Moulineaux – Vallée Rive Gauche – Plan général des travaux planche 1 (source dossier enquête publique)**

### 2.2.4 Les projets du secteur de la gare d'Issy RER

#### *2.2.4.1 Issy les Moulineaux – ZAC Léon Blum*

Cette ZAC n'a fait l'objet d'aucun avis de l'Autorité Environnementale. Elle est cependant présentée ici car le projet est construit autour de la gare Issy RER.

Le périmètre présenté sur la figure ci-dessous est celui qui figure dans les documents de communication publics.




**Issy-les-Moulineaux – ZAC Léon Blum – Périmètre d'étude**

La vocation de cette ZAC est d'accompagner l'arrivée de la gare du Grand Paris Express en permettant une restructuration localisée et cohérente du bâti dans le cadre des objectifs urbanistiques de la commune.

Le projet n'étant pas défini et public, cette ZAC ne fera pas l'objet de l'analyse des effets cumulés.

### 2.2.5 Les projets du secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

#### *2.2.5.1 Clamart – Ecoquartier de la gare*

Ce projet n'a fait l'objet d'aucun avis de l'Autorité Environnementale. Il est cependant présentée ici car le projet est construit autour de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Ce projet a été initié au début des années 2000 par la Mairie de Clamart dans le but de requalifier le quartier de la gare Transilien existante. L'existence d'une friche SNCF offre une opportunité foncière d'aménagement.

Ce projet a fait l'objet d'études et de concertations diverses jusqu'en 2010, où l'arrivée d'une gare du Grand Paris Express, potentielle puis affirmée, a remis en cause le projet existant et suspendu les études et les procédures.

Les objectifs initiaux du projet étaient les suivants et formalisés sur le plan de la figure ci-dessous :

- Bureaux 18 000 m²,
- Résidence étudiante ou para-hôtelière 4 000 m²,
- Commerces 500 m²,
- Locaux artisanaux 800 m²,
- Parking mixte: 250 places publiques et 300 places privées,
- Equipement public 600m².




**Clamart – Ecoquartier de la gare – Plan projet 2008 (source Mairie)**

Ce projet est en cours de réactualisation en prenant en compte l'implantation de la gare.




**Clamart – Ecoquartier de la gare – Plan du périmètre actualisé (source SGP AVPb)**

## 2.2.6 Les projets du secteur de la gare de Bagneux

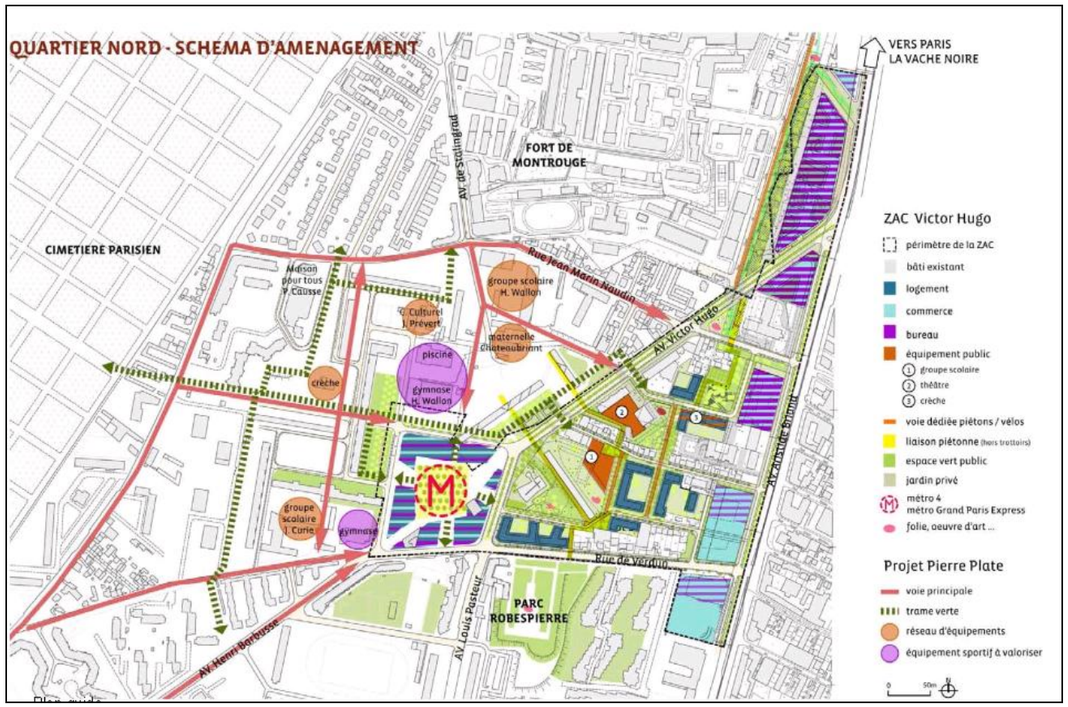
### *2.2.6.1 Bagneux – ZAC Ecoquartier Victor Hugo*

Ce projet, porté par la Mairie de Bagneux a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 12 juillet 2013.

Le projet de ZAC concerne un partie significative du territoire communal avec la vocation du renouvellement urbain et la prise en compte de l'arrivée d'infrastructures de transport nouvelles.

Les objectifs du projet sont visent à la mixité des usages logement – activités tertiaires. Sur 20 ha, 850 logements, 110 000 m² de bureaux, 40 000 m² de commerces et des équipements collectifs sont envisagés. Cela devrait amener 2500 habitants supplémentaires et 4800 emplois nouveaux.

Le projet intègre la gare du Grand Paris Express et la gare terminus du Métro 4. Il fait de ces gares un pôle important du projet dans l'organisation des circulation douces et routières.




**Bagneux – ZAC Ecoquartier Victor Hugo – Schéma d'aménagement (source Mairie Bagneux)**

### 2.2.6.2 Bagneux – Prolongement sud du Métro 4 au sud de Montrouge

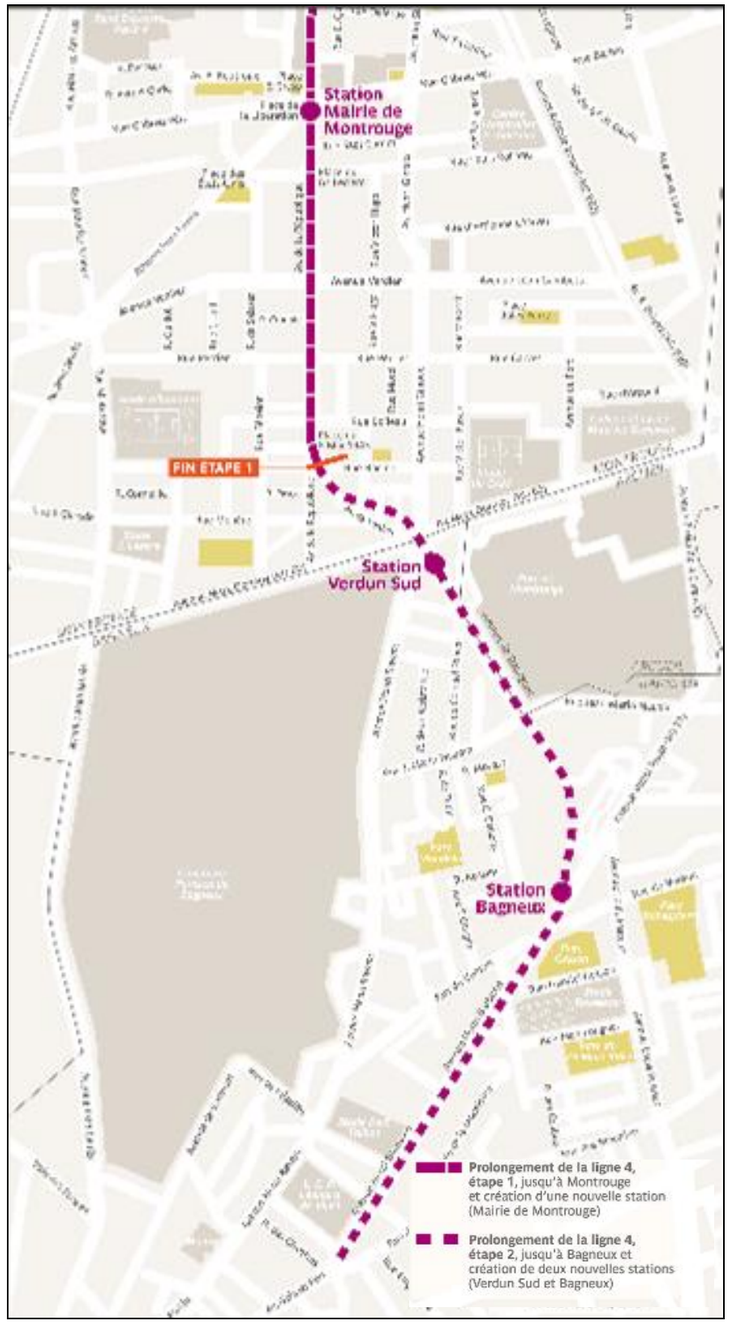
Ce projet porté par le STIF a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 23 novembre 2011.

Il comprend 2 gares et 1860 de ligne nouvelle en souterrain de puis la gare de Montrouge : la gare de Verdun sud, située sous l'avenue de Verdun à Bagneux, et la gare de Bagneux, nouveau terminus.

Les travaux sont prévus sur les années 2015-2019 et la mise en service sur l'année 2019.

Ils consistent à creuser un tunnel dans le prolongement de l'arrière gare actuelle de la gare de Montrouge jusqu'à la nouvelle arrière gare et à aménager 2 gares.

La gare de Verdun sud est située à environ 20 m de profondeur (rails) par rapport au terrain actuel. Celle de Bagneux est située à environ 7 m de profondeur (rails).




**Bagneux – Prolongement sud de la ligne 4 du métro entre les gares de Montrouge et Bagneux – Etape 2 (source DRIEA)**

### 2.2.7 Les projets du secteur de la gare de Villejuif IGR

#### *2.2.7.1 Villejuif - ZAC Campus Grand Parc*

Ce projet, porté par la Communauté d'Agglomération du Val de Bièvre, en partenariat avec la Commune de Villejuif,

La ZAC a été créée officiellement le 26 septembre 2011.

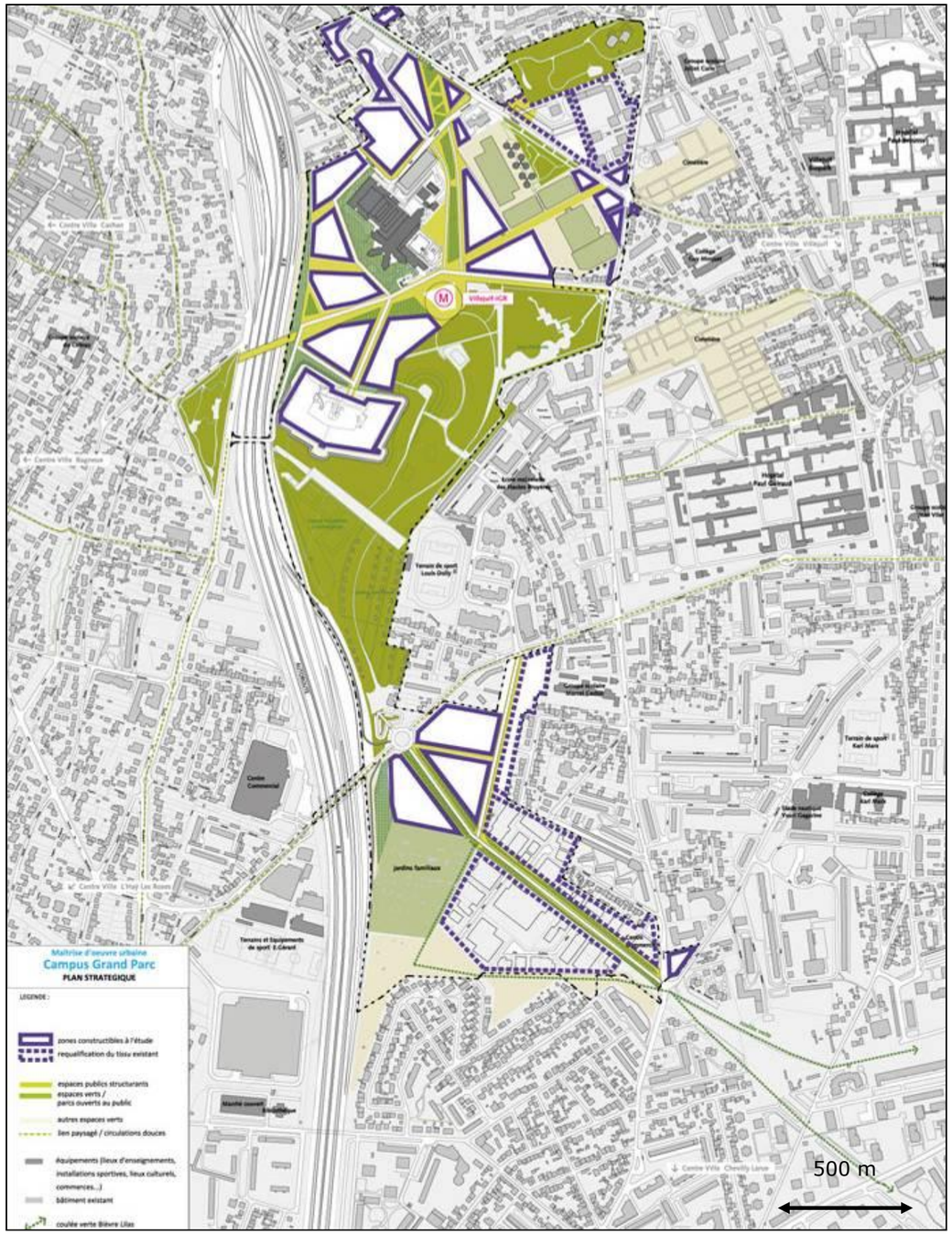
Il a pour objectif le développement d'un Bioparc d'envergure internationale regroupant des compétences médicales et scientifiques autour de l'Institut Gustave Roussy.

Les objectifs de construction sont les suivants :

- Pôle d'activités scientifiques et tertiaires: 350 000 à 450 000 m² de surface de plancher,
- Pôle d'enseignement et de formation aux métiers de la santé: 30 000 à 60 000 m² de surface de plancher,
- Equipements, commerces, services: 20 000 à 40 000 m² de surface de plancher,
- Logements diversifiés: 200 000 à 250 000 m² de surface de plancher.

Comme le montre le plan stratégique de la figure ci-dessous, la ZAC prévoit, malgré des ambitions très importantes en termes de construction, de nombreux espaces verts, principalement au niveau du Parc des Hautes Bruyères existant.

La gare du Grand Paris Express, pleinement intégrée au projet, participe à l'interface entre le bâti et les espaces verts.




**Villejuif – ZAC Campus Grand Parc – Plan stratégique d'aménagement (source Site internet www.campusgranparc.com)**

### 2.2.8 Les projets du secteur de la gare de Villejuif Louis Aragon

#### *2.2.8.1 Villejuif - ZAC Aragon*

Pour ce projet, porté par la Commune de Villejuif, Le dossier de DUP a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale sans remarques en 2013. Une enquête publique a eu lieu en décembre 2013. La ZAC a été créée en 2011 par la commune.




**Villejuif – ZAC Aragon – Plan de localisation (source – Monographie APUR pour SGP)**

La vocation de cette ZAC est de restructurer le bâti autour de la RD7, axe routier principal orienté Nord-Sud et sur la base duquel son périmètre a été construit.

Le projet de gare est intégré au projet de ZAC dans le pôle transport multimodal, regroupé dans un bâtiment et constitué de la gare actuelle de terminus de la ligne 7 du métro, de la gare actuelle terminus de la Ligne 7 du Tramway et de la gare routière actuelle.

### 2.2.9 Les projets du secteur de la gare des Ardoines

#### *2.2.9.1 Vitry-sur-Seine - ZAC Gare Ardoines*

Ce projet, porté par l'EPA ORSA, a fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale en date du 11 mai 2012.

Ce projet est une composante des projets issus de l'OIN Orly Rungis Seine Amont et constitue la partie sud d'un projet initial de ZAC des Ardoines, la partie nord étant la ZAC Seine Gare Vitry, non concernée par le projet.

Il a pour vocation principale la reconversion de terrains industriels encore partiellement occupés en zone urbaine mixte logements – activités tertiaires.

La ZAC a été créée officiellement en juin 2012. La conception urbaine est en cours. Le projet a une superficie de 49 ha et a pour objectif la construction de 1 000 000 m² de SHON, dont 2/3 réservés aux fonctions économiques (bureaux, activités, commerces) et 1/3 réservé aux fonctions résidentielles (logements, équipements).

La gare du Grand Paris Express constitue un point central de cette ZAC et la rue Léon Geoffroy et le RER C la colonne vertébrale.

La desserte existante, basée sur le RER C et des bus, va être considérablement renforcée par la gare du Grand Paris Express et la desserte par le TZEN 5 et le TCSP Val Pompadour.

La figure ci-dessous présente le périmètre de cette ZAC et le plan stratégique. Ce plan est adapté à l'installation du site de maintenance et d'infrastructure de la Ligne 15 Sud dans la partie sud de la ZAC.



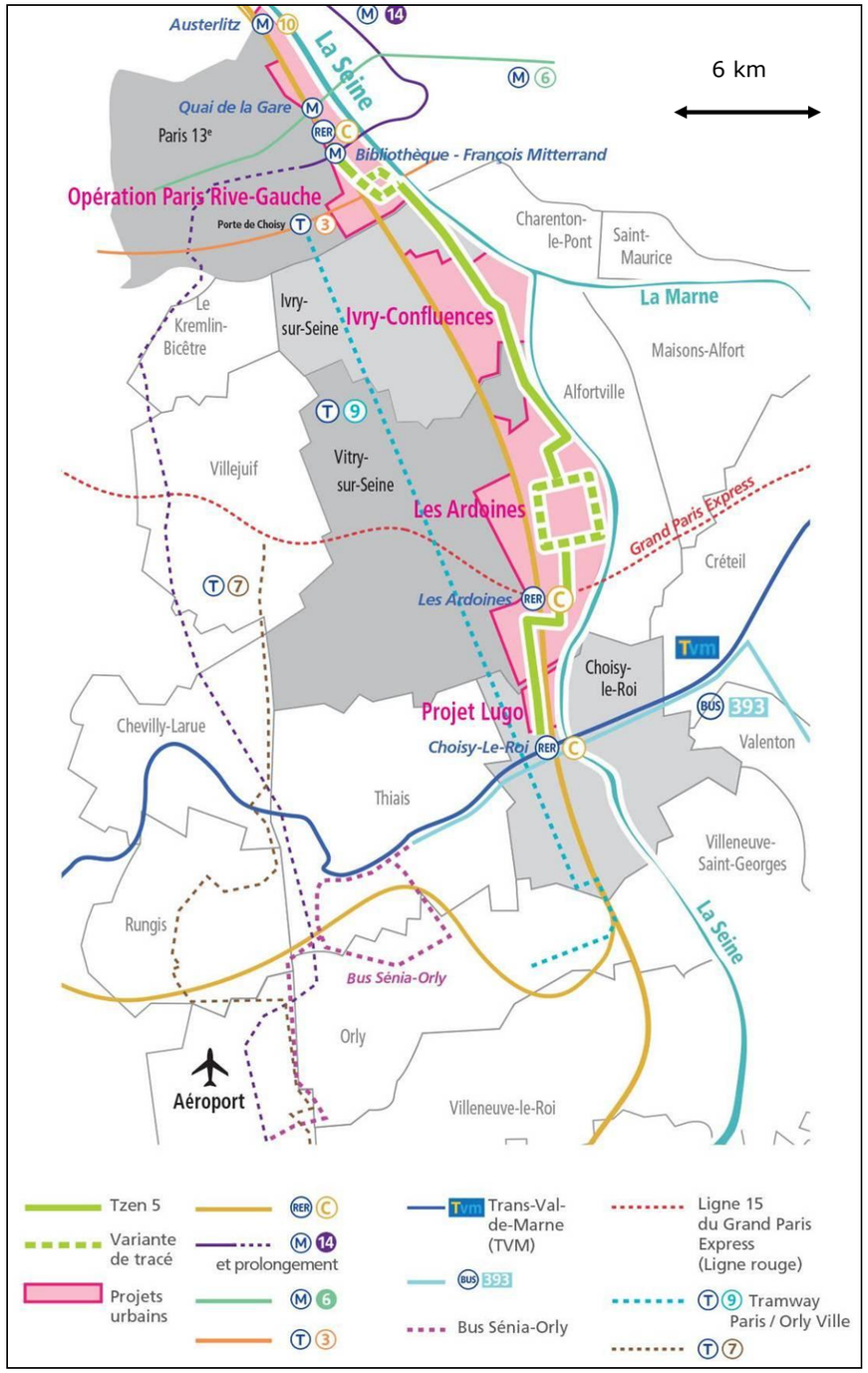

**Vitry-sur-Seine – ZAC Gare Ardoines – Plan stratégique (source EPA ORSA 2013)**

### 2.2.9.2 Vitry-sur-Seine – TZEN 5

Ce projet n'a pas fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale. Cette procédure est prévue en 2015.

Ce projet est porté par le STIF consiste à créer une voie de bus en site propre de 9 km avec un horizon de mise en service en 2020. Il desservira une zone comprise entre Paris (Bibliothèque François Mitterrand) et Choisy le Roi.

Une correspondance est assurée à la gare des Ardoines.




**TZEN 5 – Tracé et zones desservies (source www.tzen5.com)**

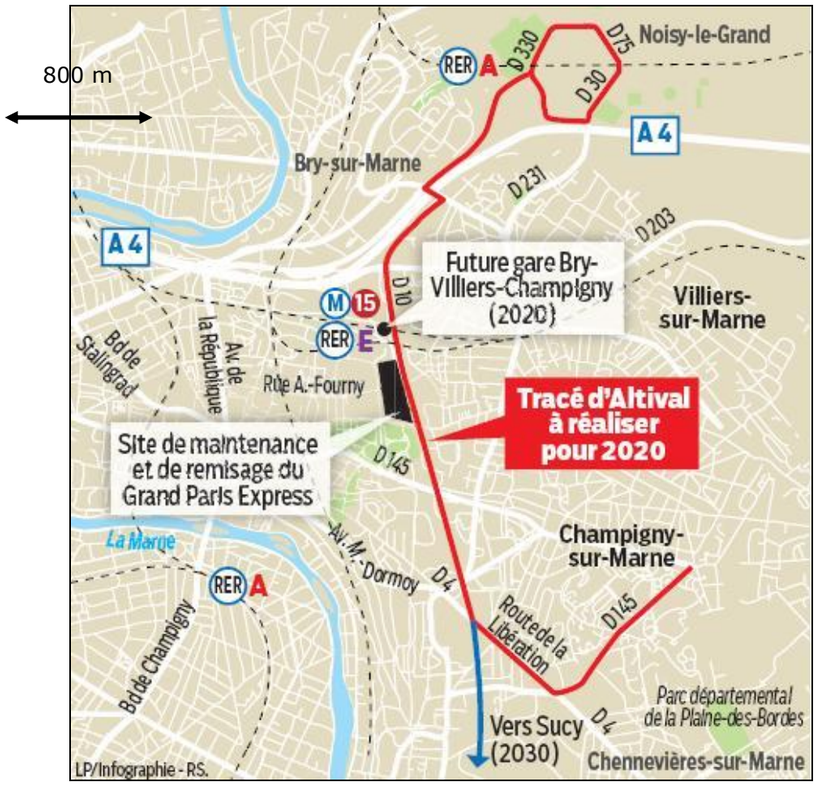
## 2.2.10 Les projets du secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny

### *2.2.10.1 Champigny-sur-Marne – Requalification RD10 et projet de TCSP Altival*

Ces projets n'ont pas fait l'objet d'avis de l'autorité environnementale. Ils sont cependant directement reliés au projet de gare.

Ces deux projets sont associés car la réalisation de la voie en site propre pour le Transport en Commun en Site Propre (TCSP) est intégré à la requalification de la RD 10.

La RD10 (ou Boulevard Jean Monnet) est la voie principale du secteur de la gare. Elle assure la connexion entre l'autoroute A4 au nord, les zones commerciales et l'entrée de ville Nord de Champigny-sur-Marne. Elle traverse le faisceau ferroviaire par un viaduc. La requalification concerne la section située au Sud des voies ferrées du RER E, la partie située au Nord ayant déjà été réalisée.




**TCSP Altival et RD10 – Localisation des projets (source STIF)**

### *2.2.10.2 Champigny-sur-Marne – ZAC des Simonettes Nord*

Cette ZAC est un projet ancien, démarré en 2000, qui a fait l'objet d'une procédure de DUP avec Enquête publique en 2012. La DUP a été cassée par le Tribunal Administratif.

Le projet existe néanmoins toujours. La ZAC a une vocation commerciale en relation avec sa position en bordure de l'autoroute A4 et des zones commerciales existantes voisines.




**ZAC des Simonettes Nord – Localisation – (Source : Monographie APUR pour SGP)**

### *2.2.10.3 Champigny-sur-Marne - Projets SNCF*

Les projets SNCF sont de deux types :

- Une nouvelle gare RER – Transilien P en correspondance avec la gare de la ligne rouge Sud : ce projet découle directement du projet de future gare.

- Elargissement du faisceau de voies : ces travaux de pure infrastructure ferroviaire visent à améliorer la circulation des trains dans ce secteur de très forte circulation. Les voies actuelles n'occupent pas la totalité de l'emprise SNCF actuelle, ce qui permet ce projet.

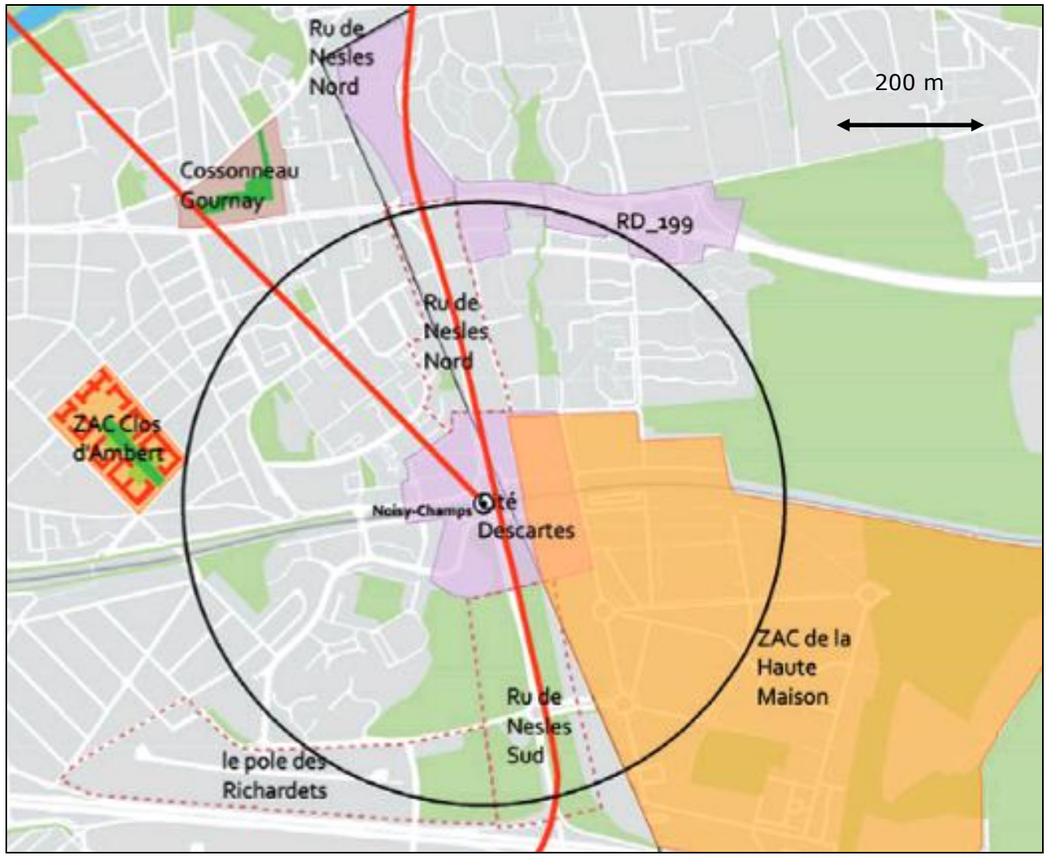
Ces projets n'ont pas fait l'objet d'avis de l'Autorité Environnementale.

### 2.2.11 Les projets du secteur de la gare de Noisy-Champs

Le boulevard du Ru de Nesles à proximité immédiate duquel sont situées la gare et la fin du tunnel est l'axe principal de cette zone.

Il sert de support à un projet urbain divisé en plusieurs parties porté par EPAMARNE.

Ce projet a pour ambition d'urbaniser une grande partie de la zone verte actuelle. Il est constitué des secteurs Ru de Nesles Nord et Sud figurant sur la carte ci-dessous et de la zone Cité Descartes.




**Composantes du Projet urbain de Noisy-Champs – (Source : Monographie APUR pour SGP)**

### 2.2.12 Les autres lignes du Grand Paris Express

La Ligne 15 Sud est connectées aux lignes suivantes (en dehors des autres tronçons de la Ligne 15) :

- La ligne 16 : cette ligne, reliant Noisy-Champs à Saint-Denis-Pleyel, est directement connectée à la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Noisy-Champs. Le projet de gare de la Ligne 15 Sud comporte les éléments préparatoires des travaux de cette ligne.

- La ligne 11 : Le prolongement de la Ligne 11 du métro entre Rosny-Bois-Perrier est directement connectée à la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Noisy-Champs. Le projet de gare de la Ligne 15 Sud comporte les éléments préparatoires des travaux de cette ligne.

## 2.3 Appréciation des principaux impacts cumulés

Les projets connexes identifiés dans le chapitre précédent sont de plusieurs types :

- **Des opérations d'aménagement urbain de type ZAC ou Ecoquartier** : les interactions entre le projet et ces opérations tiennent surtout à :
    - l'insertion des émergences dans l'organisation des futurs aménagements,
    - la mobilité au sein du nouveau quartier, une gare engendrant une évolution de certains modes de transport, en particulier du réseau de bus et des circulations automobiles et piétonnes.
- **Des projets de transport** : la cohérence entre le Grand Paris Express et ces projets est assurée par l'organisation des correspondances.

### 2.3.1 Impacts des projets connexes en phase chantier

Les différents projets pris en compte n'ont pas des horizons de mise en service similaires. Ils ne seront donc pas systématiquement réalisés en même temps et les impacts de ces derniers ne seront, à fortiori, pas tous cumulés.

Pour permettre une simplification de l'analyse, le présent paragraphe a cependant été bâti sur le principe que l'ensemble des projets présenteront des phases chantiers concomitantes sur un point de vue temporel.

#### *2.3.1.1 L'hydrographie et les risques d'inondations*

*a. Impacts directs et indirects*

L'ensemble des projets influe particulièrement sur la gestion des eaux de surface et la prise en compte **des écoulements et ruissellements urbains**, potentiellement sources de phénomènes d'inondations.

Cependant, chaque projet doit être considéré de manière indépendante et faire l'objet d'études disjointes, si besoin. De fait, aux vues des caractéristiques de chaque projet, il est notable que nombre d'entre eux soient soumis à une procédure d'étude d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau. Cette dernière permettra de définir les impacts de chaque projet sur le réseau hydrographique et les mesures distinctes mises en œuvre par chaque maître d'ouvrage pour entreprendre une gestion pérenne des eaux de ruissellement issues de leur chantier respectif.

Pour les projets d'aménagement urbain, les éléments du projet de la Ligne 15 Sud ont le même rôle qu'un lot de ZAC ou d'Ecoquartier : les ruissellements en phase chantier doivent être gérés à la parcelle ou au lot, les espaces publics ne recueillant que des débits régulés et traités.

De même, la gestion des pollutions éventuelles est gérée à l'échelle du lot. Les emprises chantier sont donc bien délimitées de ce fait.

Globalement, lorsque les projets d'aménagement existent et sont autorisés, ils imposent des prescriptions de rejet qui peuvent être supérieures à celles des gestionnaires de réseau.

En cas d'interactions, ou d'actions successives sur une même emprise, la coordination des opérations est imposée par la réglementation, en particulier le code du travail. La gestion des ruissellements est donc commune et actée dans un document.

De manière globale, les principales nuisances engendrées par la concomitance des chantiers concerneront l'apparition de pollutions accidentelles :

- La circulation des engins de chantier et des camions sur les emprises du site : déversements d'hydrocarbures ;
- La circulation des camions sur les emprises de voiries publiques, véhiculant les apports depuis le site : dépôt de matière particulaire sur la chaussée ;
- D'une mauvaise gestion des eaux pluviales inhérentes à un ou plusieurs chantiers.

De fait, tout dépendra des périodes de réalisation des chantiers et du degré de coordination entre les différents maîtres d'ouvrage : **des chantiers concomitants et un faible niveau de coordination peuvent ainsi conduire à des impacts cumulés significatifs bien que chaque chantier de base ait les mêmes obligations réglementaires**.

**En ce qui concerne les impacts cumulés de chantiers en zone inondable**, la réglementation est claire :

- Soit chaque projet assure ses obligation de transparence hydraulique et de compensation volumique séparément : c'est le cas de projets ayant des obligations différentes au titre du PPRI,
- Soit les obligations sont mutualisées et décrites dans le dossier au chapitre sur l évaluation des impacts.

Les ouvrages de la ligne 15sud situés en zone inondable relèvent du premier cas, même si sur le secteur des Ardoines des concertations ont eu lieu avec l'aménageur de la ZAC.

**En ce qui concerne les projets dans le lit mineur de la Seine**, seuls la ZAC Seguin avec les travaux prévus sur l'Ile Seguin a des effets cumulés avec le projet au niveau de la gare de Pont de Sèvres.

Les éléments du projet de la ZAC Seguin ont été pris en compte dans la conception de la gare, son emprise dans le lit mineur, et celle de l'estacade de la phase chantier en particulier. Le respect des capacités du chenal de navigation et des capacités d'écoulement de la Seine au droit des travaux a été vérifié, en concertation avec VNF.

**En pratique, les impacts cumulés sur les eaux superficielles seront réduits** pour les raisons suivantes :

- Chaque chantier gèrera ses propres impacts, même s'il doit y avoir une coordination lorsque les chantiers seront proches, voire concomitants. En effet, une gestion des eaux pluviales à la parcelle sera systématiquement mise en œuvre pour chaque chantier ;
- Les emprises des chantiers seront pour l'essentiel déjà imperméabilisées (au vu du contexte urbain) avec rejet au réseau.

*b. Mesures d'accompagnement*

Chaque Maître d'Ouvrage de chaque projet est tenu de gérer les eaux de ruissellement émises lors de la phase chantier, indépendamment des autres projets.

Le fait qu'un ou plusieurs projets soient éventuellement portés de manière concomitante avec celui de la Ligne 15 Ouest impliquera cependant une certaine coordination des maîtrises d'ouvrage.

Cette coordination interviendra essentiellement en cas de pollution accidentelle susceptible d'avoir une incidence sur les eaux de surface.

A cet effet, l'utilisation des mêmes sites de nettoyage des engins ou des mêmes zones de stockage des matériaux permettra éventuellement de réduire les risques spatiaux de pollution sur des aires plus restreintes, et donc faciliter les interventions (délais plus courts) en cas de problèmes.

### *2.3.1.2 Le relief, la pédologie et la climatologie*

*a. Impacts directs et indirects*

Chaque thème est sommairement apprécié ci-dessous :

- L'ensemble des phases chantiers des différents projets cumulés ne semble pas à même de modifier de manière substantielle le relief du territoire considéré sur une échelle large.

  Très localement et sur chaque chantier distinct (gares, OA et Puits tunnelier), la topographie sera temporairement modifiée, mais dans un contexte d'ensemble, cette dernière ne variera pas.

  Les impacts les plus significatifs, même s'ils resteront faibles à nuls à l'échelle du territoire étudié, s'identifieront sur les bases chantier connexes où une éventuelle gestion des déblais sera corrélée sous la forme de stocks de terre.

- Le contexte du territoire étudié est quasi-intégralement à dominante urbaine. Le potentiel pédologique y a disparu au fil de l'imperméabilisation des surfaces (sur Nanterre, une unité pédologique est identifiée par l'INRA sur la base des données de 1998 qui semble obsolète en raison du développement du secteur Seine-Arche depuis plus de 10 ans).

  Aussi, les impacts sur le critère pédologique restent négligeables à l'échelle de la Ligne 15 Ouest.

- Le contexte climatologique ne sera pas influencé par la réalisation des différents projets connexes

*b. Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### *2.3.1.3 La géologie et l'hydrogéologie*

*a. Impacts directs et indirects*

Dans le cadre de l'approche aux impacts cumulés des projets sur les contextes géologique et hydrogéologique, il est difficile de mettre en exergue une relation entre les différents chantiers menés de manière concomitante.

- Sur le point de vue géologique, la réalisation de la Ligne 15 Sud entrainera une modification du contexte géologique de profondeur principalement (tunnel) et de manière plus mineure, une modification de la géologie de surface au niveau des émergences de la ligne.

  Les projets connexes quant à eux, influenceront principalement la couverture du sol en modifiant notamment les critères de perméabilité du substratum. La géologie de profondeur ne subira pas de perturbation, hormis au niveau de la Gare de Bagneux terminus de la Ligne 4. Par ailleurs, la plupart des projets pris en compte s'implantent dans des secteurs déjà urbanisés où une partie du remaniement du sol correspondra à une couche de remblais déjà existante (mis en œuvre pour l'urbanisation passée des secteurs).

  Aussi, chaque projet identifie des impacts qui lui sont propres.

  *Nota : Les impacts cumulés s'interprètent plutôt en termes de gestion des terres qu'en termes de modification de la géologie locale.*

- Sur le point de vue hydrogéologique, les impacts en phase chantier sont clairement supérieurs à ceux persistant en phase exploitation (pour l'essentiel, une fois la Ligne 15 Sud mise en œuvre, seul persiste l'effet barrage).

  Les modélisations faites sur la Ligne 15 Sud ont beaucoup apporté sur ce point. Elles ont permis de faire les constats suivants :

  a. Pour qu'il y ait effet cumulé, il faut que les aires d'influence hydrogéologique d'autres projets interfèrent avec celles de la Ligne 15 Ouest.

  b. Or, la mise en œuvre de parois moulées au niveau des émergences (totalité des cas au niveau de la Ligne 15 Sud) ainsi que le creusement au tunnelier des infrastructures, permettent de réduire l'aire géographique d'influence des effets hydrogéologiques concernant la Ligne 15 Sud. Le rabattement des nappes est réduit et limite ainsi les variations de cote du toit de la nappe à travers plusieurs couches géologiques. En effet, les modifications des niveaux piézométriques des nappes (et notamment des aquifères de la Craie et de l'Eocène Inférieur et Moyen principalement rencontrés : Lutétien et Yprésien) ne devraient pas être important, puisque les pompages effectués au sein des ouvrages de la Ligne 15 Sud ne seront entrepris que pour mettre à sec les fonds de fouilles.

Au regard des méthodes constructives mises en œuvre pour la réalisation des travaux de la Ligne 15 Sud, l'interaction avec les autres projets connexes sur ce critère semble faible à nul, **hormis au niveau de la gare de Bagneux**, où les impacts peuvent éventuellement être plus importants.

En ce qui concerne la ligne 4, les ouvrages devraient être hors d'eau lorsque les travaux de la gare de la Ligne 15 Sud débuteront. Il n'y a donc pas d'impacts cumulés de phase chantier.

*b. Mesures d'accompagnement*

Au même titre que l'aspect « eau superficiel », chaque projet connexe est tenu de gérer ses propres impacts sur le critère hydrogéologique, que ce soit d'un point de vue qualitatif comme quantitatif, et ce, indépendamment des autres projets.

De plus, chaque projet connexe sera tenu, suivant ses caractéristiques, d'obtenir les autorisations nécessaires au titre de la Loi sur l'Eau - code de l'environnement.

### 2.3.1.4 Occupation du sous-sol

a. *Impacts directs et indirects*

De manière générale, le tunnel de la Ligne 15 Sud s'inscrira en profondeur pour limiter les impacts sur la future occupation du sous-sol.

b. *Mesures d'accompagnement*

De manière systématique, une bonne connaissance des projets connexes et des concertations à poursuivre par les différents Maîtres d'Ouvrage sur les secteurs de connexité des projets est indispensable.

Les éléments de projet et l'analyse des impacts présentés dans ce dossier résultent de concertations avec les porteurs de projets riverains.

La Société du Grand Paris poursuit une collaboration avec les acteurs locaux, les Maîtres d'Ouvrages et les gestionnaires des réseaux et/ou infrastructures pour :

- Connaître les modalités d'intervention en phase chantier sur les ouvrages de la Ligne 15 Ouest,
- Estimer les travaux préalables de renforcement des structures et réseaux permettant de supprimer la dégradation de ces derniers en phase chantier, mais également dans le temps ;
- Définir un planning d'intervention optimal sur les secteurs aux impacts cumulés pressentis.

C'est le cas pour les projets d'infrastructure présentés ci-dessus. La RATP, la SNCF, RFF et le STIF ont été consultés pour l'élaboration des projets et la coordination des chantiers. Hormis, pour la prolongation de la ligne 4, les chantiers ne devraient pas être concommittant.

Le chantier de la gare de la Ligne 4 devrait être antérieur à celui de la gare de la Ligne 15 Sud, ce qui signifie que les impacts sur l'occupation du sous-sol ne seront pas cumulés en phase chantier.

### 2.3.1.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. *Impacts directs et indirects*

*Gestion des volumes de terres*

Les impacts cumulés des projets correspondent aux volumes de terres excavées et acheminées en centre de traitement.

L'impact à considérer est donc un engorgement des exutoires.

Au vue des déblais générés par le projet de Ligne 15 Sud (près de 5.4 millions de mètres-cubes), aucun des projets connexes n'est susceptible de générer des volumes de déblais similaires. Aussi, les volumes générés par les autres projets connexes pris en compte peuvent être considérés comme faibles.

Pour le cas de la Ligne 4, les déblais seront pour l'essentiel excavés avant. Le risque d'engorgement est donc limité.

*Gestion des pollutions des terres extraites*

Aucun impact cumulé spécifique n'est identifié puisque les terres seront gérées spécifiquement et indépendamment par chaque maître d'ouvrage.

Par ailleurs, le risque de migration de polluants dans les eaux souterraines est directement lié aux conditions hydrogéologiques traitées par ailleurs, et est logiquement géré indépendamment par chaque pétitionnaire.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.1.6 Milieu naturel et paysager

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents chantiers du territoire sur le milieu naturel et paysager concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La faune, la flore et les habitats naturels ;
- Les entités Natura 2000 ;
- Les systèmes écosystémiques ;
- Le patrimoine protégé et archéologique ;
- Le Grand Paysage.

a. *Impacts directs et indirects dans la plupart des projets connexes*

Les impacts cumulés en phase chantier pour les milieux naturels et paysagers se résument à :

- l'impact hydrologique cumulé qui pourrait modifier l'alimentation en eau de secteurs localisés (zones humides sensibles),
- la perturbation de la faune patrimoniale ou protégée,
- la perte d'habitats de substitution des espèces protégées : ces habitats perdurent au niveau de friche ou de talus de voies ferrées,
- la notion de visibilité et covisibilité des chantiers vis-à-vis des éléments de patrimoine,

b. *Mesures d'accompagnement dans la plupart des projets connexes*

Au vu du contexte très urbain du fuseau d'étude et des enjeux globalement faibles relatifs aux milieux naturels, faune, flore et paysage sur la plupart des sites; le respect des mesures prises indépendamment dans chaque projet doit permettre la conservation des conditions stationnelles.

Dans le cas de sites à enjeux pour la faune et la flore, la démarche ERC a intégré l'urbanisation futures de certains sites.

Cela a conduit la SGP à mener une réflexion de compensation in-situ en bordure des aménagements de la Ligne 15 Sud lorsque cela était possible (cas de compensation réalisée en partie in situ sur le SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Chmps).

En revanche, lorsqu'un projet urbain était prévu sur site à la livraison des gares du Grand Paris, la compensation s'est réalisée ex-situ (cas de l'entre-deux ferroviaire, du SMR de Champigny, de la gare de Noisy-Champs).

Le détail de ces mesures de compensation est explicitée dans les chapitres faune, flore et continuités écologiques ainsi que zones humides.

*c. Dans le cas du projet Campus Grand Parc*

Le projet du Campus Grand Parc, se réalisant simultanément au projet de la Ligne 15 Sud, une réflexion commune a donc été menée par la SGP et la SADEV.

La réflexion a porté sur un travail commun dans le diagnostic des enjeux pour la faune, la flore et les milieux naturels. Cette mise en commun des diagnostics a enclenché un travail sur la réalisation de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en connaissance des deux projets.

Les mesures s'appliquent sur des impacts cumulés sur les populations d'insectes et leurs habitats.

**Impacts directs et indirects**

Les impacts cumulés se résument :

- Une destruction de l'habitat favorable au Conocéphale gracieux et à l' Azuré des Cytises au nord du Parc,
- Une dégradation des habitats de refuges proches,
- Une destruction d'individus et une perte de population potentiellement significative.

**Mesures d'accompagnement**

La démarche d'évitement a été réfléchie à l'échelle de chaque projet. En revanche, les mesures de réduction et de compensation ont fait l'objet de propositions communes afin de prendre en compte la fonctionnalité globale du site pour les groupes impactés.

Les principales mesures de réduction sont les suivantes :

- Déplacement des orthoptères sur un habitat de substitution favorable au groupe dans le parc des Hautes Bruyères ou à proximité,
- Fauchage du site précoce afin de rendre le site défavorable au groupe,
- Adopter une gestion adaptée aux insectes déplacés sur les sites refuges.

Malgré la mise en place d'une démarche d'évitement et de réduction, les impacts sur les populations d'insectes sont significatifs. La mise en place ne permet pas de maintenir un état de conservation stationnaire des espèces présentes au regard des habitats présents sur le parc.

Une compensation des habitats impactés est donc nécessaire. Les modalités techniques et contractuelles pour la compensation sont en cours de discussion avec l'ensemble des parties prenantes.

Un détail de la compensation sera décrite dans le dossier de dérogation de destruction d'espèces protégées.

### 2.3.1.7 Population, emploi et occupation du sol

*a. Impacts directs et indirects*

Mis à part via la création d'emplois nécessaires à la construction de l'infrastructure, le chantier de la Ligne 15 Sud aura peu d'impact sur la population, l'emploi et l'occupation des sols. Les interactions avec les chantiers d'autres projets devraient donc être fortement limitées.

*b. Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement ne semble nécessaire au vu des impacts cumulés potentiels sur la population, l'emploi et l'occupation des sols en phase chantier.

### 2.3.1.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

*a. Impacts directs et indirects*

L'analyse des impacts du chantier de la Ligne 15 Sud révèle que bien que le charroi nécessaire représente un nombre important de camions, il reste très minime par rapport au trafic journalier de véhicules particuliers et de camions en Ile-de-France. L'impact que pourraient avoir les projets connexes sur les flux de poids lourds s'additionnera donc à celui du projet sans qu'il n'y ait réellement d'interaction particulière sur la congestion, la qualité de l'air ou les consommations énergétiques.

En ce qui concerne la gêne pouvant être occasionnée au trafic routier ou aux transports en commun et aux modes actifs, la réalisation de différents chantiers dans une même zone pourrait, par contre, augmenter la perception négative des riverains vis-à-vis de ces chantiers. Dans le cas où des chantiers importants et proches seraient entrepris de manière simultanée, une concertation sera donc engagée afin d'organiser les chantiers de manière à éviter les interactions négatives entre eux et la succession de gênes aux déplacements des riverains, quels que soient les modes.

*b. Mesures d'accompagnement*

La planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

### 2.3.1.9 Environnement sonore

*a. Impacts directs et indirects*

Les ouvrages de la Ligne 15 Sud sont souvent implantés dans des quartiers-zones où divers projets d'aménagement seront concomitants.

Durant la phase chantier de la Ligne 15 Sud, un cumul des impacts sonores est donc possible. Il est toutefois difficilement quantifiable sans connaître préalablement l'organisation et les modes

de constructions des autres projets connexes. Ceux-ci sont néanmoins repris au droit des ouvrages émergents dans les fiches d'impacts par ouvrage du chapitre bruit.

b. *Mesures d'accompagnement*

A nouveau, la planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

#### 2.3.1.10 Risques technologiques

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés correspondent à la concomitance des projets sur un même secteur (secteurs liés aux bases chantier de la Ligne 15 Sud), renforçant les risques technologiques liés à l'utilisation d'engins.

Ces aspects seront observables principalement :

- Au niveau de la gare Pont de Sèvres en raison du projet de ZAC Seguin,
- Dans le secteur de la gare de Bagneux, avec le fin du chantier de la ligne 4.

Bien que localisables, les potentiels impacts cumulés restent difficilement quantifiables.

b. *Mesures d'accompagnement*

Les mesures mises en œuvre concerneront indépendamment les différents chantiers. Elles correspondront :

- En l'application des bonnes pratiques de chantier,
- En l'utilisation de matériels et d'engins en conformité avec les réglementations techniques applicables,
- En la formation du personnel vis-à-vis des risques technologiques,
- En une coordination des différents Maîtres d'Ouvrage des projets visés.

#### 2.3.1.11 Les vibrations

a. *Impacts directs et indirects*

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

A ce stade des études, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance.

En dehors de ces secteurs, les impacts cumulés en termes de vibrations s'entendent par la réalisation seule du projet de Ligne 15 Sud.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.2 Impacts des projets connexes en phase exploitation

La présente partie s'attache à identifier les principales incidences cumulées des projets en phase d'exploitation.

De fait, pour simplifier l'analyse, la phase exploitation est considérée comme assez lointaine dans le temps pour que tous les projets y soient opérationnels, et donc analysables de manière cumulée.

Il est notoire que les principaux impacts cumulés sur l'environnement en phase d'exploitation concernent le milieu humain, et plus particulièrement l'occupation du sol, le milieu économique et social et la mobilité.

L'ensemble des compartiments environnementaux sont cependant abordés afin de rendre compte d'une analyse exhaustive, en conformité avec le régime des études d'impact au vu des évolutions du code de l'environnement.

#### 2.3.2.1 L'hydrographie et les risques d'inondations

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés sont du même type que ceux décrits en phase chantier, mais dépendent du fait que :

- Une partie des ouvrages créés en phase chantier sera conservée pour la gestion des eaux pluviales en phase exploitation ;
- Chaque pétitionnaire de projet se devra de gérer à la parcelle ses eaux pluviales,

Par conséquent, les impacts sur le contexte hydrographique et les risques d'inondation sont particulièrement faibles, car ces derniers seront directement intégrés à la conception des différents projets

Pour les ouvrages en zone inondable, la compensation volumique et la transparence hydraulique des projets est vérifiée.

b. *Mesures d'accompagnement*

Chaque maître d'ouvrage adaptera les caractéristiques du projet pour permettre la gestion des eaux pluviales à la parcelle. Les dispositifs mis en œuvre seront soumis à une procédure Loi sur l'Eau.

En cas de mutualisation d'ouvrages d'assainissement (bassins, noues, …), une coordination des études entre la Société du Grand Paris et les maîtres d'ouvrages concernés sera recherchée afin de prendre en compte les superficies cumulées des deux projets.

### 2.3.2.2 Le relief, la pédologie et la climatologie

a. *Impacts directs et indirects*

D'une manière générale, les projets cumulés auront des d'impacts sur le relief et la pédologie très localement sur territoire étudié ; les impacts seront uniquement ressentis en phase chantier.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.2.3 La géologie et l'hydrogéologie

a. *Impacts directs et indirects*

Pour l'essentiel, une fois l'infrastructure en place, seul persistera l'effet barrage directement lié au tunnel de la Ligne 15 Sud (étudié au sein de la présente pièce). Ce dernier sera éventuellement et très ponctuellement cumulé avec celui lié au tunnel de la ligne 4 au niveau de Bagneux.

L'effet barrage est fort dans ce secteur mais n'aucune conséquence sur le bâti car la nappe est profonde. Les impacts cumulés sont très faibles.

b. *Mesures d'accompagnement*

Afin d'assurer une gestion des eaux pluviales pérenne dans le temps, chaque projet devra s'assurer du bon fonctionnement de son dispositif de gestion de l'infiltration (si infiltration retenue).

### 2.3.2.4 Occupation du sous-sol

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.2.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.2.6 Milieu naturel et paysager

a. *Impacts directs et indirects*

Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

### 2.3.2.7 Population, emploi et occupation du sol

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts de la Ligne 15 Sud sur la population, l'emploi et l'occupation du sol ne sont pas toujours directement liés à l'infrastructure elle-même et seront donc dépendants des mesures qui seront mises en place pour assurer un développement durable des centres urbains autour des futures gares. Pour cette raison, il est primordial que le projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du Grand Paris Express soit intégré dans une politique globale d'aménagement du territoire intégrée « occupation du sol/transport ».

Dans ce sens, les projets de développement urbains envisagés dans la zone du projet constituent tous des opportunités de levier pouvant aider à assurer un développement durable de la zone, pour autant qu'ils soient organisés de manière coordonnée avec le Grand Paris.

Les CDT (GPSO, Campus Sciences et santé, Grandes Ardoines, Boucles de la Marne et Cœur Descartes) et le développement de plusieurs ZAC représentent notamment des leviers clés pour assurer un développement territorial harmonisé et centré sur les pôles desservis par la Ligne 15 Sud.

Le CDT GPSO se fixe notamment comme objectif la construction de 2000 logements neufs par an tandis que ceux du Campus Sciences et santé et des Grandes Ardoines se fixent des objectifs de respectivement 1700 et 1390 logements par an. Ces constructions de nouveaux logements contribueront à favoriser la densification autour des nouvelles gares de la Ligne 15 Sud.

b. *Mesures d'accompagnement*

La Société du Grand Paris est en concertation permanente avec les autres acteurs responsables du développement territorial de manière à optimiser les synergies possibles entre les projets locaux de développement et le projet de la Ligne 15 Sud.

#### 2.3.2.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

a. *Impacts directs et indirects*

Les projets de développement urbains prévus dans la zone du projet engendreront une augmentation des déplacements à l'origine et à destination de la zone et amplifieront donc la demande en transports en commun et par conséquent l'effet positif du projet.

Les autres projets d'infrastructure de transport tel que le prolongement du métro 4 auront, eux, généralement un effet de maillage supplémentaire du réseau de transport en commun, multipliant ainsi les connexions possibles et améliorant ainsi d'autant plus la desserte des territoires concernés.

b. *Mesures d'accompagnement*

La société du Grand Paris est en concertation permanente avec le STIF et la RATP afin de planifier de manière optimale les connections entre les différentes lignes de transports en commun et ainsi maximiser les synergies entre les différents projets.

#### 2.3.2.9 Environnement sonore

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts sonores cumulés potentiels seront essentiellement liés aux développements des gares de correspondance entre les différents projets ainsi qu'au développement des quartiers à proximité des gares du Grand Paris.

Néanmoins, les impacts cumulés du point de vue du bruit resteront généralement faibles compte tenu des exigences réglementaires à respecter et du fait que les aménagements autour des gares favoriseront l'accès aux modes actifs et via les transports en commun plutôt qu'en voiture.

A titre indicatif, les impacts sonores cumulés à proximité des gares sont les suivants :

- Augmentation des risques de nuisances sonores liées aux équipements techniques du fait de la présence d'un plus grand nombre d'équipements dans un lieu restreint (surtout valable en cas de projet d'activité commerciale et/ou d'intersection avec un autre transport)
- Densification de la population piétonnière et des commerces, soit une augmentation des bruits de voisinages
- Amplification des impacts sonores liés aux réseaux de transports en commun et/ou au trafic routier à l'échelle du quartier de la gare voisine.

Les projets jugés les plus susceptibles d'induire des effets cumulés lié à une densification de la population sont :

- Le CDT Grandes Ardoines et en particulier le projet de ZAC Gare Ardoines qui modifiera profondément le caractère industriel actuel existant autour de la future gare
- La ZAC Léon Blum située à proximité de la gare d'Issy RER,
- L'Ecoquartier de la gare prévu par la Mairie de Clamart autour de la gare d'Issy Vanves Clamart
- La ZAC Ecoquartier Victor Hugo à Bagneux associée au prolongement sud du métro 4
- La ZAC Campus Grand Parc à proximité de la gare de Villejuif IGR,
- La ZAC Aragon prévue aux alentours de la gare de Villejuif Louis Aragon.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est prévue à ce stade de l'étude

#### 2.3.2.10 Risques technologiques

a. *Impacts directs et indirects*

Dans leur procédure de demande d'exploiter, les études menées sur chaque installation ICPE prennent en compte les autres installations ICPE du secteur où les risques peuvent être cumulés.

Aussi, chaque projet connexe prendra en compte les risques technologiques des autres projets du territoire, notamment si ces derniers affichent une installation entrant dans le régime ICPE.

Le cas particulier des Ardoines est du à la présence de sites SEVESO. Il n'y a pas d'effet cumulé à proprement parler, la réglementation applicable à ces sites, en particulier liée aux PPRT, s'imposant aux ouvrages du Grand Paris Express.

b. *Mesures d'accompagnement*

Les mesures sont directement intégrées aux phases d'études des installations ICPE et donc à la conception même des projets.

#### 2.3.2.11 Les vibrations

a. *Impacts directs et indirects*

Les principaux générateurs de vibrations correspondent aux réseaux de transport en commun, et notamment ceux sur ballast.

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent ainsi avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

Comme mentionné au niveau des effets cumulés en phase chantier, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance à ce stade des études.

b. *Mesures d'accompagnement*

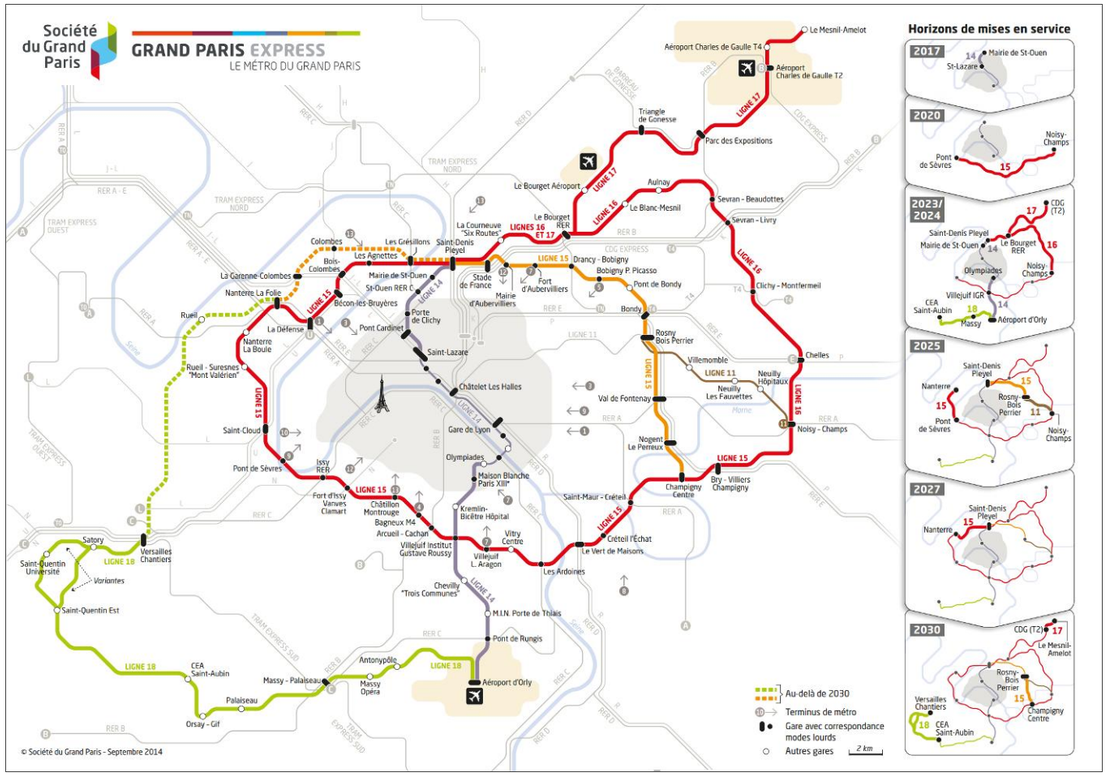
Un regard doit être porté au niveau du croisement des différents réseaux et estimer, en fonction de la distance séparant les émissions, si la prise en compte des paramètres des autres transports en commun au sein des modélisations sera nécessaire (effet de résonnance).

# 3. Analyse des impacts à l’échelle du Grand Paris Express

## 3.1 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express

La Ligne 15 Sud est un maillon essentiel du projet plus global du Grand Paris Express qui comprend la construction de 205 km de lignes de métro automatique pour relier les territoires de l'Ile-de-France. En outre, elle participe à former, avec la Ligne 15 Ouest et la Ligne 15 Est, la ceinture de transport en commun du Grand Paris, au plus proche de la capitale.

Le réseau du Grand Paris Express desservira 72 nouvelles gares et connectera de nombreux pôles d'activités ainsi que 3 aéroports et des gares TGV. Le réseau complet et les horizons de mise en service sont illustrés dans la figure suivante :




**Carte du réseau Grand Paris Express et des horizons de mises en services des différentes lignes (source : Société du Grand Paris).**

La Ligne 15 Sud faisant partie de cet ensemble et étant en connexion directe avec les autres lignes via les gares de Noisy-Champs (connexion avec la ligne 16), Villejuif Institut Gustave Roussy (connexion avec la Ligne 14), de Pont-de-Sèvres et de Champigny-Centre (connexion avec les autres parties de la ligne 15), ses impacts sur certains domaines environnementaux seront donc intrinsèquement liés à ceux du Grand Paris Express dans son ensemble. En respect du code de l'environnement, l'étude d'impact concernant la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud **doit donc proposer une analyse des incidences du programme global d'aménagement** (l'ensemble du Grand Paris Express).

En effet, lorsque la totalité des travaux prévus au programme d'aménagement est réalisée de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacune des phases de l'opération doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme.

Dans le cas présent, le programme d'aménagement est assimilable à la réalisation de l'ensemble des lignes du réseau Grand Paris Express, à savoir :

- La **Ligne 14** comprise entre les gares d'Olympiades et d'Orly, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

- La **Ligne 15** :

  - Dont le tronçon Sud entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs, **objet du présent rapport**, a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique ayant reçu un Avis du CGEDD (Autorité Environnementale) en date du 10 juillet 2013 et ayant été mis à disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 7 octobre au 18 novembre 2013, cette procédure ayant débouché sur la publication du décret 2014-1607 du 24 décembre 2014 déclarant la Ligne 15 Sud d'utilité publique et emportant la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes concernées. [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  - Dont le tronçon Ouest entre les gares de Pont de Sèvres et Saint-Denis Pleyel est en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  - Dont le tronçon Est entre les gares de Saint-Denis Pleyel et de Champigny Centre est en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Syndicat des Transports d'Ile de France]

- La **Ligne 16** comprise entre les gares de Saint-Denis Pleyel et de Noisy-Champs, dont le dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique a reçu un Avis du CGEDD en date du 28 mai 2014 et a été mis à la disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 13 octobre au 24 novembre 2014 [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  Ce dossier intègre également la jonction de la Ligne 14 Nord entre les gares de Mairie de Saint-Ouen et Saint-Denis Pleyel, complétant ainsi les travaux en cours sur la Ligne 14 entre les gares de Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen (sous maîtrise d'ouvrage RATP-STIF),

- La **Ligne 17** comprise entre les gares de Saint-Denis Pleyel et du Mesnil-Amelot, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

- La **Ligne 18** comprise entre les gares de Versailles Chantiers et d'Aéroport d'Orly, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

Les domaines pour lesquels les impacts de la Ligne 15 Sud sont fortement liés à ceux du programme d'aménagement sont principalement ceux qui s'appliquent de manière diffuse à l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France et non pas uniquement à la zone située à proximité immédiate du projet.

Les enjeux élargis du Grand Paris Express sont identifiés au sein de la synthèse proposée dans l'état initial de l'étude d'impact. Ils concernent principalement l'urbanisation future du territoire francilien au travers de l'occupation du sol et de l'étalement urbain, la mobilité, les consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre ou encore la qualité de l'air. Les autres domaines dont les impacts du projet sont moins liés à ceux des autres lignes ne sont abordés que plus sommairement.

## 3.2 Évaluation pour chaque thématique environnementale

### 3.2.1 Climatologie

Il est rappelé ici que ne sont traités dans ce chapitre que les aspects météorologie. Les aspects relatifs à l'évolution du climat et aux effets des gaz à effet de serre sont traités par ailleurs.

#### *3.2.1.1 Impacts du Grand Paris Express*

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express et son exploitation ne modifieront pas les données météorologiques de la région Ile-de-France en termes de pluviométrie, températures et vents.

Le projet n'a donc pas d'impact sur la climatologie.

#### *3.2.1.2 Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure n'est envisagée.

### 3.2.2 Relief – Topographie

Le cas des déblais issus des chantiers est traité dans la partie relative aux déblais ci-dessous.

#### *3.2.2.1 Impacts du Grand Paris Express*

Les ouvrages du Grand Paris Express ne modifient pas la topographie générale de la Région Ile-de-France et des zones où ils sont implantés. Un viaduc ou un tunnel, et les ouvrages annexes, ne sont pas de nature à modifier la topographie générale.

En revanche, tous les ouvrages en contact avec la surface du sol (piles de viaduc, trémies, gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) modifient la topographie localement, à l'échelle d'une ou d'un groupe de parcelles. Il peut s'agir d'excavation ou d'exhaussement en fonction de l'ouvrage et de son insertion par rapport à la surface du sol. Il y a impact lorsque la variation de topographie génère des impacts indirects, en particulier sur les ruissellements.

#### *3.2.2.2 Mesures d'accompagnement*

A grande échelle, aucune mesure n'est envisagée car l'impact est nul.

A petite échelle, l'impact, lorsqu'il existe, est traité à l'échelle de l'emprise du projet. En effet, le périmètre de l'emprise n'est pas modifié en termes de topographie, donc la surface de l'intérieur de l'emprise doit s'y raccorder.

Les mesures d'accompagnement sont intégrées à la conception du projet et à celle d el'organisation du chantier.

### 3.2.3 Géologie

#### *3.2.3.1 Impacts du Grand Paris Express*

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express concerne les strates géologiques de l'ensemble des terrains tertiaires et de la craie du Crétacé, en plus des formations superficielles de type alluvions.

Les impacts de ce réseau s'analysent sous deux angles :

- L'impact brut important de la suppression de strates géologiques pour y positionner des ouvrages souterrains : ce type d'impact est permanent et non réductible.
- Les risques géologiques engendrés par la mise en œuvre du réseau.

Les risques géologiques identifiés au niveau du réseau de transport sont les suivants :

**Présence de cavités souterraines d'origines diverses.**

Ces cavités sont en générale issues de l'exploitation d'anciennes carrières de calcaire grossier et de gypse. Elles sont soit remblayées, soit restées vides.

La mise en œuvre des ouvrages souterrains du Grand Paris Express est susceptible de fragiliser les parois de ces cavités et d'engendrer des effondrements et des mouvements de sols souterrains, pouvant engendrer des mouvements de surface.

La présence de ces cavités, celles qui ont été identifiées et répertoriées, a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

Il ne faut cependant pas exclure le cas où des cavités inconnues et non détectées par les nombreux sondages géotechniques réalisés par le Maître d'ouvrage sont mises au jour en phase travaux.

**Présence de gypse**

Le gypse est une roche particulière : il est très soluble dans l'eau. De ce fait, la disparition du gypse par des mouvements d'eau souterraine engendre l'apparition de cavités dont la taille dépend directement de celle des inclusions de gypse concernées. Ces cavités sont susceptibles, si elles sont déformées, d'engendrer des mouvements de terrains.

Les nombreux sondages géotechniques déjà réalisés par le Maître d'ouvrage ont montré que le gypse est présent en quantité variable sur une grande partie du tracé du réseau.

Le secteur nord est du réseau (lignes 16-partie nord et 17, ligne 15-partie nord) est le secteur où le gypse est le plus présent : la taille des inclusions est importante, donc les cavités résiduelles sont de grande taille.

Pour le reste du tracé, le gypse est moins présent et la taille des inclusions est petite. Le risque de mouvement de terrain est donc plus limité.

La présence de gypse a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

**Zone à risque de mouvement de terrain**

En dehors des conséquences de la dissolution du gypse ou de la fragilisation d'anciennes carrières, les mouvements de terrains se produisent dans les zones où des argiles sont proches de la surface du sol (en particulier les argiles vertes) et dans les zones en pente où les strates géologiques sont instables.

Au droit du tracé du Grand Paris Express, ces zones sont très localisées et le risque a été intégré dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

#### *3.2.3.2 Mesures d'accompagnement*

Les mesures d'accompagnement sont intégrées dans la conception du projet. Elles consistent en l'intégration des résultats des études géotechniques dans la conception de la structure des ouvrages et par la mise en œuvre de techniques constructives adaptées.

A ce titre, l'utilisation de la méthode des parois moulées pour l'ensemble des ouvrages assurant la liaison tunnel – surface du sol a un rôle déterminant : ces parois assurent un rôle structurel temporaire de stabilité de l'ouvrage en construction jusqu'à la mise en œuvre des éléments structurels définitifs.

Le renforcement localisé du sous sol par injection ou remplissage préalable d'une cavité est également utilisé aux endroits où les études géotechniques ont montré que cela est faisable.

### 3.2.4 L'eau superficielle et souterraine

De par sa nature, à la fois aérienne et souterraine, l'ensemble du réseau du transport du Grand Paris est susceptible d'avoir des incidences notables sur le contexte hydraulique et hydrogéologique de la région Ile-de-France.

#### *3.2.4.1 Impacts sur les eaux superficielles du Grand Paris Express*

Le réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit en traversée de plusieurs grands cours d'eau de la région, notamment la Seine et la Marne.

De plus, certains des ouvrages des différentes lignes s'inscriront aux abords des cours d'eau et, de fait, entreront en interactions avec les eaux superficielles. C'est notamment le cas des gares positionnées aux abords de la Seine (gare de Ponte de Sèvres, gare des Grésillons) de la Marne (Chelles) et du canal de l'Ourcq (Livry-Sevran).

Toutefois, le contexte hydrographique ne s'arrêtant pas uniquement aux cours d'eau mais à l'ensemble des écoulements superficiels, un regard large sur les autres ouvrages des lignes est nécessaire pour proposer une vision globale des impacts.

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur :

- La qualité des cours d'eau et des eaux de ruissellement, au travers des phases chantiers d'aménagement des émergences notamment. A l'image des incidences propres à chaque ligne :
    - Des pollutions accidentelles seront éventuellement occasionnées par les mouvements des camions sur sites ainsi que l'emploi d'engins de constructions. En effet, les polluants déposés sur les voiries et entrainés par ruissellement des eaux pluviales sont susceptibles de se retrouver au sein des cours d'eau,
    - Les eaux de ruissellement se verront charger de particules en suspension liées à la mise à nu des terrains lors des opérations de nivellement.
- Les débits de ruissellements urbains sur les emprises chantiers et en direction des exutoires naturels ou des réseaux d'assainissement existants. Cette incidence sera également à prendre en compte lors de la phase d'exploitation en raison de la mise en œuvre d'émergences limitant l'imperméabilisation des eaux pluviales (modification quantitative des ruissellements).

  En effet, l'imperméabilisation des surfaces aujourd'hui à nu entrainera des volumes d'eau pluviale plus importants à gérer.
- La physionomie même des cours d'eau franciliens traversés par les lignes du réseau de transport du Grand Paris. Aussi, deux points plus particuliers sont aujourd'hui en étude :
    - Inscription de la gare de Pont de Sèvres au niveau des berges de la Seine, dont les travaux impliquent une modification temporaire du lit mineur du cours d'eau,
    - Positionnement de la gare de Livry-Sevran sur les berges du canal de l'Ourcq.
- Les zones d'expansion des crues par la mise en œuvre de travaux en zones inondables (parfois désignées et réglementées par des Plans de Prévention des Risques appropriés). Il s'agira principalement des travaux engagés le long des rives de la Marne et de la Seine, où l'aléa d'inondation peut être fort (submersion supérieure à 1 mètre). Les principaux impacts durant la phase chantier s'illustrent par :
    - Incidence sur l'écoulement de la crue : ralentissement, changement d'orientation,
    - Incidence sur les zones d'expansion de crue : réduction par occupation d'un volume où les eaux de crue s'étendent.

      En effet, la disparition des zones où les crues s'étendent entraine inévitablement l'apparition de nouvelles zones de débordements, sur des secteurs non référencés comme zone d'expansion des cours d'eau.
    - Dégâts sur les ouvrages et matériels de chantier : non placés hors d'eau ou non évacués.

  Plusieurs gares des lignes du réseau de transport s'inscrivent directement dans des zonages réglementaires de PPRI. Dans ces zones, les aménagements sont prescrits afin de limiter leurs impacts sur le cours d'eau et ainsi assurer une transparence hydraulique du projet.
- L'alimentation en Eau Potable de la métropole, en raison des prises d'eau existantes sur la Seine (différentes prises d'eau au niveau du Val de Marne et de l'Essonne) et sur la Marne (prise d'eau de Neuilly sur Marne).

L'évacuation des déblais par voie fluviale a également une incidence sur les eaux superficielles :

- Par la mise en œuvre « d'installations portuaires » : en trois endroits au moins (Ile de Monsieur et Friche Arrighi (Ligne 15sud) et Grésillons (Ligne 15 ouest), les déblais seront chargés sur des barges dans des installations aménagées :

- Implantation de Ducs d'Albe : pour créer ou restaurer les postes d'amarrage, des Ducs d'Albe seront implantés, en général en remplacement d'existants.

- Dragages localisés : les barges ayant un tirant d'eau minimal nécessitent une profondeur d'eau au droit des Ducs d'Albe. Les dragages ont pour but de créer cette profondeur ou de la restaurer. Ces dragages s'inscriront dans les opérations d'entretien de la navigabilité de la Seine pilotées par VNF.

- La structure des quais actuelle n'est pas modifiée. Les déblais sont chargés au moyen de matériels implantés en dehors de la berge.

- Par la circulation de barges sur un linéaire significatif de cours d'eau : les déblais seront transportés sur plusieurs dizaines de kilomètres en fonction des sites d'entreposage.

### *3.2.4.2 Mesures d'accompagnement sur les eaux superficielles*

En mesures, la Société du Grand Paris s'engage sur :

- La réalisation des études nécessaires réglementaire au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet.

  Ces études permettront notamment de définir l'ensemble des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement, les mesures de prise en compte des zones de crues et de définir les modalités de réalisation des installations portuaires.

  Le présent dossier de la Ligne 15 Sud présente les mesures relatives à cette ligne sur ces sujets dans les chapitres concernés.

- La prise en compte des prescriptions d'aménagement relatives à la protection des eaux de surfaces destinées à l'alimentation en eau potable et à la mise en œuvre de mesures adéquates permettant de pérenniser leur approvisionnement sur le territoire de la métropole.

- L'entretien des ouvrages de gestion des eaux pluviales selon les protocoles et procédures définies dans les dossiers Loi sur l'eau, en phase chantier et en phase d'exploitation,

- La définition d'une procédure de gestion des situations accidentelles et de gestion des situations de crue par débordement des principaux cours d'eau.

### *3.2.4.3 Impacts sur les eaux souterraines du Grand Paris Express*

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur la modification du niveau des nappes souterraines traversées par l'infrastructure. De fait, plusieurs aspects sont à considérer :

- Les tunnels seront susceptibles d'obstruer l'écoulement de nappes souterraines (effet barrage), occasionnant une élévation du niveau de ces dernières à l'amont des tunnels et un abaissement de leur niveau à l'aval.

  Au stade d'avancement des études, ces effets d'obstruction ont été analysés au niveau du Nord-Est du réseau (secteur d'Aulnay-sous-Bois et Sevran) ainsi qu'au niveau du Sud de Paris (Kremlin-Bicêtre et Ligne 15 Sud). Les études en cours et à venir tâcheront de définir et études les zones où les impacts nécessitent d'être étudiés.

- De même, l'ensemble des émergences, traversant parfois plusieurs niveaux géologiques abritant des nappes d'eau, se positionnera en obstacle aux écoulements des eaux. Il s'agit également « d'effets barrage », qui sont plus localisés, car engendrés uniquement par le positionnement de la boite gare. Toutefois, même ponctuels, ces derniers peuvent avoir une incidence forte sur les écoulements souterrains (cf. ci-dessous).

- Les pompages nécessaires pour assécher les fonds de fouille des ouvrages participeront à modifier très ponctuellement le niveau de nappes, suivant les paramètres de ces dernières.

Or, la modification du niveau d'une nappe présente des impacts potentiels :

- Sur le contexte bâti, par une modification des paramètres des couches géologiques où des élévations/abaissements des niveaux d'eau s'occasionneront. De fait, les sols seront susceptibles de se déformer, perdant éventuellement leur portance et entraînant des déstabilisations des ouvrages construits en surface. Au niveau des secteurs où la nappe est proche du sol, des phénomènes d'inondations par remontées des nappes seront susceptibles d'apparaître,

- Sur l'approvisionnement en eau potable par les champs captant souterrains de la métropole. En effet, la modification locale du niveau de l'eau souterraine dans les périmètres de protections des captages AEP souterrains modifiera de fait les caractéristiques des captages et notamment leur productivité,

- Sur l'environnement, l'alimentation de certains plans d'eau définis comme « réservoir écologique » (plans d'eau des parcs départementaux du Sausset et de La Courneuve) étant directement fait par les nappes souterraines. Ainsi, abaisser une nappe aux abords de ces plans d'eau entraînera un abaissement de leur niveau, synonyme de perturbations des systèmes écologiques identifiés

Par ailleurs, pour les gares, les points d'attaque et de sortie du tunnelier et les puits d'aération, les pompages permettant l'assèchement des fonds de fouille entraineront une nécessaire gestion des eaux d'exhaures avant rejet :

- Gestion quantitative : estimations des débits d'eau souterraine pompée et identification des émissaires de rejet (milieu naturel, réseaux d'assainissement existants),

- Gestion qualitative : traitements préalables des eaux souterraines notamment dans les secteurs où des pollutions du sol ont été identifiées.

### *3.2.4.4 Mesures d'accompagnement sur les eaux souterraines*

En mesures, la Société du Grand Paris :

- S'est engagée à entreprendre des études nécessaires réglementaires au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet. L'ensemble des études permettront de définir les méthodologies de mise en œuvre des ouvrages permettant d'éviter les impacts sur les eaux potables souterraines et l'augmentation des phénomènes de remontées de nappes,

- Propose les méthodes constructives adaptées, permettant de limiter les échanges avec les eaux souterraines :

- Les tunnels sont étanches de par leur nature. Leur mise en œuvre permet de réduire au maximum les échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de l'infrastructure. Les tunneliers permettront ainsi de garantir un front de creusement confiné,

- Les gares et puits seront réalisés par une méthode dite de parois moulées, techniques limitant les pompages pour assécher les fonds de fouille, et donc, les rabattements de nappes importants.

- Assurera un traitement des eaux et boues d'exhaure, pour permettre leur rejet ou leur envoi en centres spécialisés en cas de pollution avérée de ces dernières.

### 3.2.5 La gestion des déblais

La gestion des déblais en phase chantier est une problématique importante en termes de nuisances et d'effets négatifs.

Elle commence dès la sortie du sol :

- La gestion des flux est essentielle pour limiter les stockages sur base chantier : les stocks seront réduits au minimum pour limiter les effets visuels négatifs et les émissions de poussières issues des stocks,

- Les circulations des camions d'approvisionnement des camions d'évacuation des déblais seront également gérés afin d'éviter les files d'attente qui seront susceptibles de perturber la circulation dans un voisinage proche de la base chantier,

- Les trajets vers les points de réception des déblais seront également fixés au préalable en tenant compte des effets négatifs et des nuisances. Ces trajets seront imposés aux transporteurs et des sanctions prévues en cas de non-respect.

Les déblais identifiés comme pollués seront par ailleurs traités à part, dans des filières spécialisées. La manipulation de déblais pollués sur le chantier fera l'objet de consignes strictes au personnel qui y sera exposé en application du Code du Travail.

La Société du Grand Paris a d'ores et déjà réalisé des études spécifiques permettant de définir :

- Les points d'accueil et leurs capacités,

- Les modes de transport entre les points d'extractions et les points d'accueil,

De fait, un Schéma Directeur d'Elimination des Déblais (SDED) a été produit à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris.

Il a pour vocation d'organiser à l'échelle de l'ensemble du projet la gestion des déblais (de l'ordre de 22 millions de mètres cubes) et fixe un certain nombre d'obligations et de prescriptions auxquels les gestionnaires de chantier seront tenus.

Actuellement, le SDED est décliné et resserré au niveau de chaque ligne. Ce SDED comporte :

- une évaluation la plus précise possible, compte tenu de l'avancement de la conception du projet, du volume de déblais de chaque ligne,

- une identification des voies d'évacuation possibles,

- une évaluation de la proportion des 3 modes de transports : route, rail, voie d'eau.

Les sites de destination des déblais ne sont pas encore connus. Ils se répartissent selon les catégories suivantes :

- remblais dans le cadre de projets d'aménagements lorsque les déblais ne sont pas pollués,

- utilisation en tant que granulats dans certaines circonstances particulières (il faut que les déblais aient des qualités similaires aux granulats de recyclage), lorsque les déblais ne sont pas pollués,

- entreposage dans des installations de stockage prévues à cet effet : l'ouverture de ces installations prévues par la réglementation sur les déchets (ISDI, ISDND et ISDD) nécessitent des procédures administratives particulières, indépendantes de celles nécessitées par le Grand Paris Express. Le type d'installation destinataire est fonction du degré de pollution des déblais.

### 3.2.6 La gestion des terres polluées

Une partie significative des déblais est polluées. La Société du Grand Paris a commencé les études nécessaires pour identifier les terres polluées au droit des sites de travaux.

Ces études s'inscrivent dans le cadre de la réglementation et du protocole sur la gestion des sites pollués qui prévoit les étapes suivantes :

- Étude historique permettant de qualifier la pollution éventuelle du sol,

- Investigations complémentaires par sondages permettant de qualifier chimiquement et de localiser la pollution,

- Evaluation Quantitative des Risques sanitaires (EQRS) : la destination des sites étant connue, l'EQRS peut être réalisée et définir les usages compatibles du site avec la pollution.

- Plan de gestion permettant de définir comment sera gérée la pollution des sols identifiée sur chaque site et de mettre en œuvre les dispositions prises.

Sur la Ligne 15 Sud, les deux premières étapes sont bien avancées et quasiment terminées. Sur les autres lignes, ces étapes auront lieu après l'obtention de la DUP.

En ce qui concerne la pollution pyrotechnique des sols, un protocole similaire est mis en œuvre, avec des mesures de sécurité renforcées.

Sur la Ligne 15 Sud, la première étape est terminée, la seconde est en cours sur les sites concernés. Sur les autres lignes, ces étapes auront lieu après l'obtention de la DUP.

### 3.2.7 Occupation du sous-sol

Sur la quasi-totalité du territoire du réseau du Grand Paris Express, le sous sol est fortement occupé en liaison avec la très forte urbanisation.

Il existe donc des interactions entre les parties souterraines du métro et les éléments d'occupation du sous sol.

Ces éléments peuvent être classés en deux catégories :

- Des canalisations : compte tenu des profondeurs concernées, seules les canalisations principales sont concernées. Les canalisations de surface, constituant les boucles locales des réseaux sont systématiquement dévoyées et ne constituent donc pas un obstacle au travaux. Ces canalisations transportent du gaz (GRTGaz), des carburants (TRAPIL), de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude (Chauffage Urbain).

- Des ouvrages : ce sont principalement les fondations des bâtiments et les structures souterraines d'infrastructures de transport (métro, RER, voiries) et quelques ouvrages de transport d'électricité.

Ces éléments peuvent être sensibles aux mouvements du sous sol (tassements) résultant directement ou indirectement (voir la partie géologie) des travaux de construction du Grand Paris Express.

Le creusement du tunnel est susceptible, en particulier selon les types de roches traversés, de créer de légers mouvements de sous sol.

La réalisation de travaux à proximité d'ouvrages est susceptible d'engendrer une modification des équilibres mécaniques de fondation de ces ouvrages.

Dès les premières étapes de conception du projet, la Société du Grand Paris a procédé à l'inventaire le plus complet possible des éléments d'occupation du sous sol :

- D'abord par la réalisation de Demandes de Renseignements (DR) ou de DICT,

- Ensuite par des contacts directs avec les gestionnaires de réseaux connus,

- Enfin, par l'intermédiaire d'études spécifiques, par un recensement des fondations du bâti concerné par le Grand Paris Express.

Pour la Ligne 15sud, la dernière étape est en voie de finalisation. Pour le reste du réseau, cette dernière étape sera réalisée après l'obtention de la DUP.

Les éléments recueillis ont été intégrés dans les études de conceptions, en particulier dans le positionnement du tracé en plan et du profil en long.

Les ouvrages les plus sensibles et les ouvrages les plus proches du métro feront, le cas échéant, l'objet d'un suivi de stabilité permettant de prendre les dispositions nécessaires pour éviter tout impacts significatif.

### 3.2.8 Vibrations

Les vibrations et le bruit solidien constituent un point essentiel de la mise en place d'une infrastructure comme la Ligne 15 Sud. Elles sont produites par le chantier ou par le fonctionnement du métro et elles ont une incidence sur diverses cibles, principalement les personnes, le bâti et les ouvrages.

Les facteurs de sensibilité aux vibrations sont les suivants :

- Fragilité naturelle du sous sol : elle est constituée des facteurs de risques géologiques pouvant contribuer aux instabilités du sous sol : présence d'anciennes carrières et présence de gypse,

- Présence d'ouvrages souterrains ou de bâtiments sensibles : ces éléments sont des récepteurs de vibrations et certaines de leurs fonctions peuvent être altérées.

- Profondeur du tunnel : la distance entre la surface externe du tunnel et les ouvrages souterrains et la surface du sol est un élément important : plus cette distance est courte et moins les vibrations sont amorties par le sol en place.

Les principales zones à risques du Grand Paris Express sont les suivantes :

- Ligne 15 Sud : section Issy RER – Arcueil Cachan, section Créteil l'Echat – Champigny sur Marne,

- Ligne 15 ouest : la partie sud de la ligne, comprise entre Saint Cloud et Rueil/Suresnes-Mont Valérien,

- Ligne 14 sud : la partie nord de la ligne entre Olympiades et Villejuif IGR,

- Lignes 16 et 17 : la partie commune entre Saint-Denis Pleyel et Le Bourget RER, la partie restante de la ligne 16 jusqu'à Chelles, la partie sud de la ligne 17 entre Le Bourget RER et Triangle de Gonesse.

L'analyse des incidences est réalisée sous la forme d'une analyse de risque d'atteinte à la sécurité des personnes et des biens.

**Impacts et mesures en phase chantier**

Les vibrations sont produites lors des travaux d'excavation et lors de la circulation des engins. Il est facile d'imaginer qu'un engin attaquant un calcaire dur, de type calcaire grossier, produit beaucoup plus de vibrations que le même engin attaquant une argile ou un sable.

La nature de la roche est donc un élément essentiel. La présence du calcaire grossier, strate généralement la plus dure rencontrée par l'ouvrage, est donc un élément défavorable.

La présence d'eau est également un facteur important, l'eau ayant un effet amortissant sur la propagation des vibrations. La plus grande partie de l'infrastructure étant souterraine et immergée, la phase travaux bénéficiera de cet effet d'amortissement.

Cependant, la distance de la source de production des vibrations aux cibles est le facteur principal de l'appréciation des impacts. En effet, la distance est également un facteur d'amortissement des vibrations. Plus elle est courte, moins les vibrations sont amorties.

Les zones sensibles sont donc les zones où les cibles sont nombreuses et où l'infrastructure est proche. Ces zones sont densément bâties et le tunnel est proche de la surface du sol, ou l'une des gares est proche.

En ce qui concerne la circulation des engins, il s'agit principalement de la circulation des camions. Les zones concernées sont donc les bases chantier où des camions apportent des matériaux et emportent des déblais.

Les principales mesures en phase chantier sont les suivantes :

- tous les ouvrages émergents en relation avec le tunnel, à quelques exception près, sont réalisés avec la technique de la paroi moulée : cette technique a comme avantage de créer une sorte de boite dans la quelle sont réalisés les travaux d'excavation. Cette boite crée une discontinuité dans le sol et constitue un amortisseur de vibrations.

- le renforcement d'ouvrages sensibles par injection ou confortement n'est envisagé que pour les cas d'atteinte prévisible à la structure d'ouvrages de type fissuration ou engendrant des perturbations significatives de fonctionnement.

- le suivi par la réalisation de mesures sur les bâtiments et ouvrages identifiés comme sensibles. Ces mesures sur site, réalisées durant toute la phase chantier, permettent d'établir la réalité des niveaux de vibration et de définir des procédures d'alerte en cas de problème.

**Impacts et mesures en phase exploitation**

En phase exploitation, les impacts des vibrations dépendent du fait que l'infrastructure est aérienne ou souterraine.

Dans les parties aériennes (Ligne 18 – Plateau de Saclay, Ligne 17 – Section Triangle de Gonesse – Roissy), la structure porteuse, ici un viaduc, transmet les vibrations au sol, qui lui-même les transmet aux cibles. Le viaduc amortit les vibrations émises vers le sol. L'impact des vibrations résiduelles dépend directement de la distance des piles du viaduc aux cibles. Il est en général faible voire nul.

Dans les parties souterraines, la structure du tunnel et la structure externe des gares qui sont des structures fermées exercent une certaine rétention des vibrations.

Le bruit solidien est le principal impact de cette phase. Il s'agit de vibrations qui parcourent la structure et qui sont transmises aux bâtiments de sorte que les personnes qui les occupent ont l'impression d'entendre le métro qui circule.

Pour qu'il y ait un impact perceptible, il faut que la structure externe du métro, en général le tunnel, soit proche des fondations pour qu'il y ait transmission directe. Dès que la distance dépasse quelques mètres, ce bruit est fortement atténué.

Les impacts dépendent beaucoup du matériel roulant et de la voie, en particulier du contact rail-roue.

Les mesures en phase d'exploitation portent d'abord sur les caractéristiques de la voie et du matériel roulant, aussi bien lors de l'achat des composants que lors des opérations d'entretien.

Dans les zones les plus sensibles, des dispositifs d'amortissement rail-roue peuvent être installés pour réduire à la source la production de vibrations. Avec la mise en œuvre des dispositifs les plus performants, l'impact résiduel est négligeable.

## 3.2.9 Le patrimoine naturel

### *3.2.9.1 Milieux naturels, faune, flore*

Les impacts des sections souterraines du projet de métro du Grand Paris sur les espèces et les milieux naturels sont **réduits**. Seuls les ouvrages annexes, les gares et les sites de maintenance et de remisage auront effectivement une emprise au sol mais de façon irrégulière.

Les **principaux impacts potentiels** identifiés sont liés à la **phase travaux**. La traversée des cours d'eau et des nappes d'eaux en souterrain, la localisation des points d'entrée du tunnelier, les nuisances potentielles liées aux creusements du tunnel (vibrations, rabattement de nappe) et des gares et le stockage des matériaux sont les étapes importantes à considérer en phase travaux afin de réduire les impacts sur le milieu naturel.

Le fuseau d'étude à l'échelle du programme coupe à plusieurs reprises la Seine et la Marne ainsi que les canaux de Saint-Denis, de l'Ourcq, de Chelles et traverse d'importantes masses d'eau souterraines. Ces points sont autant de **risques de pollution** ou de **modifications des conditions hydrologiques**, qui sont considérés comme des impacts potentiels et dont l'analyse se trouve dans le détail par ligne.

Concernant la localisation des zones de stockage des matériaux de déblais, leur situation devra là encore tenir compte au maximum des enjeux écologiques, en limitant par exemple l'emprise sur les milieux naturels ou encore le dérangement provoqué par les poids lourds évacuant les déblais.

Malgré un effet d'emprise réduit sur les milieux naturels, les sections en souterrain peuvent avoir des impacts importants en phase travaux, notamment sur le réseau hydrologique. Une attention spécifique a été portée sur ce point.

### *3.2.9.2 Continuités écologiques*

A l'échelle du programme du Grand Paris Express, le fuseau d'étude intersecte plusieurs continuités écologiques et réservoirs de biodiversité identifiés dans le cadre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique adopté en 2013.

**Sur la Ligne 18** les réservoirs de biodiversité sont la forêt domaniale de Versailles, la Vallée de la Bièvre et la Vallée de la Mérantaise incluant la forêt de Port-Royal qui est une entité Natura 2000 de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ».
**Sur la Ligne 17**, le réservoir de biodiversité identifié est l'entité Natura 2000 du parc départemental du Sausset inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis.
**Sur la Ligne 16**, les réservoirs de biodiversité sont les entités inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis » avec la promenade de la Dhuis, la forêt de Bondy.
**Sur la Ligne 15 Sud**, le réservoir de biodiversité est le parc départemental des Lilas.
**Les Lignes 14 Sud et 15 Ouest** n'intersectent pas de réservoirs de biodiversité.
Toutefois, des secteurs d'intérêt en contexte urbain sont identifiés pour les lignes de la Petite Couronne. Il s'agit généralement de petits parcs urbains d'intérêt local.

Les incidences du projet sur les continuités écologiques s'évaluent au regard des questionnements autour de la fonctionnalité de la trame verte et bleue (surface, agencement spatial, etc.), de l'équivalence écologique et de la potentialité de création de nouvelle trame au vue des réflexions sur l'équivalence.

Les incidences sur les continuités écologiques se limitent aux tracés en aérien et aux émergences (gare, ouvrage, sites de maintenance et de remisage) dans les tronçons en souterrain :

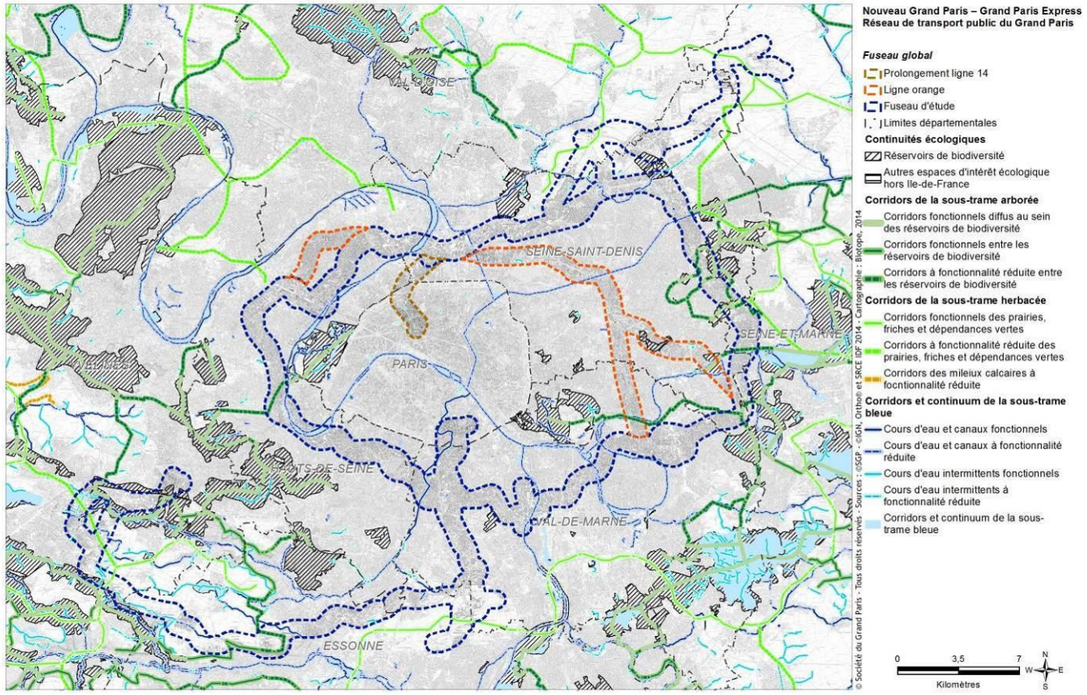
- Destruction d'habitats présents dans les continuités écologiques,

- Fragmentation des continuités écologiques,
- Coupure d'axe de communication,
- Perte de fonctionnalité des continuités écologiques,
- Surmortalité par collision.

Une analyse fine à l'échelle de chaque ligne est réalisée pour préciser les impacts et leur localisation. Cette analyse se base notamment sur le SRCE IDF et les trames verte et bleue départementales et locales qui sont identifiées sur le territoire. Des mesures sont proposées pour réduire les interactions.

Par ailleurs, ce type de programme peut être l'objet d'une analyse d'opportunité de création de corridors et de renforcement de la fonctionnalité écologique. A titre d'exemple, le passage en viaduc et la mise en place de mesures simples peuvent être favorables au déplacement des Chiroptères si le viaduc est associé à l'implantation d'un linéaire boisé.

Des mesures afin de favoriser la restauration des continuités sont proposées sur plusieurs des lignes du programme du Grand Paris Express.



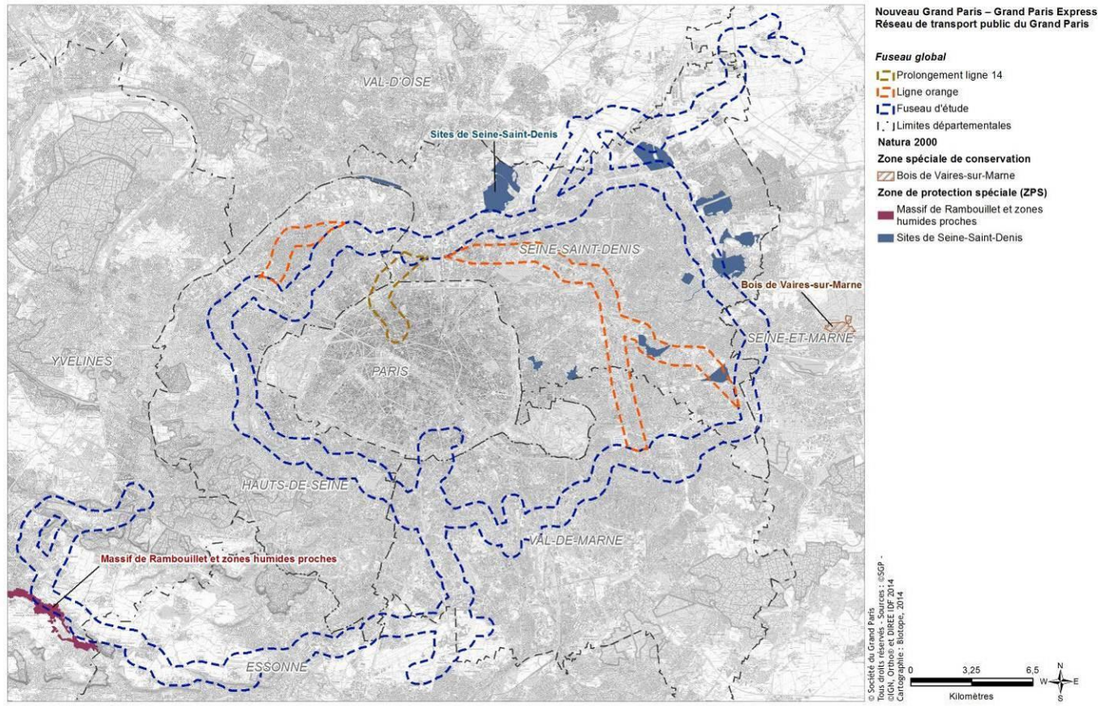

**Carte de localisation des continuités écologiques (réservoirs et corridors écologiques) identifiées dans le SRCE IDF – source : DRIEE, 2013**

### *3.2.9.3 Natura 2000*

Deux sites Natura 2000 sont directement concernés par le fuseau d'étude du programme du Grand Paris Express, à savoir la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ». Ces sites font donc l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Les études d'incidences complètes seront annexées au dossier d'étude d'impact des lignes concernées. Les premières conclusions de ces dossiers sont reprises dans ce résumé.

Outre ces deux sites en interaction directe avec le programme du Grand Paris Express (périmètre du site traversé par le fuseau d'étude), une attention particulière a été portée aux sites, hors fuseau, potentiellement en interaction hydrogéologique avec les travaux pour la construction des gares, et dans une moindre mesure, pour le tunnel et ce en fonction des techniques utilisées. La ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne » a été identifiée comme en interaction potentielle. Ce site qui ne présente après analyse et modélisation hydrogéologique pas d'incidence est cité pour la complétude de la démarche et du dossier.




**Carte de localisation des sites Natura 2000 aux alentours du programme du Grand Paris Express – source : DRIEE**

**ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis »**

Le site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » est concerné par deux portions du projet de métro du Grand Paris : la ligne 16 « Le Bourget-Noisy-Champs » et la ligne 17 « Les Grésillons-Le Mesnil Amelot ».

Cette Zone de Protection Spéciale est composée de 15 entités. Seules les entités directement concernées par le fuseau d'étude ont été retenues pour l'analyse des incidences, à savoir : le Parc Georges Valbon, le Parc départemental du Sausset, le Parc de la Poudrerie, la forêt de Bondy et le Parc de la Haute Ile. Seules les espèces présentes de manière régulière et listées au FSD ont été retenues pour l'analyse des incidences, *i.e* : le Blongios nain, le Butor étoilé et la Pie grièche écorcheur pour le parc Georges Valbon, le Blongios nain pour le parc du Sausset, les Pics noir et mar pour le parc de la Poudrerie et la forêt de Bondy et le Martin pêcheur d'Europe, la Sterne pierregarin et la Pie grièche écorcheur pour le parc de la Haute Ile.

Les entités du site Natura 2000 sont évitées, ce qui limite les incidences directes possibles. De même au stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative avec** la mise en œuvre des mesures de réduction proposées telles que :

- la localisation des installations de base chantier afin de limiter les incidences liées aux dérangements en phase travaux,

- au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil où l'aménagement de surface prendra en compte les incidences potentielles sur la fréquentation de la forêt de Bondy (dérangement en phase opérationnelle).

Des recommandations ont été formulées mais des investigations nouvelles seront nécessaires à l'échelle de chaque projet de ligne afin de s'assurer du dimensionnement exact des impacts.

L'incidence du projet sur les niveaux d'eau souterraine est fondamentale. Tous les plans d'eau ne sont pas sensibles aux variations piézométriques des eaux souterraines car certains sont alimentés par les eaux superficielles mais beaucoup de zones humides en Ile-de-France sont en interactions fortes avec les eaux souterraines. Les Etangs des Brouillards et du Vallon, du Parc Georges Valbon, le Marais et l'Etang de Savigny du Parc du Sausset et les étangs du Parc de la Haute Ile sont par exemple très sensibles aux variations de la piézométrie. Leur sensibilité repose sur leur distance par rapport au tracé et leur profondeur.

**Ces secteurs font l'objet d'une attention particulière dans la conception du projet et dans le détail de chaque ligne afin de conclure à une absence d'incidence significative sur l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaires.**

**ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches »**

Cette Zone de Protection Spéciale (ZPS) est concernée par la ligne 18 « Orly-Versailles » du projet de métro automatique du Grand Paris. L'étude d'incidences du projet de métro du Grand Paris sur ce site Natura 2000 sera donc effectuée dans les dossiers relatifs à la ligne 18. Une pré-analyse sommaire est présentée ici.

Le site Natura 2000 ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » est composé de plusieurs entités. Le fuseau d'étude en recoupe une seule : la forêt de Port-Royal, site sur laquelle au moins cinq espèces, listées au FSD, y trouvent des habitats favorables : le Pic mar, le Pic noir, l'Engoulevent d'Europe, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore. Cette liste d'espèces sera complétée par les investigations de terrain en cours.

Entre Saint-Quentin-Est et Palaiseau, des variantes en viaduc sont à l'étude. A ce stade, les incidences envisageables sont :

- Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales,

- Dégradation des habitats d'espèces,

- Dégradation des fonctionnalités écologiques pour l'espèce,

- Dérangements en phase travaux et en phase exploitation,

- Fragmentation de l'habitat de reproduction.

L'étude d'incidences de ce site sera intégrée dans les études d'impacts relatives à la ligne 18, en interaction directe avec le site.

### *3.2.9.4 Les milieux agricoles*

Une distinction nécessaire est faite entre les sections aériennes et souterraines du réseau de transport du Grand Paris.

Les impacts et les mesures sont traités suivant cette distinction.

**Section en aérien**

Pour les sections en aérien, **l'effet d'emprise** est le principal impact direct identifié à ce stade, dont découlent la **consommation de terres agricoles** et la **fragmentation de l'espace agricole** notamment (coupure siège exploitation / terrain).

La perte de terres arables ou la fragmentation des parcelles peut avoir des incidences sur la pérennité d'une ou plusieurs exploitations agricoles :

- Perte de Surface Agricole Utile (SAU), dont la superficie et la localisation sont précisés pour chaque projet de ligne,

- Remise en cause potentielle des contrats auxquels les agriculteurs ont souscrits (agriculture durable, conversion en agriculture biologique…)

- Dans le cas de prairies de pâture, remise en cause du plan d'épandage de l'exploitation, nécessitant l'exportation des effluents d'épandage ou l'augmentation du chargement des prairies (UGB/ha)…

Ces impacts concernent principalement la ligne 18 et sont en cours d'analyse.

En phase travaux, plusieurs impacts indirects liés à la construction du métro du Grand Paris Express pourront affecter les récoltes comme la modification de l'écoulement de l'eau ou de la fertilité des sols, liés à des opérations de remblais/déblais, le stockage de matériaux, la pollution accidentelle de l'eau servant à l'irrigation des cultures ou encore la perte de rendement des plantes, à cause de poussières. L'ensemble des **incidences potentielles liées à la phase travaux** et identifiées à ce stade peuvent être **réduites et des mesures de réductions simples** sont proposées.

En phase d'exploitation, les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont encore peu quantifiables pour la ligne 18 notamment. Ces éléments sont en cours d'étude. L'installation de portion de viaduc peut modifier l'alimentation en eau et créer un effet d'ombrage. La modification de ces deux paramètres, l'eau et la lumière, peut avoir un effet sur la croissance des végétaux.

**Section en souterrain**

Pour les sections en souterrain, **l'effet d'emprise est réduit** aux ouvrages annexes et aux gares, ce qui limite le risque de consommation d'espaces agricoles et réduit l'impact lié à la fragmentation de l'espace agricole.

Les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont également très limitées. La **pollution accidentelle de l'eau**, lors des travaux, pourra cependant impacter les plantations culturales, mais cet impact n'est pas quantifiable à ce stade de l'étude.

## 3.2.10 L'archéologie

### *3.2.10.1 Impacts du Grand paris Express*

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

### *3.2.10.2 Mesures d'accompagnement*

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,

- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,

- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;

- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

## 3.2.11 Le paysage et le patrimoine culturel

### *3.2.11.1 Impacts du Grand paris Express*

Le réseau de transport du Grand Paris Express est en grande partie souterrain

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la

construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

#### *3.2.11.2 Mesures d'accompagnement*

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,
- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,
- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;
- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

### 3.2.12 Risques technologiques

Ces risques concernent les risques liés aux activités humaines. Ils constituent plutôt des contraintes à la construction et à l'exploitation du Grand Paris Express.

Ces risques sont localisés en certains points du réseau où existent des activités à risques :

- Les Ardoines (Ligne 15sud) avec le site DELEK dont la proximité avec la gare et certains ouvrages annexes engendre des contraintes,
- Le secteur du Bourget – Le Blanc Mesnil (lignes 15nord, 16) avec la gare de triage de DRANCY dont le périmètre contraint certains ouvrages,
- Les aéroports de Roissy Charles de Gaulle (ligne 17) et d'Orly (ligne 14sud) avec les risques liés aux avions (passage sous les pistes).

Un recensement exhaustif des sites à risques via la nomenclature des ICPE de l'article R511-9 du code de l'environnement, et en particulier des sites classés au niveau SEVESO, a été entrepris dès les premières phases d'études de conception.

La réglementation associée à chacun de ces sites, en particulier les périmètres instaurant des prescriptions (dont le PPRT), a été analysée et les contraintes prises en compte dans la conception du projet :

- Soit par évitement : le tracé en plan évite le périmètre instaurant une contrainte ne pouvant être respectée,
- Soit par intégration de la contrainte dans le projet architectural et dans l'exploitation.

### 3.2.13 Ondes électromagnétiques

Ces ondes ont deux origines possibles :

- les matériels utilisant de l'électricité, par exemple :
  - le métro, en tant que matériel fonctionnant avec du courant électrique et tous les matériels concourant au fonctionnement des rames de métro,
  - tous les matériels électriques de la gare.
- et les matériels émetteurs/récepteurs d'ondes spécifique, par exemple :
  - Equipements radio de communication entre le poste de commandement et les rames,
  - Téléphones des personnels et des voyageurs.

Les impacts sont de deux types :

- Perturbations des appareils émetteurs/récepteurs d'installations situées à proximité du métro : ces perturbations ne sont possibles que si les gammes de fréquences des ondes électromagnétiques émises par le métro et les matériels associés sont de même gamme que celles des appareils potentiellement perturbés, et que si ces appareils sont situés dans la zone efficace de ces ondes.
- Incidence sur la santé humaine : certaines personnes sont électrosensibles et sont perturbées par les ondes de certaines gammes de fréquences, et divers organes du corps humain fonctionnant avec des microcourants électriques peuvent voir leur fonctionnement perturbé.

La réglementation a défini des seuils au delà desquels des incidences sont possibles sur la santé humaine. Des modélisations ont été faites sur la base du type de courant utilisé et de l'organisation du tunnel pour évaluer les zones soumises à des ondes électromagnétiques.

Ces modélisations ont montré (voir le chapitre Ondes électromagnétique du présent dossier) que la zones concernées par des champs électromagnétiques supérieurs aux valeurs de référence sont restreintes aux alentours immédiats de la caténaire ou du rail d'alimentation de la rame en courant, du moteur de la rame et des appareils associés et des antennes radio équipant les rames.

Dans les zones où se tient le public et le personnel (y compris le conducteur), ces champs sont réduits et largement en dessous des valeurs de références.

Le projet n'a pas d'impact.

## 3.2.14 Population et emplois et étalement urbain

### *3.2.14.1 Impacts du Grand Paris Express*

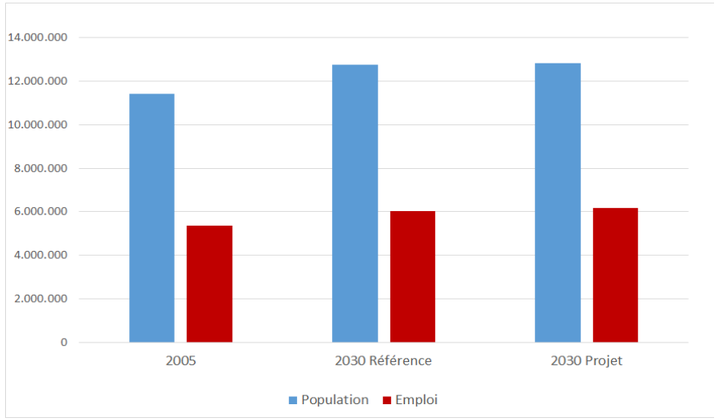
Une infrastructure de transport de l'envergure du Grand Paris Express aura des conséquences fortes sur la population l'emploi et l'occupation du sol en Ile-de-France. Sa mise en œuvre doit donc s'inscrire dans une politique plus générale de développement économique et social des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France. Dans ce sens, le projet du Grand Paris Express constitue un moteur de la croissance de la population et de l'emploi en Ile-de-France et devrait ainsi permettre :

- de favoriser les créations d'emplois ;
- d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération;
- de corriger les inégalités territoriales ;
- de favoriser une structure urbaine plus durable.

La croissance de la population et de l'emploi serait particulièrement concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.

Les évolutions entre 2005 et 2030 dans le scénario de référence (sans Grand Paris Express) et dans le scénario de projet (avec Grand Paris Express) sont présentées dans la figure suivante. Ces hypothèses de croissance traduisent une volonté politique qui repose sur le développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France, au premier rang desquels Paris et le cœur de l'agglomération parisienne.

**Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et 2030 en Ile-de-France**




Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronne, selon des formes urbaines peu denses et grandes consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de route et de RER.

Cet étalement urbain ne pourra être limité dans le futur, que si l'urbanisation est structurée par des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de métro du Grand Paris Express.

Dans ce contexte, la mise en œuvre du réseau de transport public du Grand Paris Express est donc une condition pour le succès d'un aménagement du territoire plus durable favorisant la densification de l'habitat et des activités autour des futures gares. Son impact sera d'autant plus grand que le nombre de gares desservies est important.

L'analyse des impacts montre qu'à l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express serait en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires franciliens permettant la préservation d'environ 16 000 hectares de l'urbanisation nouvelle comparativement au scénario de référence. A cela, il faut ajouter la préservation d'environ 2 000 hectares hors territoire régional, du fait des migrations vers l'Ile-de-France en situation de projet.

La densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares permettrait donc, en moyenne, la préservation d'environ 720 ha/an entre 2005 et 2030, par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express. La consommation actuelle d'espaces naturels au profit de l'urbanisation étant estimée à 1 680 ha/an (SDRIF 2012), le programme du Grand Paris Express permettrait une réduction de l'étalement urbain d'environ 43%.

Parallèlement, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possible par le projet permettraient d'éviter la construction d'approximativement 4 000 km de VRD comparativement au scénario de référence d'ici à l'horizon 2030.

### *3.2.14.2 Mesures d'accompagnement*

A lui seul, le Grand Paris Express ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés ci-avant seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (échappant aux compétences du maître d'ouvrage) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc nécessaire d'intégrer le projet dans un véritable programme d'aménagement du territoire volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de la population et de l'emploi ;
- créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;
- assurer un développement urbain respectueux de l'environnement et conforme aux objectifs du Grenelle de l'Environnement.

Dans cette optique, les Contrats de Développement Territorial (CDT) constituent aujourd'hui des outils opérationnels clefs. Pour rappel, les CDT ont pour vocation de constituer un outil à disposition des communes afin qu'elles soient en mesure d'anticiper et de répondre au mieux aux besoins des populations et des emplois à venir. Via les CDT, les collectivités territoriales s'associeront à l'Etat afin d'élaborer et de mettre un œuvre un projet ambitieux pour leur territoire en termes d'urbanisme, d'économie, de transport et d'environnement.

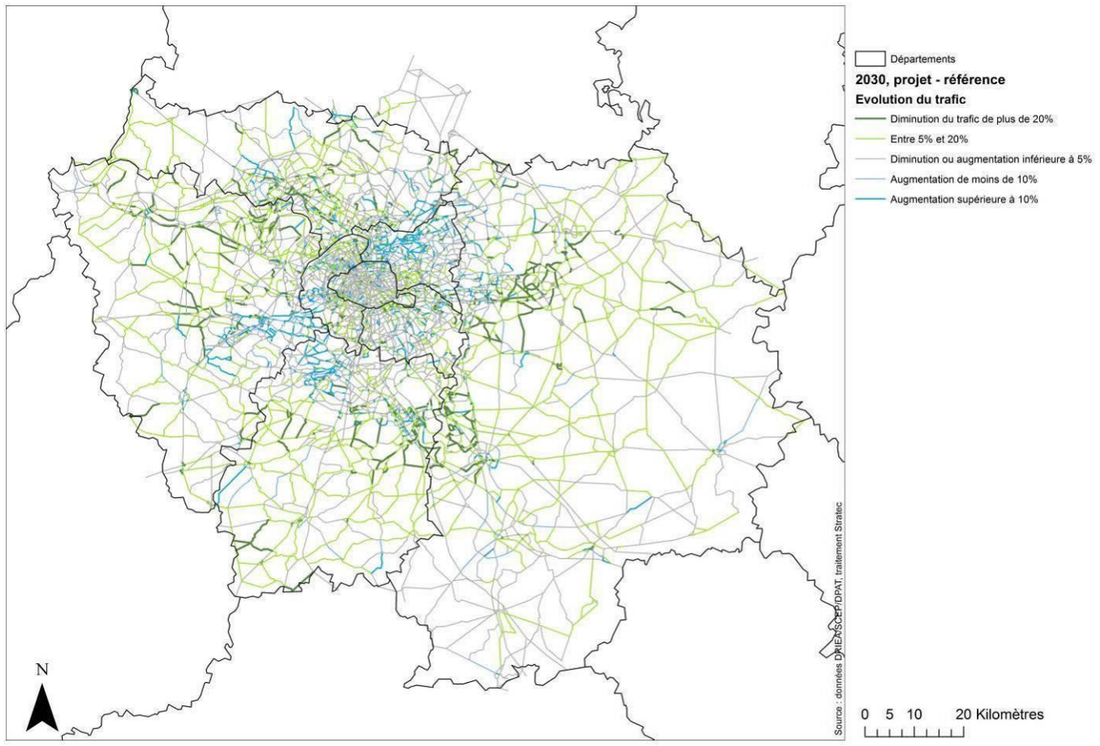
## 3.2.15 La mobilité francilienne

### *3.2.15.1 Impacts du Grand Paris Express*

L'augmentation de la demande en transport public d'ici 2030 sera généralisée en Ile-de-France, mais elle sera particulièrement marquée sur les relations de périphérie à périphérie. Un transport efficace tel que le métro automatique permettra d'absorber cette demande et d'attirer de nouveaux voyageurs du mode routier, réduisant ainsi la longueur d'axes congestionnés[33] sur le réseau routier (-90 kilomètres à l'horizon 2030, soit -3,6 % par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express).

La fréquentation prévisionnelle du réseau Grand Paris Express est estimée entre 265 000 et 300 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin, à l'horizon cible 2030.

Le potentiel de report modal vers les transports publics restera élevé même après la mise en œuvre du projet. Il est donc essentiel d'accompagner le déploiement du métro automatique par des mesures en faveur du report modal et d'intervenir pour maîtriser l'aménagement, notamment autour des gares. Par ailleurs, là où la capacité des axes routiers le permet et lorsque les études auront démontré la pertinence de tels équipements (notamment leur absence de concurrence avec le réseau de transports en commun de surface), des parkings relais pourront être construits, afin de faciliter le report modal de la voiture vers les transports publics.




**Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)**

La mise en service du métro automatique permettra également de soulager les réseaux de transports en commun ferrés existants fortement saturés, notamment les lignes de RER. Le réseau Grand Paris Express offrira une amélioration considérable du maillage du réseau existant. Sur l'ensemble des gares du nouveau réseau, près de 80% offriront une correspondance avec un mode structurant. Ces nouvelles gares seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et rapides, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité.

### *3.2.15.2 Mesures d'accompagnement*

Par les avantages qu'il confère aux utilisateurs, le Grand Paris Express permettra un report modal de la voiture vers les transports en commun. Ce report modal sera d'autant plus grand que des mesures seront prises pour favoriser l'utilisation des transports en commun.

La plupart de ces mesures sont du ressort des pouvoirs publics et doivent être pensées de manière stratégique à l'échelle régionale, puis transcrites de manière opérationnelle à l'échelle locale.

Parmi les mesures influençant directement l'utilisation des véhicules particuliers, la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain seraient particulièrement influentes. Ces mesures rendent l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords des gares afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et, ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares.

Le réseau Grand Paris Express améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

[33] *A plus de 80%*

### 3.2.16 Les nuisances sonores

Les incidences du programme d'aménagement du réseau de transport du Grand Paris ont été nécessairement analysées au travers des deux phases chantier et exploitation.

Les nuisances sonores durant les chantiers du Grand Paris Express seront similaires à celles de la Ligne 15 Sud mis à part qu'elles seront davantage réparties dans le temps (2015-2030) et dans l'espace (répartition relativement uniforme sur les 205 km du Grand Paris Express). Elles seront donc essentiellement liées aux engins de chantier (mobiles ou présents en permanence), aux outils et équipements de chantier, aux transports de matériel et aux travaux bruyants. Les bruits causés par les éclats de voix, les sirènes de recul et les bruits de chargements/déchargements des matériaux.

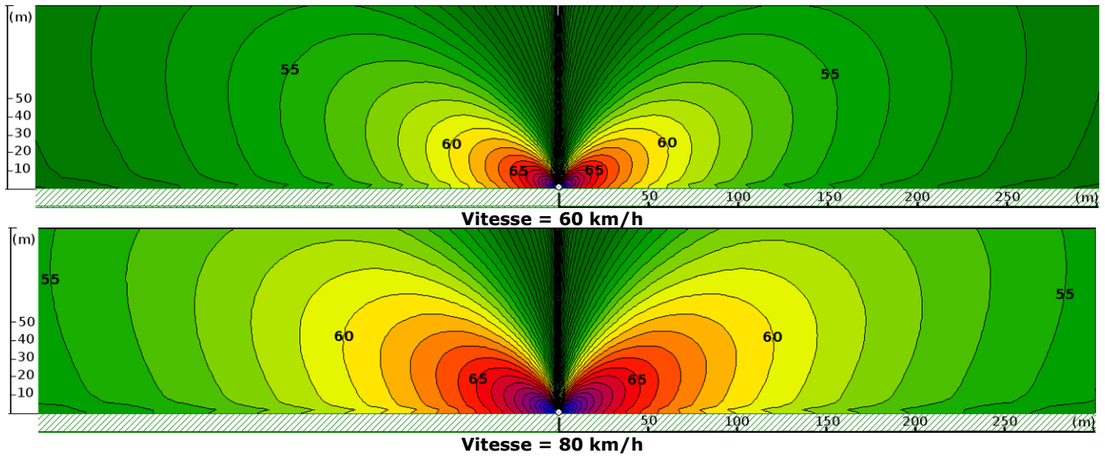
Durant la phase d'exploitation des lignes, les incidences du projet s'entendent principalement suivant deux aspects :

- **L'impact direct lié à la circulation du matériel roulant** et donc principalement des émissions sonores des roues sur les rails (ou des pneus sur les supports de roulement),

  Les impacts seront très peu perceptibles sur la majorité du tracé du Grand Paris Express dans les sections où le programme s'inscrit en souterrain. Les principales émissions sonores sur ces sections correspondront au bruit en sortie des ouvrages annexes.

  Aussi les impacts directs les plus forts d'identifieront au niveau des sections en viaduc, à savoir sur la Ligne 17 et 18, où la densité d'habitats est plus faible (secteurs de Saclay et de Gonesse). Les résultats d'une première évaluation des impacts sonores du métro sur les sections extérieures de plein pied sont présentés dans la figure ci-dessous.

**Résultats de la modélisation d'une ligne de métro au sol à l'heure de pointe le matin**




**Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h – 30 à 32 métros/heure – insertion au sol**

Les résultats présentés ci-dessus, montrent que la vitesse du métro est un paramètre influant sur le niveau de bruit généré avec des distances aux isophones pour 80km/h proches du double de celles calculées pour la vitesse de 60 km/h. soit une largeur des secteurs affectée par le bruit 2 fois plus grande.

Les distances pour les courbes isophones, à 2m de hauteur, pour une configuration de voie au sol, sans aucun obstacle et pour une vitesse moyenne de 60km/h sont les suivantes :

**Distances en mètres par rapport aux voies de métro pour atteindre les isophones Laeq (1h) 65, 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et le trafic métro prévisible en heure de pointe le matin et la nuit –récepteurs à 2m de hauteur**

| Ligne de métro au sol | nbre métro/h | isophones calculés pour une vitesse de 60km/h - insertion au sol | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 65 dB(A) | 60 dB(A) | 55 dB(A) | 50 dB(A) | 45 dB(A) | 40 dB(A) |
| Heure de pointe le matin | 30 à 32 | 19 | 49 | 122 | 290 | 610 | 1069 |

Pour rappel, la réglementation française en matière de nouvelle infrastructure ferroviaire prévoit que les niveaux sonores maximums (i) pour les logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée, écoles et établissements de soins de santé sont de 60 dB(A) le jour (6-22h) et 55 dB(A) la nuit (22-6h) et (ii) pour les autres logements et bureaux sont de 65 dB(A) le jour (6-22h) et 60 dB(A) la nuit (22-6h).

Pour une propagation en champs libre, sur un terrain plat sans obstacle et avec un sol réverbérant, les résultats révèlent que :

- Pour atteindre le critère de 65 dB(A) applicable de jour pour des zones d'autres logements et/ou de bureaux la distance minimum par rapport à la voie de métro en insertion au sol est de 19 m.
- Pour atteindre le critère de 60 dB(A) applicable de jour pour les logements à ambiance préexistante modérée et les établissements d'enseignement ou de soins, la distance minimum par rapport à la voie en insertion au sol est de 49 m selon le trafic prévu.

- **L'impact indirect lié à l'effet du report modal** sur le volume de véhicules empruntant quotidiennement les axes du réseau viaire ou aux activités développée au sein des gares.

  Bien que l'effet du Grand Paris Express sur le report modal soit sensiblement plus important que celui de la Ligne 15 Sud uniquement, les variations induites par le projet resteront relativement faibles par rapport à un impact potentiel sur les niveaux sonores. Pour rappel, l'oreille ne perçoit que les modifications sonores inférieures à un décibels, ce qui correspond à une réduction de trafic de l'ordre de 25%. Les diminutions de trafic souvent de l'ordre de quelques pourcents ne seront donc pas suffisamment importantes pour faire varier les niveaux sonores générés par le trafic routier de manière significative.

  Aussi, il semble que les impacts indirects les plus importants seront observés à une échelle locale avec un report de trafic routier plus conséquent qu'à l'échelle de la Région où l'impact sur le bruit routier est quasi-nul.

  L'implantation des gares sera donc un facteur important dans le report modal et la variation du trafic routier à proximité des gares mais aussi en raison de l'afflux de piétons et de la densification potentiel qu'elles induiront. Les impacts les plus importants seront à prévoir:

- Dans les zones urbaines ou semi-urbaines où aucune gare ni zone commerciale n'est implantée,
- Dans les zones de coupures entre deux zones urbaines,
- Dans les zones situées à proximité d'espaces verts si le développement de la gare est associé à une urbanisation importante de la zone.

#### *3.2.16.1 Mesures d'accompagnement*

En phase chantier, de manière générale :

- Le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier,
- Le personnel sera formé et sensibilisé aux nuisances sonores potentielles des chantiers,
- Une bonne localisation des sources de bruit et de la zone de livraison pourra permettre une réduction significative de la perception des nuisances sonores. Ce point nécessite cependant une analyse ciblée sur le base d'éléments de projet plus aboutis.
- Enfin la planification des tâches et l'information des riverains seront des outils essentiels pour limiter la gêne sonore ressentie par les riverains.

En phase d'exploitation, les mesures mise en œuvre à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris s'articulent autour des facteurs suivants :

- Les mesures dites « à l'émission » :
  - Recherche de matériel roulant efficace (blocs moteurs silencieux, freins composites, usage de pneumatiques…) et de technologies moins émettrices de bruit (pose de rails anti-vibratoires…), et entretien régulier des équipements (rails et roues),
  - Limitation des vitesses maximales autorisées pour le matériel roulant,
  - Définition de plans de circulation prenant en compte la dimension « bruit » et limitant notamment les vitesses sur certains axes en zones calmes.
- Les mesures liées « à la propagation des ondes » :
  - Respect de distances minimales entre l'infrastructure et les bâtis dans les études de conception.
  - Définition et mise en place des écrans de protections sonores lorsque les distances ne permettent pas de réduire suffisamment le bruit.

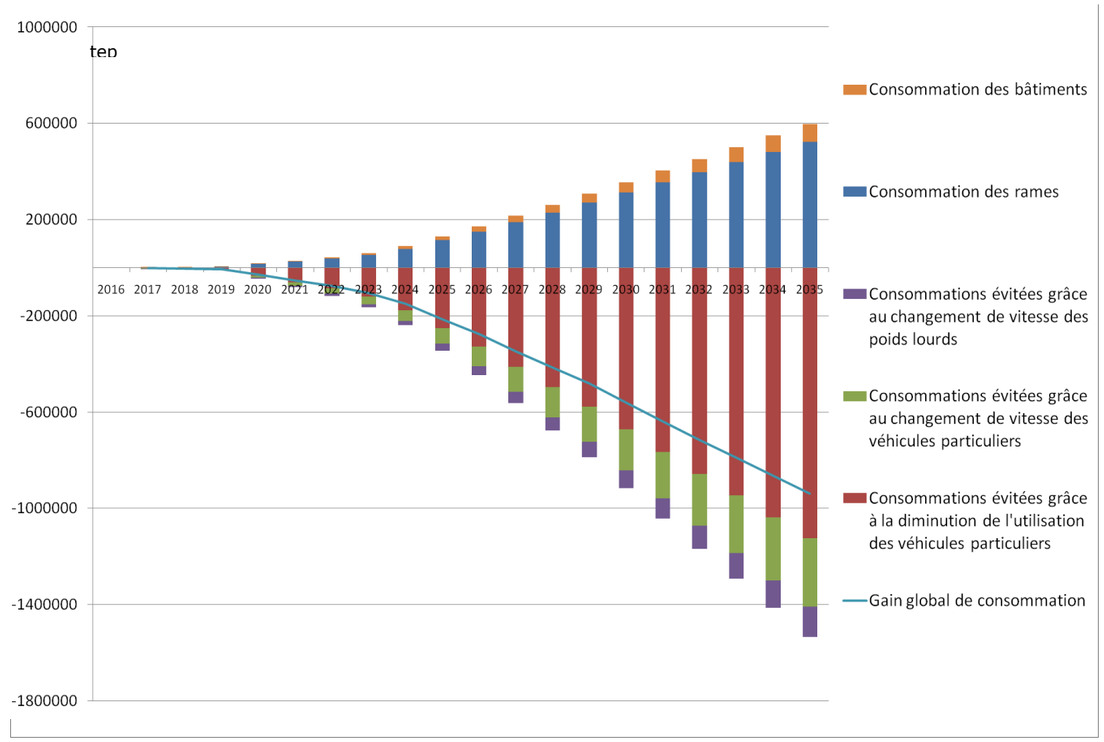
### 3.2.17 Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre

#### *3.2.17.1 Impacts du Grand Paris Express*

**Consommations énergétiques**

Le bilan énergétique du réseau de transport du Grand Paris Express révèle que les diminutions de consommation du trafic routier induites par la mise en service du métro compensent largement les consommations énergétiques du métro (traction et bâtiments). Le projet permet donc de réduire les consommations énergétiques et diminuer la dépendance aux énergies fossiles. La diminution cumulée de la consommation du trafic routier engendrée grâce au projet est estimée à -937 000 tep à l'horizon 2035 selon les hypothèses considérées.

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis les premières mises en service du réseau Grand Paris Express jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. Le bilan énergétique global s'avère particulièrement positif dès la mise en service des premières lignes du réseau. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.



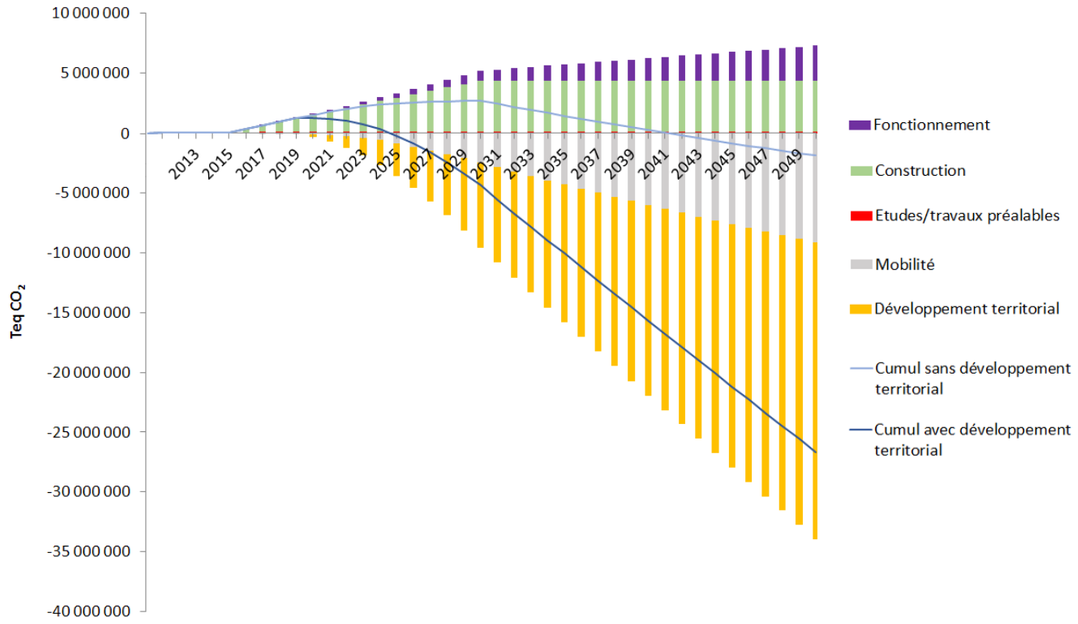

**Consommations énergétiques cumulées par poste**

**Emissions de gaz à effet de serre**

Le bilan des émissions de GES de l'ensemble du réseau Grand Paris Express démontre l'utilité du projet, notamment grâce aux émissions liées au trafic routier que le projet permet d'éviter et qui compensent les émissions induites par la construction et le fonctionnement de l'infrastructure. Les résultats soulignent également l'importance des émissions qui pourront être évitées au niveau du développement territorial grâce à l'amélioration du bâti et à la densification des zones urbaines.

Les émissions de gaz à effet de serre ont été calculées pour l'ensemble des phases du projet, de la construction jusqu'à l'exploitation. Ces émissions concernent donc les études préalables à la réalisation du projet, la construction de l'infrastructure (4 226 000 téq$CO_2$) et l'exploitation du métro (107 000 téq$CO_2$ par an). Celles-ci sont toutefois largement compensées par les émissions évitées grâce à la mobilité et au développement territorial permises par le programme.

Comme le montre la figure suivante, les émissions évitées seront égales aux émissions induites aux alentours de 2040 sans prendre en compte les gains liés au développement territorial, et aux alentours de 2026 avec les gains liés au développement territorial. A l'horizon 2050, le poste le plus important est ainsi de loin celui lié au développement territorial. Les postes de construction et de fonctionnement seront approximativement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement territorial permettront au projet d'avoir réduit les émissions cumulées de GES de 24 800 000 téq $CO_2$ à l'horizon 2050.




**Cumul des émissions de GES (en téq $CO_2$) suite à la mise en service progressive de l'ensemble du réseau.**

Bien que ces diminutions soient non négligeables, elles ne correspondent qu'à une petite partie de l'effort global à réaliser (objectif de -75% des émissions entre 1990 et 2050). En effet, la réduction des émissions liées au trafic routier engendrées par le projet (-385 000 téq/an à l'horizon 2030) correspond à une diminution d'environ -2,1% des émissions totales issues du trafic routier en Ile-de-France en 2005 (18 000 000 téq$CO_2$). Concernant le développement territorial, la réduction des émissions de GES induite par le projet de -885 500téq $CO_2$ à l'horizon 2050 correspond à environ -3,4% des émissions totales des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France en 2005 (26 000 000 téq$CO_2$).

Le programme Grand Paris Express contribue donc de manière significative à la réduction des émissions de GES mais ne constitue qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommation énergétiques.

### *3.2.17.2 Mesures d'optimisation*

**Utilisation d'énergies renouvelables**

En ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des énergies renouvelables est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles.

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Réseau de Transport du Grand Paris ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir de ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreinte, énergie géothermique limitée, etc.), il sera cependant intéressant d'envisager les opportunités de production d'énergie renouvelable ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

**Mobilité : report modal vers les transports en commun**

Toutes les mesures encourageant un report modal de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet.

**Développement territorial**

Le développement territorial nouveau induit par le programme Grand Paris Express est responsable d'une grande quantité d'émissions de $CO_2$ potentiellement évitées. Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares. Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « occupation du sol ». De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES sont les suivantes :

- Limiter l'étalement urbain en préservant le plus possible les espaces vierges de la construction nouvelle et en définissant les périmètres d'urbanisation dans le tissu urbain existant ;
- Définir des Coefficient d'Occupation du Sol (COS) adaptés à l'accessibilité des zones en transport en commun ;
- Promouvoir une mixité fonctionnelle et urbaine adaptée à ce même indicateur d'accessibilité ;
- Définir l'affectation future des périmètres d'aménagement en fonction de l'accessibilité des terrains qui s'y situent ;
- Inciter à l'augmentation des programmes de démolitions/reconstruction et de constructions pour augmenter le taux de renouvellement du parc bâti ;
- Définir des règles de construction favorisant des taux de mitoyenneté importants ;
- Promouvoir des programmes de construction d'immeubles collectifs au détriment de maisons individuelles ;

- Définir des objectifs de performance énergétique à atteindre pour les futurs programmes de construction/rénovation allant au-delà des exigences réglementaires en vigueur, par exemple en promouvant la certification environnementale des nouveaux bâtiments ;
- Inciter les communes à l'instauration d'incitations financières (primes, prêts à taux intéressants, etc.) afin d'encourager les particuliers à engager des travaux énergétiques dans les bâtiments ;
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau locale, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

## 3.2.18 La qualité de l'air et la santé

### *3.2.18.1 Impacts concernant la qualité de l'air*

Grâce à une diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers et une fluidification du trafic, le réseau Grand Paris Express engendrera à l'horizon 2030 une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence.

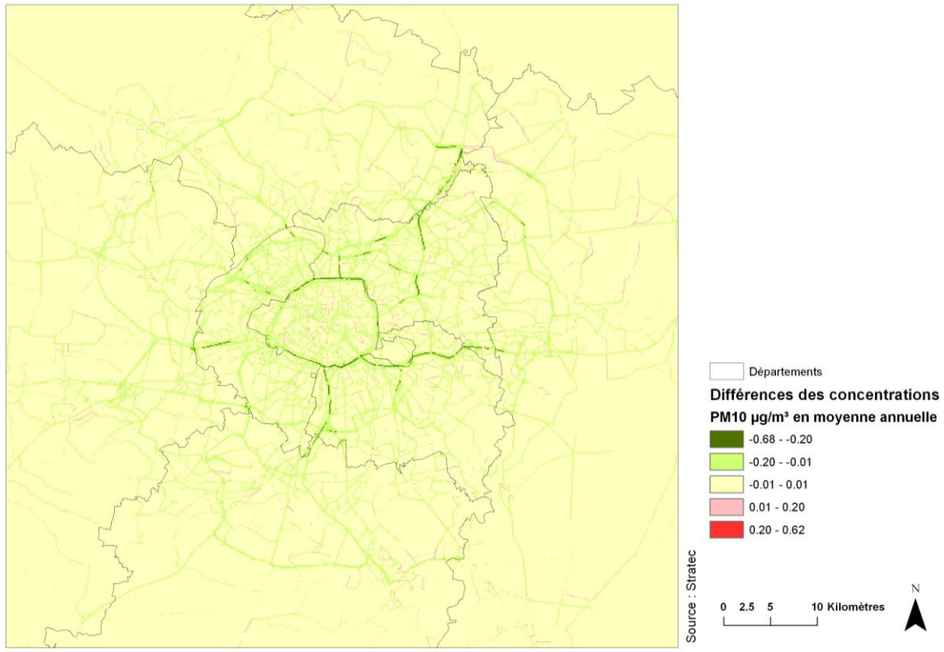
**Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, $SO_2$, Nickel et Cadmium.**

| Horizon 2030 | $PM_{10}$ | $NO_x$ | CO | COVNM | benzène | $SO_2$ | Ni | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | t/an | t/an | t/an | t/an | t/an | t/an | kg/an | kg/an |
| projet - référence | -38 | -254 | -499 | -99 | -6 | 0 | -4 | -1 |
| réduction des émissions par rapport à la référence (%) | -3% | -3% | -2% | -3% | -3% | 0 | -3% | -3% |

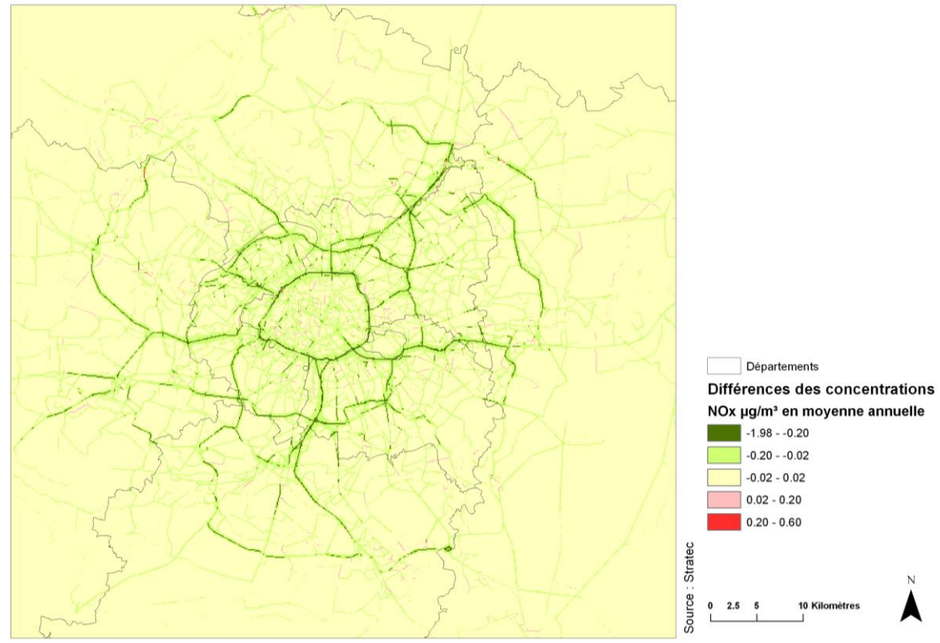
Ces variations sont non négligeables, mais relativement faibles par rapport aux diminutions qui devraient être réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

Le Grand Paris Express permettra néanmoins une réduction des émissions de particules fines issues du trafic routier et d'oxydes d'azote.

La diminution des émissions et des concentrations en polluants sera directement liée au trafic routier et donc localisée sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet. Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de $PM_{10}$ et $NO_2$ entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030.




**Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour les $PM_{10}$**




**Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour le $NO_2$**

Comme illustré, l'impact du réseau Grand Paris Express sur les concentrations de particules fines est généralement positif avec une réduction des concentrations le long de nombreux axes routiers. Les concentrations d'oxydes d'azote subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers.

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs du métro représente également un enjeu important, car plusieurs études ont montré que les concentrations en particules fines dans les enceintes ferroviaires souterraines sont souvent supérieures qu'à l'extérieur. L'analyse des risques révèle cependant que ceux-ci sont modérés. Des mesures de réduction seront néanmoins mises en place pour limiter au maximum les concentrations en particules fines et les concentrations seront suivies au cours du temps afin d'éviter tout risque pour la santé des utilisateurs.

### *3.2.18.2 Mesures d'accompagnement concernant la qualité de l'air*

Les mesures pouvant être mises en œuvre à l'échelle du réseau Grand Paris Express concernent :

- L'incitation au report modal vers les transports en commun :

  L'impact du Grand Paris Express sur la qualité de l'air étant directement lié au report modal qu'il induit de la voiture particulière vers les transports en commun, toutes les mesures incitant à l'utilisation des transports en commun au détriment des véhicules particuliers devraient donc entraîner une augmentation du report modal et par conséquent provoquer une amélioration supplémentaire de la qualité de l'air.

- La limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames :

  Les concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares et des tunnels peuvent être élevées et présenter un risque potentiel pour la santé des usagers. Dans le but d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France recommande :

  - De réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
  - D'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
  - D'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
  - De poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

### *3.2.18.3 Impacts concernant la sécurité routière*

L'impact de l'infrastructure sur les accidents de la route étant directement lié aux diminutions de trafic, la mise en service de l'ensemble du Grand Paris Express devrait permettre de réduire sensiblement les accidents de la route. Il faut rappeler cependant que les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels, ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent, mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêche les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

Sur base de la même méthodologie que celle appliquée à la Ligne 15 Sud, les impacts de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 ont été évalués.

**Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de l'ensemble du réseau Grand Paris Express en 2030**

| | | |
|---|---|---|
| Nombre évité avec la mise en service de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030 | Nombre d'accidents évités | 185 |
| | Nombre de blessés légers évités | 172 |
| | Nombre de blessés graves évités | 65 |
| | Tués évités | 4 |

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express permettrait d'éviter 185 accidents, 172 blessés légers, 65 blessés graves et 4 tués.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée des lignes constituant le réseau du Grand Paris Express.

# 4. Synthèse des impacts et des mesures associées

## 4.1 Synthèse des impacts et mesures en réponse aux enjeux localisés

Les impacts et mesures en phase d'exploitation sont principalement des éléments à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 15 Sud, par exemple pour la qualité de l'air, ou sont similaires pour l'ensemble des ouvrages au niveau d'une synthèse,

Les éléments en phase chantier comportent beaucoup plus de caractéristiques spécifiques et d'éléments spécifiques pour chaque ouvrage. Cela justifie une représentation spatiale sous forme de carte.

Cette synthèse est organisée selon la structure suivante :

- Synthèse des impacts et des mesures génériques du projet de Ligne 15 Sud en phase exploitation : ces éléments se retrouvent au niveau de tous les ouvrages ou à l'échelle de la ligne : ces éléments sont présentés sous forme de tableau ci-dessous.

- Synthèse des impacts et mesures spécifiques en phase chantier : ces éléments sont présentés sous forme de cartes ci-dessous.

**Synthèse des impacts et des mesures génériques du projet de Ligne 15 Sud du Grand Paris Express en phase exploitation**

| Thématique | Impacts génériques | Mesures génériques |
|---|---|---|
| **Vibrations** | Risque d'instabilité des sols et perturbation d'établissements sensibles | Poursuite des modélisations prédictives pour évaluer les sensibilités |
| | | Mise en place d'un système de mesure pour suivi au droit des ouvrages et bâtiments sensibles |
| | | Modification du tracé en plan et/ou du profil en long |
| | | Confortement par injection de béton pour ouvrages très sensibles |
| **Risques technologiques** | Interception de 33 ICPE et 2 Sites Seveso par le fuseau d'étude | Information, formation du personnel |
| | | Suivi dans le temps, entretien des engins de chantier |
| **Occupation du sous-sol** | Interaction avec de nombreux réseaux, infrastructures de transport, et fondations de bâtiments | Ajustement du profil en long |
| | | Gestion particulière du tunnelier (guidage, vitesse, etc.) |
| | | Confortement des terrains |
| | | Dévoiement |
| | | Indemnisation liée aux travaux nécessaires et/ou relogement |
| **Hydrogéologie** | Impacts sur la piézométrie | Construction du tunnel au tunnelier |
| | | Mise en œuvre de parois moulées presque systématiquement |
| | | Période de pompage de vidange des excavations la plus courte possible |
| | | Suivi piézométrique depuis le début du chantier |
| | Impact sur la qualité des eaux souterraines | Forages et travaux souterrains selon normes en vigueur |
| **Géologie** | Risques liés à la géologie – survenue des évènements à risques | Investigations sur les anciennes carrières |
| | | Etude de la vulnérabilité du bâti aux risques identifiés |
| | | Installation d'un système de mesure adapté et suivi depuis le début du chantier jusqu'à la mise en service |
| | | Adaptation des techniques constructives |
| **Eaux pluviales / Ruissellement** | Volumes pris à la crue par la présence d'un ouvrages en zone inondable | Respect des préconisations des PPRI |
| | | Restitution des volumes pris à la crue |
| | Augmentation du coefficient de ruissellement et pollution des eaux superficielles | Collecte et régulation des eaux pluviales |
| | | Traitement des eaux pluviales |
| | | Suivi des débits et de la qualité des eaux pluviales rejetées |

| Thématique | Impacts génériques | Mesures génériques |
|---|---|---|
| **Déblais** | Dégradation de la qualité de vie aux environs du chantier | Développement du transport fluvial et encouragement du transport ferroviaire |
| | Surcharge des centres de stockage | Limitation du stockage définitif des terres |
| | Déplacement de terres potentiellement pollués | Caractérisation de la qualité chimique des sols |
| **Mobilité** | Charroi généré par les chantiers | Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) |
| | Entrave des itinéraires routiers, piétons ou cyclistes | Déviation des itinéraires et information adéquate des usagers |
| **Population, emplois et occupation du sol** | Consommation temporaire d'espaces pour la mise en œuvre des chantiers | Limitation de l'emprise des chantiers et suivi. Remise en état à la fin du chantier des espaces occupés temporairement |
| **Santé** | Emissions de polluants atmosphériques par le chantier (charroi, manutention des matériaux pulvérulents, etc.) | Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) et bonnes pratiques de chantiers |
| **Bruit** | Bruit des chantiers sur les riverains, zones calmes, établissements scolaires ou de santé | Méthodes constructives de parois moulées |
| | | Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux |
| | | Adaptation de l'organisation des zones de chantier |
| | | Mise en place de supports de communication adaptés |
| | | Pour les chantiers les plus sensibles, mise en place de panneaux antibruits autour des chantiers ou des sources les plus bruyantes |
| **Faune, flore et continuités** | Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces | Adaptation du calendrier de travaux (défrichement hors période de reproduction) |
| **Toutes thématiques** | - | Mesures de suivi en phase chantier (suivi par un écologue, monitoring du bruit, etc.) |

## Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Ile de Monsieur – OA Pierre Plate

**ILE DE MONSIEUR**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Impacts visuels sur l'ensemble paysager et patrimonial Ile de Monsieur, parc de Saint Cloud et monuments historiques proches | Insertion paysagère du chantier par écrans visuels<br>Procédure spéciale (sites classés et monuments historiques) |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |
| Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier | Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Bruits de chantier à proximité du parc nautique | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores et transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Dégradation de frayères et de zones humides | Compensation de frayères et zones humides |

**PONT DE SEVRES**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interception de canalisations (GRT Gaz, IDEX, SIAAP, RTE) | Gestion particulière du tunnelier et dévoiement des canalisations |
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |
| Impactant du lit mineur de la Seine | Modélisation de l'écoulement de la Seine et optimisation de la forme de l'ouvrage |
| Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier | Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Dégradation de frayères et de zones humides | Compensation de frayères et zones humides |

**ISSY RER**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interaction avec les fondations du viaduc du RER C | Confortement des terrains |
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Impacts potentiels du chantier sur la circulation routière. | Planification, mise en place de déviations d'itinéraires |
| Bruits du chantier à proximité des riverains | Chantier réalisé en tranchée couverte |

**FORT D'ISSY – VANVES - CLAMART**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles |
| Evacuation d'une quantité importante de déblais | Transport ferroviaire permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Bruits de chantier à proximité des habitats calmes | Chantier réalisé en tranchée couverte et sous dalle, utilisation du transport ferroviaire pour limiter le charroi lié au chantier |

**PIERRE PLATE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier à proximité des habitations | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**ZAC SAEM**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |

**PLACE DE LA RESISTANCE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interception d'une canalisation GRT Gaz | Dévoiement des canalisations |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |

**PARC HENRI BARBUSSE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles |
| Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité des riverains | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**SQUARE MALLERET JOINVILLE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité de l'école Henri Barbusse | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**FORT DE VANVES / J. MERMOZ**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier à proximité des habitats calmes | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |
| Déboisement | Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement) |

**CHATILLON - MONTROUGE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |

**CIMETIERE PARISIEN**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier à proximité de zones calmes | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

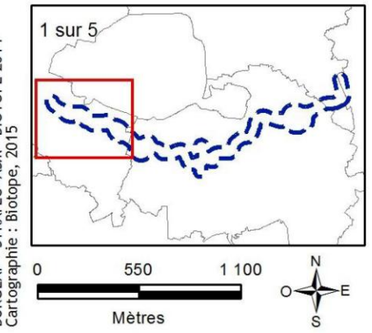
**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

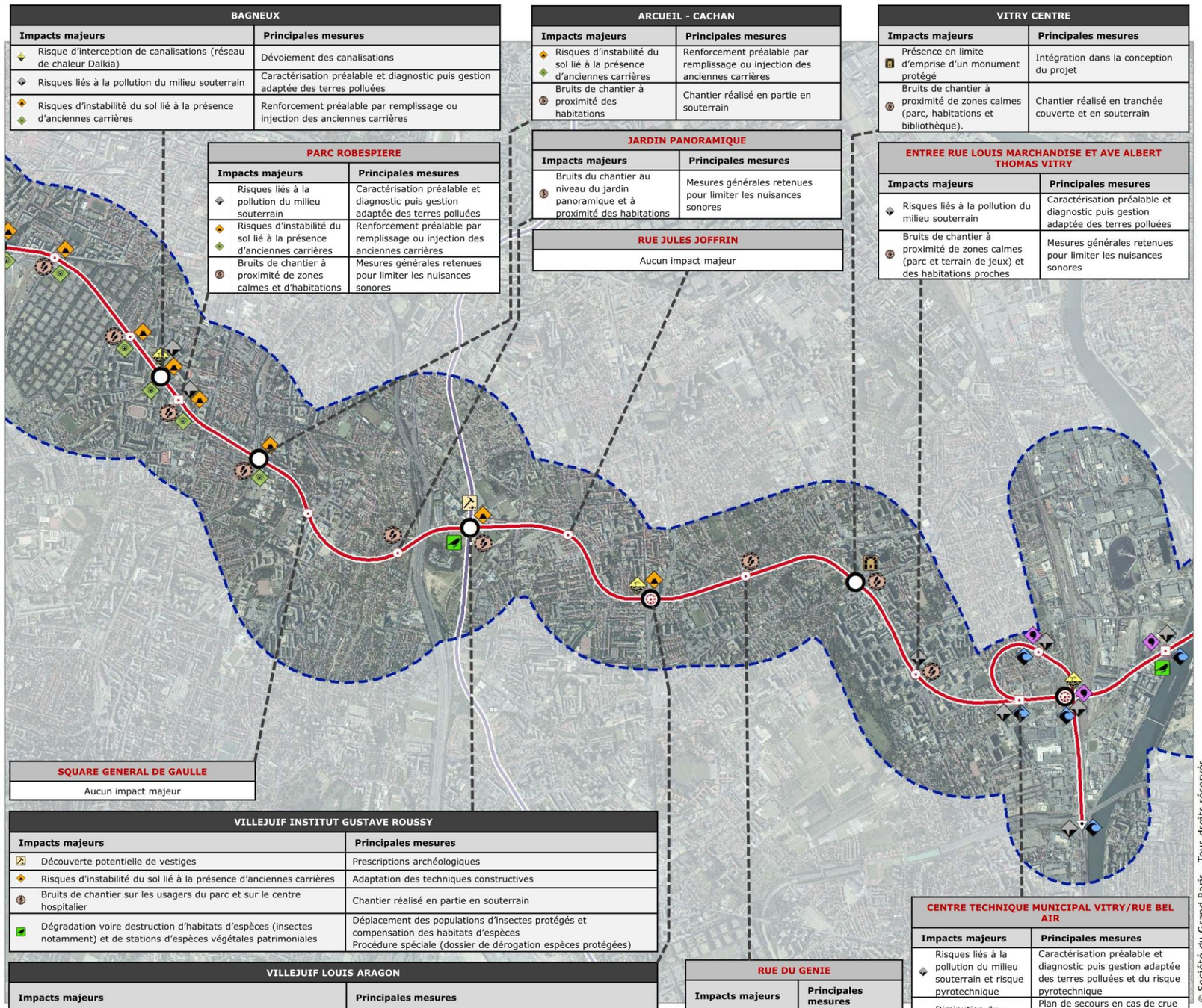
**Thématique**

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

## Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section Gare de Bagneux – OA Centre Technique Municipal



**BAGNEUX**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interception de canalisations (réseau de chaleur Dalkia) | Dévoiement des canalisations |
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |

**PARC ROBESPIERE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier à proximité de zones calmes et d'habitations | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**ARCUEIL - CACHAN**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières |
| Bruits de chantier à proximité des habitations | Chantier réalisé en partie en souterrain |

**JARDIN PANORAMIQUE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits du chantier au niveau du jardin panoramique et à proximité des habitations | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**RUE JULES JOFFRIN**

Aucun impact majeur

**VITRY CENTRE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Présence en limite d'emprise d'un monument protégé | Intégration dans la conception du projet |
| Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc, habitations et bibliothèque). | Chantier réalisé en tranchée couverte et en souterrain |

**ENTREE RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc et terrain de jeux) et des habitations proches | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**SQUARE GENERAL DE GAULLE**

Aucun impact majeur

**VILLEJUIF INSTITUT GUSTAVE ROUSSY**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Découverte potentielle de vestiges | Prescriptions archéologiques |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Adaptation des techniques constructives |
| Bruits de chantier sur les usagers du parc et sur le centre hospitalier | Chantier réalisé en partie en souterrain |
| Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales | Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces<br>Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées) |

**VILLEJUIF LOUIS ARAGON**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interception du tunnel du métro 7 | Gestion particulière du tunnelier |
| Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières | Adaptation des techniques constructives |

**RUE DU GENIE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits de chantier à proximité des habitats | Chantier réalisé en tranchée couverte |

**CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |

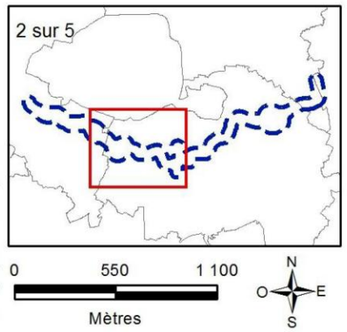
**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

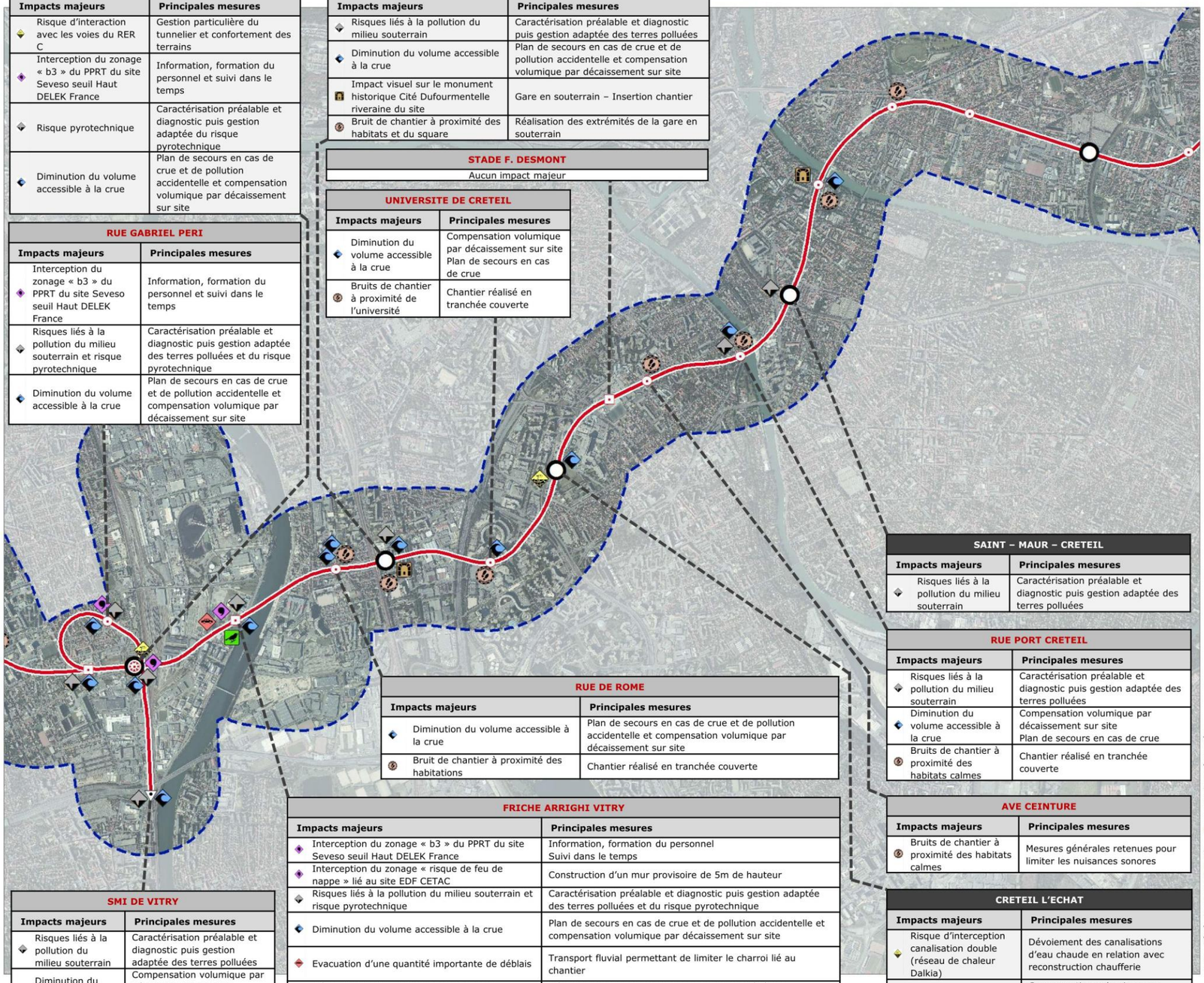
**Thématique**

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

## Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Gare des Ardoines – Gare Saint-Maur Créteil



**ARDOINES**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interaction avec les voies du RER C | Gestion particulière du tunnelier et confortement des terrains |
| Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France | Information, formation du personnel et suivi dans le temps |
| Risque pyrotechnique | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée du risque pyrotechnique |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |

**RUE GABRIEL PERI**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France | Information, formation du personnel et suivi dans le temps |
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |

**LE VERT DE MAISONS**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |
| Impact visuel sur le monument historique Cité Dufourmentelle riveraine du site | Gare en souterrain – Insertion chantier |
| Bruit de chantier à proximité des habitats et du square | Réalisation des extrémités de la gare en souterrain |

**STADE F. DESMONT**

Aucun impact majeur

**UNIVERSITE DE CRETEIL**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Diminution du volume accessible à la crue | Compensation volumique par décaissement sur site<br>Plan de secours en cas de crue |
| Bruits de chantier à proximité de l'université | Chantier réalisé en tranchée couverte |

**RUE DE ROME**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |
| Bruit de chantier à proximité des habitations | Chantier réalisé en tranchée couverte |

**FRICHE ARRIGHI VITRY**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France | Information, formation du personnel<br>Suivi dans le temps |
| Interception du zonage « risque de feu de nappe » lié au site EDF CETAC | Construction d'un mur provisoire de 5m de hauteur |
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique |
| Diminution du volume accessible à la crue | Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site |
| Evacuation d'une quantité importante de déblais | Transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales | Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces<br>Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées) |

**SMI DE VITRY**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Diminution du volume accessible à la crue | Compensation volumique par décaissement sur site<br>Plan de secours en cas de crue |

**SAINT – MAUR – CRETEIL**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |

**RUE PORT CRETEIL**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Diminution du volume accessible à la crue | Compensation volumique par décaissement sur site<br>Plan de secours en cas de crue |
| Bruits de chantier à proximité des habitats calmes | Chantier réalisé en tranchée couverte |

**AVE CEINTURE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits de chantier à proximité des habitats calmes | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**CRETEIL L'ECHAT**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risque d'interception canalisation double (réseau de chaleur Dalkia) | Dévoiement des canalisations d'eau chaude en relation avec reconstruction chaufferie |
| Diminution du volume accessible à la crue | Compensation volumique par décaissement sur site<br>Plan de secours en cas de crue |

**Grand Paris Express**

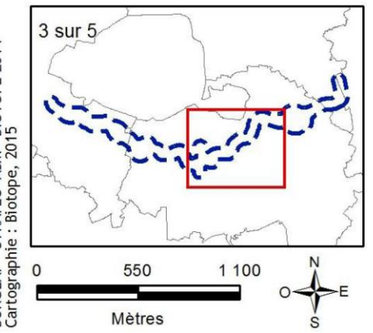
***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

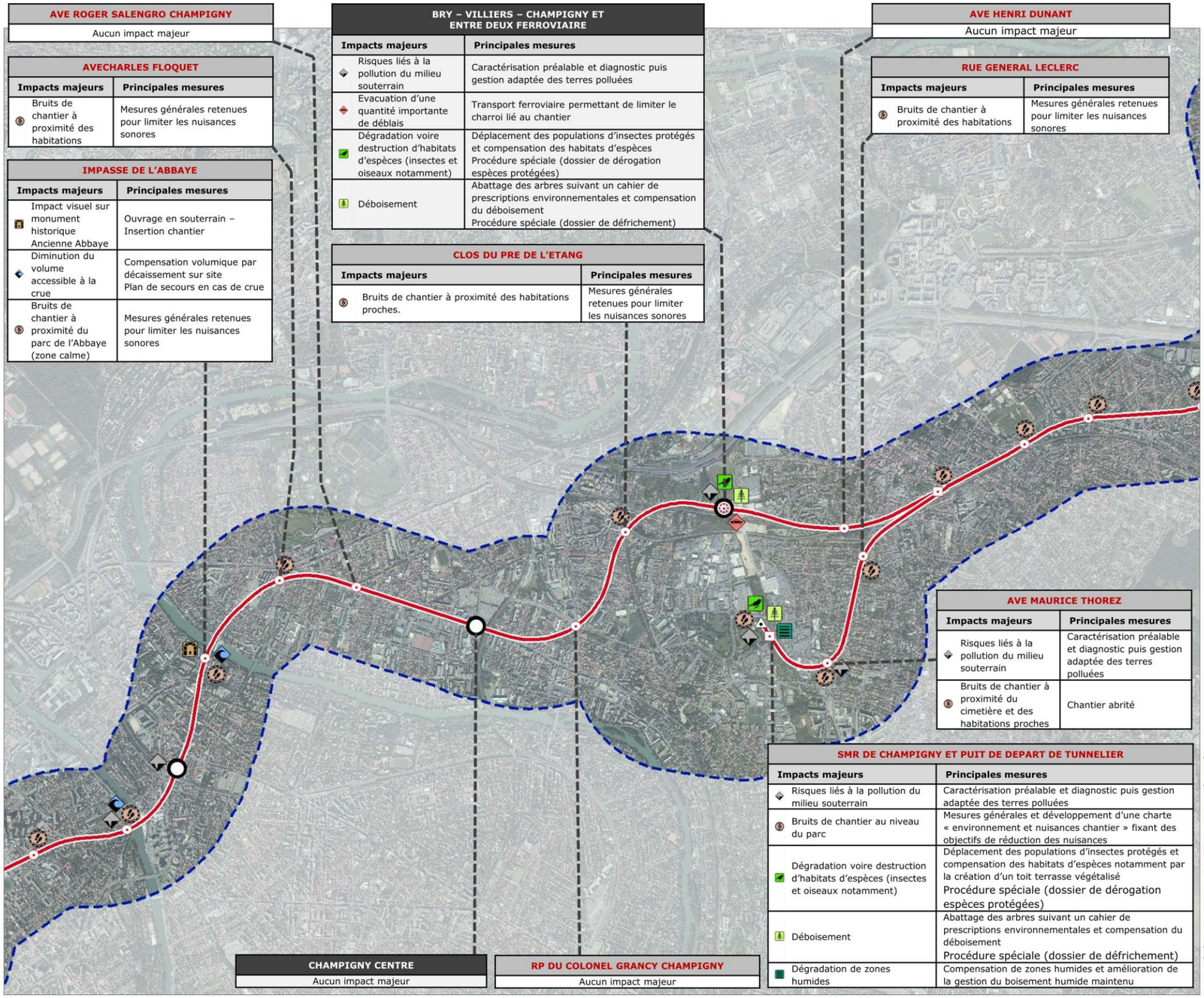
**Thématique**

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho© - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015



## Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Impasse de l'Abbaye – OA Avenue Henri Dunant



**AVE ROGER SALENGRO CHAMPIGNY**

Aucun impact majeur

**AVECHARLES FLOQUET**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits de chantier à proximité des habitations | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**IMPASSE DE L'ABBAYE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Impact visuel sur monument historique Ancienne Abbaye | Ouvrage en souterrain – Insertion chantier |
| Diminution du volume accessible à la crue | Compensation volumique par décaissement sur site<br>Plan de secours en cas de crue |
| Bruits de chantier à proximité du parc de l'Abbaye (zone calme) | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**BRY – VILLIERS – CHAMPIGNY ET ENTRE DEUX FERROVIAIRE**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Evacuation d'une quantité importante de déblais | Transport ferroviaire permettant de limiter le charroi lié au chantier |
| Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment) | Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces<br>Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées) |
| Déboisement | Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement<br>Procédure spéciale (dossier de défrichement) |

**CLOS DU PRE DE L'ETANG**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits de chantier à proximité des habitations proches. | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**AVE HENRI DUNANT**

Aucun impact majeur

**RUE GENERAL LECLERC**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Bruits de chantier à proximité des habitations | Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores |

**AVE MAURICE THOREZ**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Bruits de chantier à proximité du cimetière et des habitations proches | Chantier abrité |

**SMR DE CHAMPIGNY ET PUIT DE DEPART DE TUNNELIER**

| Impacts majeurs | Principales mesures |
|---|---|
| Risques liés à la pollution du milieu souterrain | Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées |
| Bruits de chantier au niveau du parc | Mesures générales et développement d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances |
| Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment) | Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces notamment par la création d'un toit terrasse végétalisé<br>Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées) |
| Déboisement | Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement<br>Procédure spéciale (dossier de défrichement) |
| Dégradation de zones humides | Compensation de zones humides et amélioration de la gestion du boisement humide maintenu |

**CHAMPIGNY CENTRE**

Aucun impact majeur

**RP DU COLONEL GRANCY CHAMPIGNY**

Aucun impact majeur

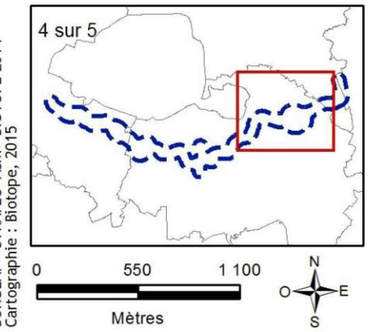
**Grand Paris Express**

***Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs***

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

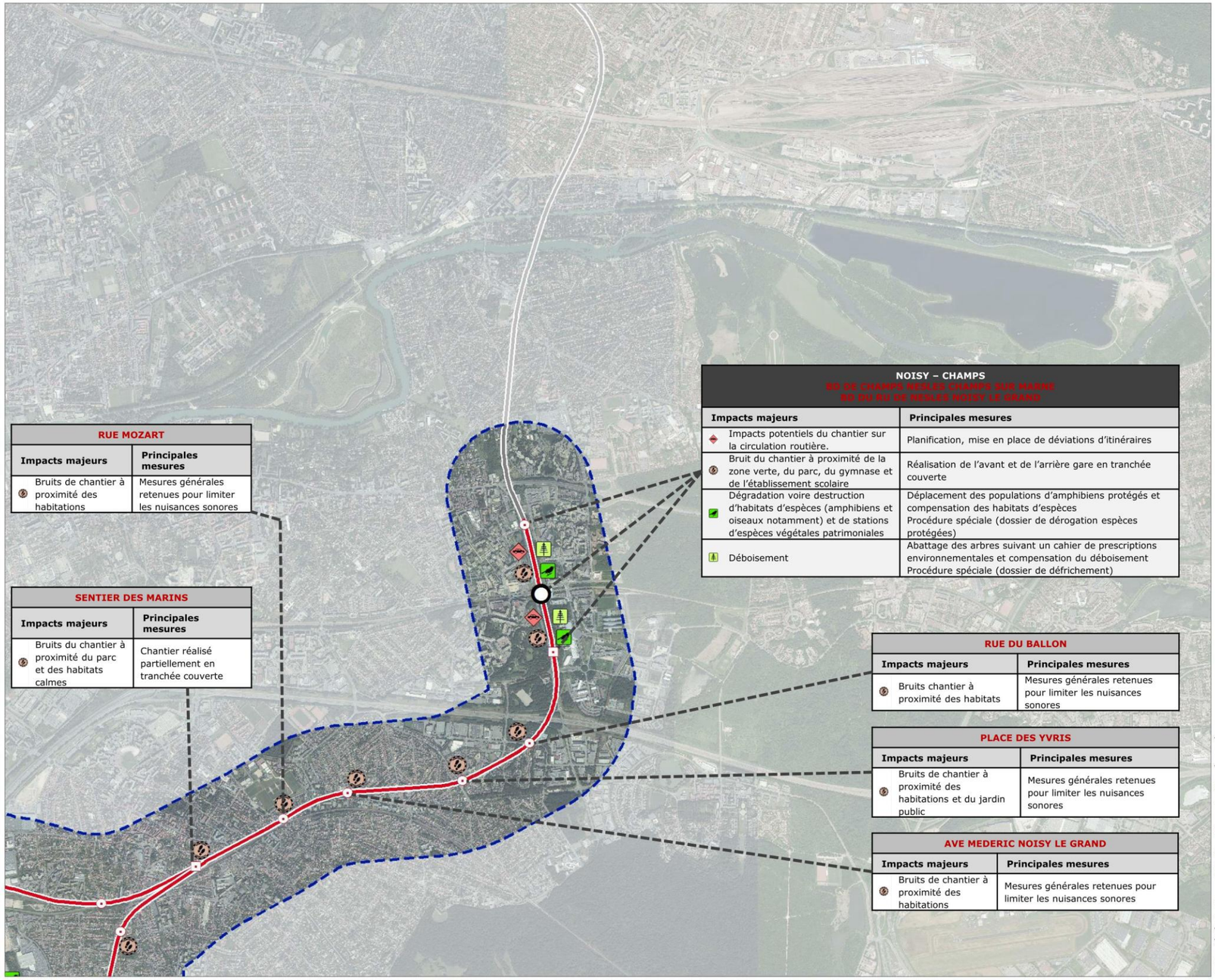
**Thématique**

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

## Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Sentier des marins – Gare de Noisy-Champs



## 4.2 Plan de Management Environnemental

La Société du Grand Paris, Maître d'Ouvrage du projet, a mis en œuvre un plan de management environnemental (PME) et une démarche d'écoconception de l'ensemble du projet pour les thématiques suivantes, en lien avec sa politique « Qualité-Sécurité-Environnement » (présentée en annexe) :

- Energie, Gaz à effet de serre,
- Déchets,
- Matériaux et équipements,
- Eau,
- Air et Santé,
- Acoustique, Vibrations, Electromagnétisme,
- Biodiversité,
- Insertion territoriale.

En phase étude, ce plan et cette démarche se présentent sous la forme des documents suivants :

- **un rapport d'écoconception** : ce document a pour objectif de mettre en lumière les opportunités étudiées, les impacts évités ou réduits afin d'améliorer la performance environnementale des ouvrages,

- **une charte environnement des chantiers** : ce document à pour objectif de définir des mesures génériques applicables à tous les chantiers SGP,

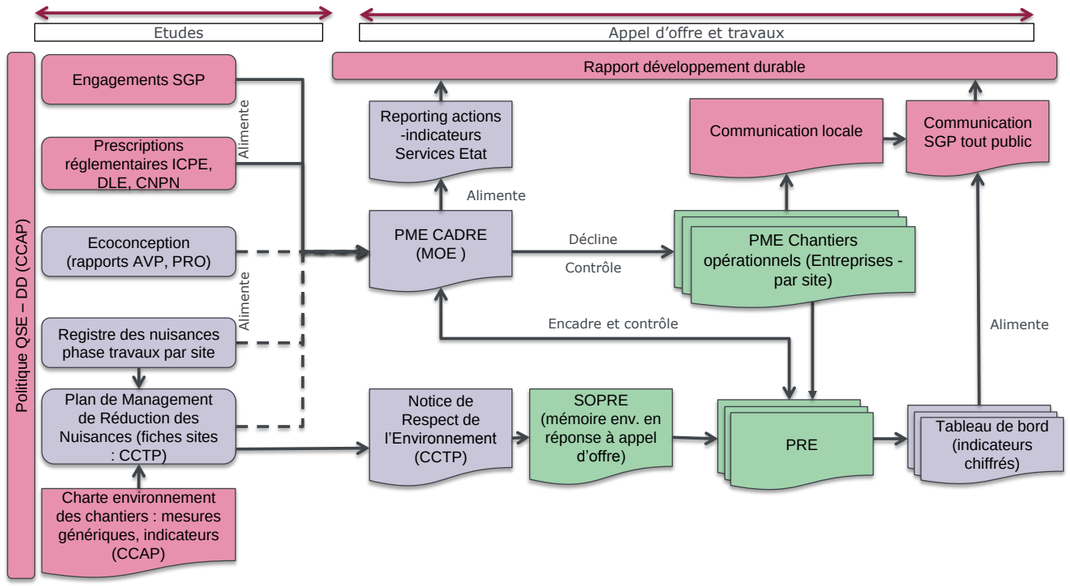
  Ce document est joint en annexe de la présente Etude d'impact.

- **un registre des nuisances** : ce document permet de prendre en compte la sensibilité environnementale des différents sites de travaux pour compléter, par des mesures particulières au site, les mesures génériques de la charte environnement des chantiers et les prescriptions réglementaires. Il est utilisé en phase étude pour anticiper les impacts travaux.

Lors des appels d'offre puis de la réalisation des travaux, les étapes ou outils suivants sont mis en œuvre successivement :

- **une Notice de Respect de l'Environnement (NRE)** : ce document rédigé par le MOE (sur la base de la charte environnement des chantiers, du registre des nuisances et des prescriptions réglementaires) est une pièce constitutive des dossiers de consultation des entreprises (DCE) pour les marchés de travaux;
- **le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)** : ce document rédigé par les entreprises assure la prise en compte des exigences du MOA,
- **un Plan de Management de l'Environnement (Cadre):** ce document recense l'ensemble des engagements à considérer, qu'ils soient **génériques ou spécifiques, réglementaires ou volontaires**. Il permet notamment au MOE d'assurer le suivi de la mise en œuvre des engagements du PRE par les entreprises.
- **un Plan de Management de l'Environnement Chantier opérationnel :** ce document est la déclinaison détaillée du PME cadre du Maître d'œuvre, décliné par site de travaux
- **un tableau de bord « environnement des chantiers »** : ce document assure le suivi de la performance environnementale des travaux.

Le schéma ci-après présente l'articulation de ces différents documents :



## 4.3 Bilan environnemental

Ce bilan est formalisé par le rapport d'écoconception (quatrième document de la liste ci-dessus).

Ce document est également annexé à la présente étude d'impact.

Au stade actuel, un premier bilan peut être tiré et repose principalement sur les points suivants :

- Optimisation générale du projet, en particulier des structures et des volumes souterrains :
  - Un réel travail d'optimisation de la structure du tunnel et des ouvrages a été réalisé, une phase d'études préliminaires approfondies a même été organisée dans ce seul but.
  - Ce travail a conduit à diminuer les quantités de certains paramètres de façon significative, en particulier en termes de déblais produits et de consommation de matériaux de construction.
- Minimisation des impacts de chantier par choix des méthodes constructives et phasage :
  - Le choix de creuser le tunnel au tunnelier permet de réduire significativement certains impacts par rapport à l'emploi de méthodes traditionnelles car le tunnel est posé à l'avancement : vibrations, piézométrie souterraine,
  - Le choix de privilégier la technique avec parois moulées pour les ouvrages reliant le tunnel à la surface du sol (gares, ouvrages annexes) permet de confiner de nombreux impacts à l'intérieur de la boite constituée par les parois moulées, ou d'atténuer significativement les impacts à l'extérieur de la boite : baisse de piézométrie, vibrations, certaines nuisances sonores.
  - Le racourcissement maximal de la période entre le début de l'excavation de la gare et la fin de la mise en œuvre de la structure externe (boite définitive) est également une action de réduction des impacts : volume d'eau pompé donc rejeté pour vidanger les excavations, nuisances sonores des travaux dans les fouilles.
- Conception des gares comme des lieux de vie en soignant la conception architecturale :
  - La conception des gares prend en compte à la fois les flux de voyageurs utilisant le nouveau métro et le développement d'activités au sein des gares pour en faire des lieux de vie,
  - Pour certaines gares, de réels choix architecturaux ont été effectué de manière à rendre le bâtiment visible et à en faire un élément central local. Ces gares bénéficient d'espaces extérieurs aménagés qualitativement.

L'étape de l'avant-projet n'est qu'une étape du processus de conception du projet. Aux étapes ultérieures les outils précédemment cités permettront un suivi et la réalisation de bilans.

En particulier :

- les rapports d'éco-conception permettent de tirer un bilan de la phase étude,
- le PME permet de tracer la réalisation des actions de la phase travaux et d'identifier et tracer les actions perdurant dans la phase de fonctionnement (ex. suivi des mesures compensatoires),
- les indicateurs environnementaux (à l'échelle du RTPGP, local en fonction de la sensibilité des enjeux ou demandés par les prescriptions réglementaires) permettront de tirer un bilan chiffré de certains thèmes,
- le rapport de Développement Durable de la SGP réalisé régulièrement permettra également de dresser un bilan complémentaire à l'échelle du RTPGP.

**In fine, l'ensemble de ces documents permettra à la Société du Grand Paris de consolider un bilan/suivi environnemental et réglementaire en lien avec le présent dossier « Etude d'impact-Loi sur l'Eau » relatif à la Ligne 15 Sud.**

# 5. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols

## 5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau

### 5.1.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

L'analyse faite ici porte sur le SDAGE actuellement en vigueur, soit le SDAGE 2010-2015.

#### *5.1.1.1 Rappel : les défis du SDAGE*

Il comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau. Les 8 défis généraux sont les suivants :

- 1) Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ;
- 2) Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques ;
- 3) Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ;
- 4) Réduire les pollutions microbiologiques des milieux ;
- 5) Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- 6) Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides **;**
- 7) Gérer la rareté de la ressource en eau ;
- 8) Limiter et prévenir le risque inondation.

Les objectifs susceptibles d'être concernés par le projet en phase travaux et exploitation, au vu de ses caractéristiques, sont soulignés ci-dessus.

L'approche proposée ci-dessous reste générale car basée sur les éléments de projets en stade Etudes préliminaires Approfondies. L'analyse devra être poursuivie lors des études réglementaires de demandes d'autorisations (post-DUP) sur la base d'études AVP.

#### *5.1.1.2 Défi n°1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques »*

**Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité**

Le défi n°1 a pour but de « diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ».

***Orientation 2*** – Maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbain par des voies préventives (règles d'urbanisme notamment pour les constructions nouvelles) et palliatives (maîtrise de la collecte et des rejets).

- Disposition 7 : Réduire les volumes collectés et déversés sans traitement par temps de pluie.
- Disposition 8 : Privilégier les mesures alternatives et le recyclage des eaux pluviales.

*Il est recommandé que les nouvelles zones d'aménagement et celles faisant l'objet d'un réaménagement urbain, n'augmentent pas le débit de ruissellement généré par le terrain naturel. […]*

**Analyse de la compatibilité**

Phase travaux

Afin de répondre aux dispositions du SDAGE concernant cette thématique, la gestion des eaux pluviales, principal élément visé, prévoit la collecte et le traitement adapté (principalement par décantation) de ces eaux avant rejet au réseau ou au milieu naturel.

Cette gestion permet également de récupérer les eaux issues de pollutions accidentelles.

Phase exploitation

La construction d'un réseau de transport en commun permettra une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et de ruissellement des hydrocarbures et des MES.

D'autre part, les dispositifs d'assainissement permanents autour des nouvelles émergences (gares notamment) permettront une gestion maitrisée des ruissellements induits par le projet, au vu des nouvelles surfaces imperméabilisées générées.

Les débits ruisselés sont régulés lorsque les surfaces imperméabilisées augmentent et selon les prescriptions des gestionnaires de réseau.

#### *5.1.1.3 Défi n°3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses*

Le défi n°3 consiste à « réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ».

***Orientation 6*** – Identifier les sources et parts respectives des émetteurs, et améliorer la connaissance des substances dangereuses.

- Disposition 21 : identifier les principaux émetteurs de substances dangereuses concernés.

***Orientation 8*** - Promouvoir les actions à la source de réduction ou de suppression des rejets de substances dangereuses.

- Disposition 25 : Intégrer dans les documents professionnels les objectifs de réduction des substances dangereuses ainsi que les objectifs spécifiques des aires d'alimentation de captage (AAC) et du littoral *[exemple du cahier des charges d'entretien des infrastructures de transports]*.
- Disposition 26 : Responsabiliser les utilisateurs de substances dangereuses (activités économiques, agriculture, collectivités, associations, groupements et particuliers, …).
- Disposition 27 : Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de substances dangereuses par les acteurs économiques.

*Les diagnostics des sources d'émission et la recherche des moyens de réduction de ces rejets, conduits par les maîtres d'ouvrages, privilégient les réductions à la source (technologies propres, substitution de produit, changement de procédé,…) ou les rejets zéro (recyclage,…).*

**Analyse de la compatibilité**

Phase travaux

Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d'éviter et de réduire les éventuels effets d'une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d'entretien des engins, kits d'intervention d'urgence, …).

Phase exploitation

De même que pour le défi n°1, la construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des hydrocarbures et des MES.

Pour ce, un entretien adapté de infrastructure sera nécessaire, notamment vis-à-vis des produits utilisés (substances dangereuses).

#### *5.1.1.4 Défis n°5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;*

Le défi n°5 consiste à « protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ».

***Orientation 14*** - Protéger les aires d'alimentation de captage d'eau de surface destinées à la consommation humaine contre les pollutions

- Disposition 44 : Réglementer les rejets dans les périmètres rapprochés de captages

**Analyse de la compatibilité**

Phase travaux et phase d'exploitation

Les captages concernés (prises d'eau de Suresnes et d'Ivry sur Seine) présentent des périmètres de protection disposant de prescriptions à respecter.

Le projet respecte les prescriptions imposées par ces périmètres en phase chantier et en phase d'exploitation.

#### *5.1.1.5 Défi n°6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides*

Le défi n°6 consiste à « protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides ».

***Orientation 15*** – Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité.

« La préservation des profils et formes naturels des cours d'eau doit être recherchée de façon à ce qu'ils assurent le bon fonctionnement de l'hydrosystème. […] Les très petits cours d'eau (rang 1 et 2) sont notamment concernés par l'ensemble des dispositions suivantes. »

- Disposition 46 : Limiter l'impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides.

  *Afin d'assurer l'atteinte du bon état écologique, tout projet soumis à autorisation ou à déclaration prend en compte ses impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et humides et/ou sur le lit mineur, les berges et le fuseau de mobilité, pendant et après travaux. […]*

- Disposition 56 : Préserver les espaces à haute valeur patrimoniale et environnementale.

***Orientation 17*** - Concilier lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et le bon état

- Disposition 69 : Concilier le transport par voie d'eau, la production hydroélectrique et le bon état

***Orientation 19*** – Mettre fin à la disparition, la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.

- Disposition 78 : Dans le cadre d'un examen des projets soumis à autorisation ou déclaration entraînant la disparition de zones humides, les mesures compensatoires prévoient la création de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la biodiversité à hauteur de 150 % de la surface perdue sur la masse d'eau.

- Disposition 84 : Préserver la fonctionnalité des zones humides.

  *Les zones humides qui ne font pas l'objet d'une protection réglementaire mais dont la fonctionnalité est reconnue par une étude doivent être préservées.*

- Disposition 85 : Limiter et justifier les prélèvements dans les nappes sous-jacentes à une zone humide.

**Analyse de la compatibilité**

Le projet détruit environ 1 ha de zones humides localisées sur le site du SMR de Champigny, de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes de l'Ile de Monsieur et de la Friche Arrghi.

Des mesures de compensation sont prévues en regard de cette destruction.

Phase travaux

Le projet et les choix de conception s'accordent avec la disposition 46 ; cette dernière préconise de prendre en compte les impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et notamment sur les caractéristiques de zones humides présentes, pendant et après travaux. Elle implique la prise en compte de l'ensemble des effets du projet et l'évaluation des effets cumulés, ce qui a été réalisé.

De manière à être en accord avec l'orientation 19, les prélèvements prévus dans les nappes sous-jacentes aux zones humides reconnues doivent être limités. Ce cas n'existe pas pour la Ligne 15 Sud : les études hydrogéologiques ont montré que les nappes faisant l'objet de pompages ne sont pas en relation avec les zones humides.

Enfin, l'évacuation des déchets par voie fluviale sera préconisée et nécessitera une gestion adaptée pour le maintien de l'état écologique du cours d'eau, et éventuellement sont amélioration au vu des objectifs fixés par le SGADE 2010-2015.

Phase exploitation

Les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d'eau ont été étudiés ; ils s'avèrent être nuls en phase travaux ainsi qu'en phase exploitation.

### *5.1.1.6 Défi n°7 : Gérer la rareté de la ressource en eau*

Le défi n°7 a pour objectif la gestion de la rareté en eau. Cette gestion vise à assurer l'atteinte de niveaux suffisants dans les nappes ou de débits dans les rivières afin de garantir la survie des espèces aquatiques et le maintien d'usages prioritaires, notamment l'AEP, ainsi qu'un usage partagé et durable de la ressource.

***Orientation 23*** - Anticiper et prévenir les surexploitations globales ou locales des ressources en eau souterraine.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, et lorsque l'alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes est assurée.

- Disposition 111 : Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau et des milieux aquatiques associés.

***Orientation 24*** – Assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraines.

- Disposition 112 : Modalités de gestion pour la masse d'eau souterraine 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF,

- Disposition 115 : Modalités de gestion locales pour les masses d'eau souterraines 3001, 3202 et 3211 en Haute-Normandie,

- Disposition 118 : Modalités de gestion de l'Yprésien de la masse d'eau souterraine 3104 EOCENE DU VALOIS.

***Orientation 28 -*** Inciter au bon usage de l'eau.

Il existe un ensemble de techniques permettant de faire un bon usage de l'eau. […]

- Disposition 130 : Maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux.

  *Tout ouvrage dans le sous-sol, y compris les ouvrages de géothermie, quel que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes, afin de préserver la ressource en eau. […]*

**Analyse de la compatibilité**

Phase travaux

Les débits résiduels pompés au sein des ouvrages lors des travaux sont indiqués dans le chapitre 5 partie hydrogéologie du présent dossier. Ils ont été établis sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées que celles réalisées au stade de la présente étude d'impact DUP. Ils devront être respectés.

En ce qui concerne cette thématique, la disposition 130 vise à maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux. Dans le cadre des études complémentaires en relation avec le projet du Grand Paris, de tels ouvrages seront réalisés.

La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.

La gestion des pompages futurs sera incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de pompages avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts.

Phase exploitation

En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'approvisionnement énergétique des stations par exemple.

Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.

### *5.1.1.7 Défi n°8 : Limiter et prévenir le risque inondation*

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa […]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations :

- Orientation 29 : améliorer la sensibilisation, l'information préventive et les connaissances ;
- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues ;
- Orientation 32 : limiter les impacts des ouvrages de protection contre les inondations, qui ne doivent pas accroître le risque à l'aval ;
- Orientation 33 : limiter le ruissellement en zone rurale et en zone urbaine pour réduire les risques d'inondation.

Chacune de ces orientations sont déclinées en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- **Orientation 30, disposition 133**. **« Élaborer des diagnostics de vulnérabilité dans les zones à risque d'inondation »**
- **Orientation 30, disposition 134.** « **Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »**
- **Orientation 31, disposition 139.** « **Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »**

**Analyse de la compatibilité**

Phase travaux

La majorité des ouvrages de surface étant localisé dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de gros volumes de ruissellement supplémentaires.

Les ruissellements sont maîtrisés par la régulation des débits issus des bases chantiers.

Quoi qu'il en soit, la gestion des eaux pluviales sera prise en compte dès la phase chantier afin de limiter les rejets non contrôlés, dans le ruissellement.

Concernant le volet inondation, l'ensemble des travaux réalisés au sein d'une zone inondable (soit zone de PHEC, soit zonage réglementaire de PPRI) a fait l'objet d'études spécifiques ayant conduit à évaluer les impacts. Les compensations nécessaires ont été intégrées au projet.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les modalités exactes de gestion figurent dans le présent dossier.

L'analyse relative au volet inondation sera traitée simultanément en phase travaux et en phase exploitation est fournie dans le présent dossier.

Le projet intègre les compensations nécessaires en termes de volume et de transparence hydraulique.

### *5.1.1.8 Conclusion sur la compatibilité du projet avec le SDAGE 2010-2015 actuellement en vigueur*

Dans sa configuration actuelle, **le projet de Ligne 15 Ouest est compatible avec le SDAGE**.

### *5.1.1.9 SDAGE en projet 2016-2021*

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau cotiers normands est en cours de révision. Il entrera en vigueur début 2016.

Le SDAGE 2016-2021 est actuellement en phase terminale d'élaboration : il est en consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015,

Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

Globalement, le nouveau SDAGE en projet renforce les politiques de l'eau dans les 8 grands défis en confortant les objectifs affichés et en développant les moyens pour y parvenir.

**En ce qui concerne les défis 1 et 5** (voir chapitre précédent), les objectifs de réduction des pollution et de protection des captages sont réaffirmés.

Le projet est compatible avec ces aspects du SDAGE car il intègre les éléments nécessaires au respect des objectifs affichés. Il est en particulier compatible avec les périmètres de protection de captage en vigueur (prise d'eau de Suresnes dans la Seine) ou en cours d'élaboration (prise d'eau de Saint-Maur des Fossés dans la Marne).

**Pour le défi 6** relatif à la protection des milieux aquatiques et humides, le nouveau SDAGE suit l'évolution de la réglentation et de son application en renforçant les objectifs affichés et en affirmant fortement la nécessité de protéger ces milieux. Cela passe par le développement de l'identification des ces milieux en application des protocoles et réglementations récents et de l'intégration de leur protection et d'éventuelles opérations de restauration dans la co,nuite des projets.

Le projet est compatible avec les évolutions prévues car, sur le territoire pris en compte, le travail d'identification des milieux humides et aquatiques a été mené et, pour les rares zones que le projet perturbe, des mesures compensatoires sont mises en œuvre (SMR Champigny, Noisy-Champs, Ile de Monsieur).

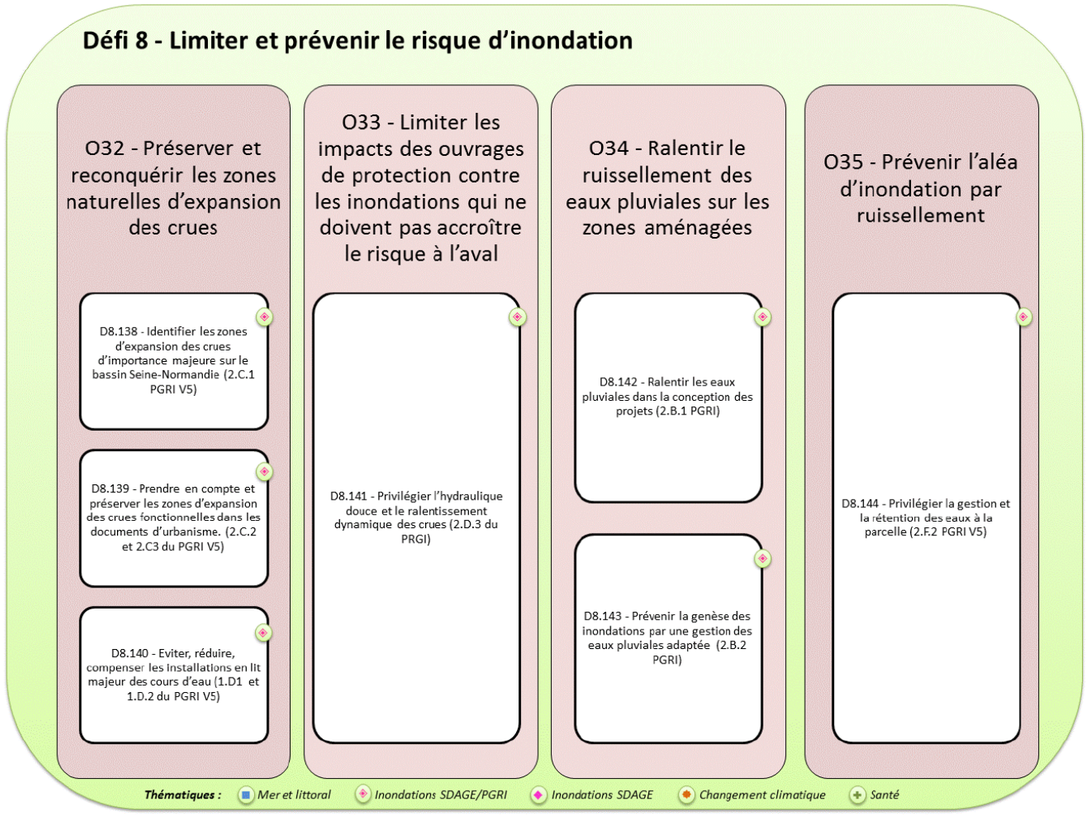
**Pour le défi 7**, relatif à la gestion de la rareté de la ressource en eau, les objectifs affichés sont réaffirmés. En particulier, les politiques visant à la réalimentation des nappes souterraines par l'infiltration des eaux superficielles sont renforcées. Les gestionnaires de réseaux de collecte des eaux pluviales accompagnent cette politique en restreignant les possibilités de rejet. De même, les politiques de réduction des prélèvements (en nappe ou dans les eaux superficielles), en relation avec les politiques de réduction de la consommation d'eau potable, sont elles aussi renforcées dans le but de sécuriser les usages vitaux.

Le projet est compatible avec ces aspects du SDAGE. Les faibles possibités d'infiltration des eaux pluviales, liées au caratère souterrain principal de l'infrastructure, sont utilisées.

La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

**Le défi 8** du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.




En fonction des dispositions qui seront *in fine* approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Éviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

*« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.*

*Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.*

*S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.*

*Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.*

*Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.*

*Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.*

*La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »*

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

### 5.1.2 Compatibilité avec les SAGE

Il n'y a pas de SAGE en vigueur dans la zone concernée par la Ligne 15 Sud.

## 5.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets

### 5.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC34

#### *5.2.1.1 Eléments pertinents du PREDEC pour évaluer la compatibilité*

L'article 202 de la loi Grenelle 2, « portant engagement national pour l'environnement », a rendu obligatoire la mise en application de plans de gestion des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics. Il en a attribué la compétence au Conseil régional pour l'Île-de-France et aux Conseils départementaux pour le reste du territoire.

Le Plan Régional de prévention et de gestion des Déchets de Chantiers du bâtiment et des travaux publics (PREDEC), poursuit trois objectifs :

- 1) Prévenir la production des déchets de chantier,
- 2) Assurer le rééquilibrage territorial et développer le maillage des installations,
- 3) Réduire l'empreinte écologique de la gestion des déchets de chantiers.

Les données sont issues du projet de PREDEC datant du 5 juillet 2013.

#### *5.2.1.2 Analyse de la compatibilité*

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

**De fait, ce schéma est compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.**

### 5.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP

#### *5.2.2.1 Eléments pertinents du Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne pour évaluer la compatibilité*

Ce plan de gestion a été approuvé en juillet 2004 et comprend les éléments suivants :

- 1) La quantification des déchets de chantiers prenant en compte la catégorie des déchets selon la nomenclature des déchets et les filières matériaux,
- 2) Le recensement des filières de traitement existantes et prévues ainsi que leurs capacités,
- 3) La détermination des installations nouvelles nécessaires dans une logique de proximité.

#### *5.2.2.2 Analyse de compatibilité*

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

**De fait, ce schéma sera compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.**

[34] *PREDEC : Plan REgional de prévention et de gestion des DEchets de Chantier*

## 5.3 Compatibilité du projet avec le SRCE

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans le périmètre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique de la région Ile de France.

Approuvé par délibération du Conseil régional du 26 septembre 2013, le schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'Ile-de-France a été adopté par arrêté n°2013294-0001 du préfet de la région d'Ile-de-France et par le préfet de Paris, le 21 octobre 2013.

### 5.3.1 Notion d'opposabilité du SRCE

Le SRCE est un outil d'aménagement durable du territoire qui contribue à un état de conservation favorable des habitats naturels et des espaces et au bon état écologique des masses d'eau. L'article L. 371-3 du Code de l'environnement dispose que « *les documents de planification et les projets de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements prennent en compte les schémas régionaux de cohérence écologique et précisent les mesures permettant d'éviter, de réduire et, le cas échéant, de compenser les atteintes aux continuités écologiques que la mise en œuvre de ces documents de planification, projets ou infrastructures linéaires sont susceptibles d'entrainer* ». Sa vocation est de rendre lisible les enjeux régionaux en matière de biodiversité. Tout porteur de projet, doit alors prendre en compte cette dimension, au même titre que d'autres enjeux sociaux, économiques, cadre de vie,…

La « prise en compte » est le niveau le moins contraignant de la notion juridique d'opposabilité. La notion de « prise en compte » induit une obligation de compatibilité sous réserve de possibilités de dérogation pour des motifs déterminés, avec un contrôle approfondi du juge sur la dérogation.

La prise en compte du SRCE s'effectue donc sur les différentes composantes du SRCE présentés ci-dessous.

### 5.3.2 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale

Il convient de rappeler que :

- Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques sont définis dans le SRCE au 1/100 000ème, à une échelle régionale, par définition non « zoomable » à l'échelle d'un projet,

- Le niveau local se doit de mener les investigations nécessaires pour identifier les continuités écologiques adaptées à son échelle territoriale.

Le SRCE, comprend :

- Un volet identifiant les espaces naturels, les corridors écologiques et les éléments de la trame bleue, dans le Tome I « Les composantes de la trame verte et bleue »,

- Un diagnostic et une présentation des enjeux régionaux relatifs à la préservation et à la restauration des continuités écologiques, un plan d'action stratégique, un dispositif de suivi et d'évaluation, réunis dans le Tome II intitulé « Enjeux et plan d'action »,

- Une cartographie de la trame verte et bleue à l'échelle du 1:100 000, une cartographie de la trame verte et bleue des départements de Paris et de la petite couronne au 1:75 000, et des cartes régionales thématiques dans le Tome III intitulé « Atlas cartographique »,

- Un rapport environnemental, dans le Tome IV,

- Un résumé non technique.

Le SRCE IDF comprend quatre sous-trames : arborée, herbacée, de grandes cultures, des milieux aquatiques et des corridors humides.

### 5.3.3 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France

Le diagnostic des enjeux établi dans l'état initial de l'étude d'impact a permis de mettre en lumière les composantes de continuités écologiques régionales concernées par le projet de la Ligne 15 Sud.

Cinq réservoirs de biodiversité sont identifiés sur le fuseau d'étude et deux corridors d'intérêt régionaux interceptent le fuseau d'étude.

Un corridor alluvial est identifié dans la sous-trame aquatique dans le sillon de la Seine et de la Marne. Le deuxième corridor souligne la continuité arborée entre le bois de Vincennes et le bois Saint-Martin

Par ailleurs, le trame verte et bleue de Paris et la petite couronne identifiée par le SRCE présente 9 secteurs d'intérêt en contexte urbain : le parc de Billancourt à Boulogne Billancourt, le boisement avenue de la Glacière à Meudon, le parc de l'île Saint-Germain, le cimetière Parisien de Bagneux, les ensembles verts de Arcueil Cachan (parc le Vallon, parc Raspail, etc), le parc des Hautes Bruyères à Villejuif, les abords du parc des Lilas, le Golf du parc du Tremblay, le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

Cinq liaisons d'intérêts en contexte urbain sont également soulignées, de la coulée verte d'Issy les Moulineaux, du cimetière parisien, de la coulée Bièvre-Lilas, du Golf de Villiers sur Marne et au niveau de Noisy-le-Grand.

Il est important de rappeler que les éléments de cette trame régionale sont identifiés à l'échelle régionale et qu'il s'agit d'axes larges indiquant les « principes de connexion » où l'occupation du sol est globalement favorable au déplacement des espèces inféodées aux milieux ouverts et agricoles.

Au regard du projet qui est prévu en totalité en souterrain, les impacts sur les continuités écologiques se limitent aux émergences d'ouvrages ou de gares de la Ligne 15 Sud.

Les continuités de milieux à l'échelle de chaque entité écologique cohérente ont été conservées pour assurer les fonctions de nourrissage, de déplacement et de reproduction pour les groupes présents sur les sites.

Le SRCE préconise plusieurs orientations relatives aux infrastructures linéaires, à savoir :

- Atténuer la fragmentation du territoire régional pour assurer la fonctionnalité des continuités, en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Assurer la requalification des infrastructures existantes en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Améliorer la transparence des infrastructures linéaires ayant un effet de coupures dans les réservoirs de biodiversité et sur les corridors.

- Préserver les continuités dans le cas des nouveaux projets, les restaurer dans le cas des infrastructures existantes.

La prise en compte de ces orientations a permis de proposer une mesure de réduction de perte de fonctionnalité de certains corridors : replantation d'arbres pour recréer un corridor en « pas japonais », non imperméabilisation des sols au niveau des plantations en contexte urbain dense au niveau d'Issy-les-Moulineaux, création d'un toit végétalisé au niveau du SMR, recréation d'une mare forestière sur le parc de la Butte verte. Enfin, la perte de fonctionnalité des corridors au niveau du SMR de Champigny et de Noisy-Champ reste significative par le déboisement et l'imperméabilisation d'une partie des milieux naturels. De ce fait, les compensations d'habitat naturels se fait en intégrant la dimension relatives aux continuités écologiques.

**De ce fait, les différentes analyses et propositions du projet de la Ligne 15 Sud concernant les milieux naturels ont pris en compte le SRCE d'Ile-de-France. Dans le respect strict des mesures de réduction et de compensation proposées, il n'y a pas d'incompatibilité entre le SRCE et ce projet de la Ligne 15 Sud.**

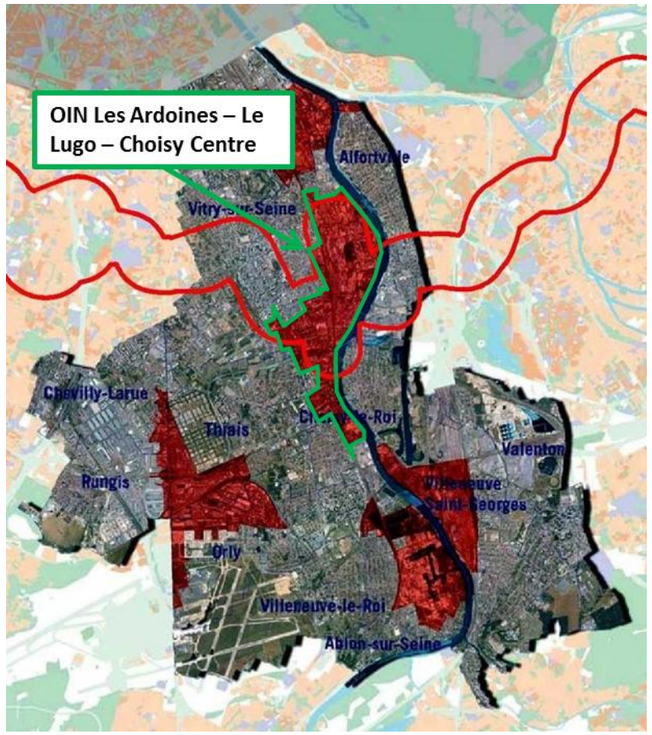
Suite à l'entrée en vigueur du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, la présente étude d'impact doit nécessairement présenter les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable, ainsi que, si nécessaire, son articulation avec les plans, schémas et programmes soumis à évaluation environnementale, et la prise en compte du schéma de cohérence écologique. Cette analyse est précisément l'objet du présent chapitre 5 dans son ensemble.

## 5.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace

### 5.4.1 Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont

Les principaux enjeux et objectif des deux OIN sont présentés ci-dessous :

- **Secteur Seine Ardoines/ Lugo/ Choisy Centre**




**Périmètre de l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre au sein du territoire de l'EPA Orly-Rungis-Seine-Amont (Source : EPA ORSA)**

L'OIN Orly-Rungis-Seine-Amont (ORSA) mise en œuvre en 2007, marque la volonté de l'Etat d'agir en partenaire des acteurs locaux pour accélérer les dynamiques du développement intercommunal.

Les enjeux et objectifs poursuivis par l'EPA-ORSA au niveau de son territoire consistent à :

- Conforter le positionnement et le rôle du territoire dans la structuration de l'agglomération centrale. De par sa position, Orly–Rungis–Seine-Amont peut jouer un rôle de jonction entre Paris et la seconde couronne mais aussi entre les grandes polarités du Sud de l'agglomération centrale.

- Identifier et rendre visible le territoire, au croisement de différentes dynamiques économiques fortes au niveau régional (domaines des biotechnologies, de l'agroalimentaire, de la mécatronique,..) en apportant notamment une contribution décisive aux pôles de compétitivité, et en soutenant la dynamique de ses pôles tertiaires. Territoire d'accueil d'activités et de services métropolitains, il constitue un appui essentiel au développement des éco-industries en devenir. Ce territoire a vocation à devenir et à être reconnu comme un territoire d'économie productive industrielle moderne, dynamique, et attractif.

- Développer une offre foncière et immobilière adaptée à chacune de ces orientations, et qui favorise le maintien et le développement du tissu de PME/PMI, déjà implantées sur le territoire.

- Élargir et renforcer l'offre de logements pour favoriser la mobilité résidentielle au sein du territoire, accueillir les salariés des entreprises actuelles et futures, et mettre en œuvre la « ville des courtes distances ».

- Réaliser une armature urbaine des espaces publics, structurant la ville, qui contribue à une meilleure lisibilité du territoire ; dégager des espaces publics confortables, capables d'accueillir des transports en commun performants et un usage démultiplié des modes de déplacement doux, à la mesure du développement attendu.

Parmi ces cinq secteurs, l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre est le seul à être concerné par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

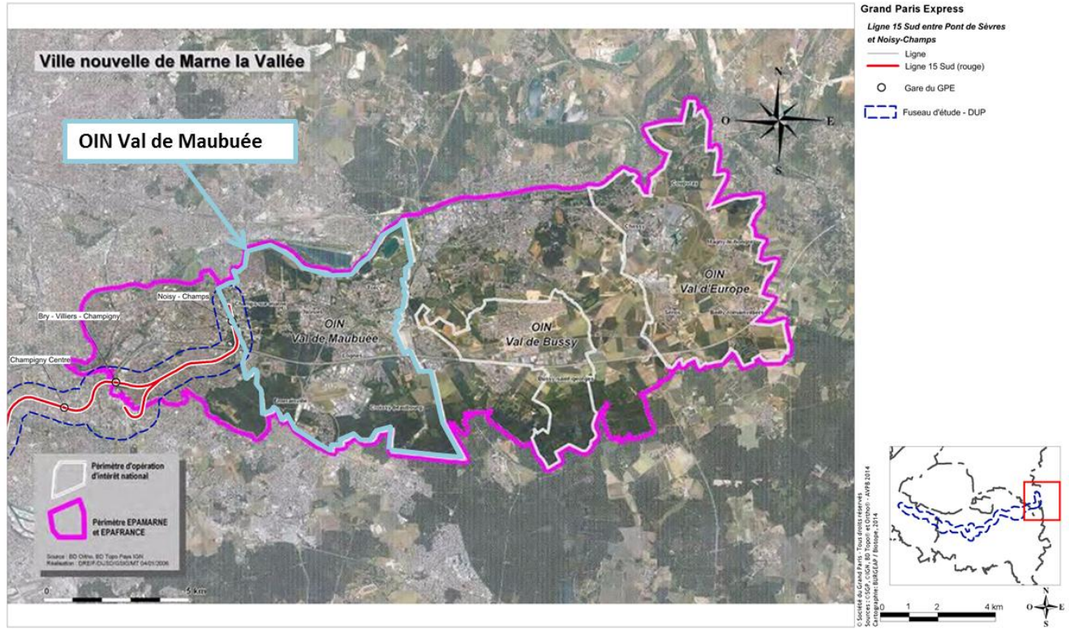
Au sein de cet OIN, le projet Les Ardoines intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud. Celui-ci représente la construction de 2,9 millions de m² de Surface Hors Œuvre Nette (SHON) dont près de deux tiers de bureaux et activités. Ainsi, le projet Les Ardoines s'appuie sur une forte dynamique économique confortée par la création d'un pôle de biotechnologie et l'offre importante de locaux tertiaires et d'activités.

Par ailleurs, le développement résidentiel accompagnera le développement économique, afin d'accueillir de nouveaux salariés mais également répondre aux besoins locaux actuels.

Par rapport aux objectifs de l'OIN rappelés ci-dessus, la gare des Ardoines apportera une desserte en transports en commun supplémentaire de grande capacité. Cette desserte est à mettre en rapport avec les objectifs attendus en termes d'emploi et de logement.

**Le projet est donc compatible avec les objectifs de l'OIN.**

### 5.4.2 Opération d'Intérêt National (OIN) Val Maubuée




**Périmètres de l'OIN Val de Maubuée au sein du territoire de l'EPA Marne-la-Vallée (Source : EPAMARNE)**

De manière générale, les objectifs poursuivis par l'EPAMARNE et l'EPAFRANCE se basent sur trois axes principaux : la transition énergétique, l'économie d'espace et la mobilité alternative, au service d'un territoire aux multiples intérêts :

- *La vocation urbaine : Le développement du Val d'Europe dans le cadre du Projet d'Intérêt National (PIG) prévoit une densification résidentielle qui s'accompagne, notamment, d'équipements et de transports en commun. Il en va de même pour l'aménagement du cœur du cluster Descartes qui ouvre de nouvelles opportunités de développement urbain. Enfin, les projets de restructuration urbaine en cours au Val Maubuée attestent de la capacité du territoire à régénérer ses quartiers anciens pour mieux répondre aux besoins de ses habitants, d'aujourd'hui comme de demain.*

- *La vocation écologique : Des démarches nouvelles ont été adoptées pour le développement de l'agriculture urbaine et la prise en compte de la biodiversité sur le territoire. Les nouvelles opérations d'aménagement intègrent systématiquement les exigences du développement durable, les nouveaux bâtiments présentent des caractéristiques énergétiques et environnementales à la pointe des savoir-faire, et de nouveaux écoquartiers, outre ceux de Montévrain et de Bussy Saint-Georges, émergeront dans les prochaines années.*

- *La vocation de recherche : Premier pôle de recherche et d'enseignement supérieur dédié à la ville durable, la Cité Descartes accueille l'Université de Marne-la-Vallée, une quinzaine de grandes écoles, plus de 50 laboratoires de recherche, un incubateur d'entreprises innovantes, une pépinière d'entreprises et un parc d'activités de près de 230 sociétés. L'année 2012 a constitué un tournant dans le renforcement de ce pôle d'excellence avec la livraison des bâtiments Bienvenüe et Coriolis qui regroupent près de 2 000 étudiants et chercheurs, l'arrivée de l'Institut technologique de la filière bois et le lancement de l'Institut français sur l'efficacité énergétique des villes, Efficacity.*

- *La vocation touristique : Le projet de cluster Tourisme – dixième cluster métropolitain – ouvre la perspective de créer une filière d'excellence d'enseignement supérieur dans les métiers du tourisme. Inscrit dans ce cluster, le projet Villages Nature est entré dans sa phase opérationnelle avec les signatures de la promesse de vente et du programme détaillé du projet entre l'EPA et la société Villages Nature. Les travaux débuteront au second semestre 2013.*

*Sources : EPAMARNE : http://projets.epa-marnelavallee.fr/ (visité en décembre 2014)*

Le secteur du Val Maubuée est le seul à être en interaction avec la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Parmi les communes de l'OIN Val Maubuée, seule celle de Champs-sur-Marne est concernée par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Par rapport aux objectifs de l'OIN rappelés ci-dessus, la gare de Noisy-Champs apportera une desserte en transports en commun supplémentaire de grande capacité. Cette desserte est à mettre en rapport avec les objectifs attendus en termes d'emploi et de logement.

**Le projet est donc compatible avec les objectifs de l'OIN.**

### 5.4.3 Contrat de Développement Territorial (CDT)

La loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris précise dans son article 1er que le Métro Grand Paris « s'articule autour de contrats de développement territorial définis et réalisés conjointement par l'Etat, les communes et leurs groupements. Ces contrats participent à l'objectif de construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Ile-de-France et contribuent à la maîtrise de l'étalement urbain ».

Les Contrats de Développement Territorial sont donc issus de la Loi relative au Grand Paris qui sert aussi de base au projet de Grand Paris Express, notamment le Schéma d'Ensemble.

Ces contrats ont été conçus à l'origine pour organiser l'évolution urbaine engendrée par l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

Ils intègrent donc les projets des collectivités concernées en les adaptant à l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

**Le projet est donc compatible de fait à tous les CDT.**

### 5.4.4 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF)

A l'échelle régionale, le SDRIF, approuvé par le décret n° 2013-1241 du 27 décembre 2013, intègre explicitement le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris. En effet, la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris est incluse dans les différentes pièces du SDRIF, dont notamment la « Carte de destination générale des différentes parties du territoire » qui constitue le cœur réglementaire du SDRIF.

Ainsi, le SDRIF 2013 est explicitement compatible avec le projet de réseau de transport public du Grand Paris.

### 5.4.5 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD)

**Le SCoT Coteaux et Val de Seine**

Datant initialement de 1996, le SCoT Coteaux et Val de Seine couvre un territoire de 11 communes dans les Hauts de Seine, comptant environ 350 000 habitants.




**Territoire du SCoT Coteaux et Val de Seine (Source : Syndicat des coteaux et du Val de Seine)**

Sa révision du 26 novembre 2009 a permis de (re)définir six objectifs de développement et d'aménagement durable à l'échelle de son territoire d'intervention. Les six objectifs du SCOT Coteaux et Val de Seine sont :

- Garantir une croissance équilibrée du territoire, visant notamment à la mixité sociale,
- Renforcer l'attractivité des Coteaux et du Val-de-Seine,
- Faciliter les déplacements pour améliorer l'accessibilité,
- Offrir un cadre de vie harmonieux,
- Protéger l'environnement, prévenir les risques naturels et technologiques et lutter contre les nuisances de toute nature,
- Mettre en œuvre les principes du SCOT dans le respect des spécificités locales.

Les gares de la Ligne 15 Sud concernées, Pont de Sèvres et Issy RER, vont contribuer à plusieurs des objectifs de ce SCOT :

- Faciliter les déplacements : cela est évident pour la zone concernée par les gares,
- Renforcer l'attractivité du territoire : l'offre de transports en commun est l'un des critères de l'attractivité d'un territoire,
- Protéger l'environnement : en contribuant à réduire les usages de la voiture dans les zones concernées, les gares contribuent à la protection d el'environnement.

**Le projet est donc compatible avec le SCOT.**

**Le SDL Val Maubuée**

L'agglomération de Marne-la-Vallée/Val Maubuée a été créée par décret du 11 août 1972. Le Schéma Directeur Local Val Maubuée date de 1998. Le projet d'élaboration de SCoT, arrêté le 21 septembre 2012 a permis de redéfinir les objectifs d'aménagement et de développement du territoire. Ainsi, les objectifs du SCoT de Val Maubuée sont :

- Développer de manière cohérente, équilibrée, et maîtrisée l'évolution urbaine tout en tenant compte de l'identité et du vécu du territoire,
- Inscrire Val Maubuée dans un rôle de moteur économique de l'Est Francilien,
- Préserver les ressources naturelles et le patrimoine local, valoriser le potentiel du territoire, et gérer de manière écologique le développement, dans une dynamique d'Eco-territoire.

La gare de Noisy-Champs s'inscrit pleinement dans l'objectif de développement cohérent du territoire.

**Le projet est donc compatible avec le SDL.**

## 5.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU)

La Déclaration d'Utilité Publique du projet de la Ligne 15 Sud a fait l'objet du décret 2014-1607 du 24 décembre 2012.

La DUP du projet implique la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes concernées.

Le dossier d'enquête publique préalable à la DUP comporte, outre l'étude d'impact du projet, un fascicule relatif à la Mise En Compatibilité du Document d'Urbanisme (MECDU) par commune.

Le projet de Ligne 15 Sud est donc de fait compatible avec le POS ou le PLU de chaque commune concernée.

En ce qui concerne les servitudes associées à ces documents, elles sont de deux types :

- Elles engendrent des procédures réglementaires spécifiques (périmètre de monument classé, site classé, etc) : ces procédures :
    - sont associées à la présente procédure Loi sur l'eau. Ces procédures ne nécessitent que la vérification de respects de seuils (servitudes radioélectrique) ou un avis consultatitif (comme pour les sites et monuments inscrits),
    - font l'objet d'un dossier spécifique car elles n écessitent un parcours d'instruction spécifique : autorisation de travaux en site classé, autorisation de défrichement, autorisation de dérogation à la destruction d'espèces protégées. Chacune de ces procédure est conduite à part sur la base d'un dossier spécialement constitué,
    - ne nécessient que la consultation de services identifiés dans le règlement du document d'urbanisme : c'est le cas des servitudes associées aux canalisations de transport de matières dangereuses.

Le dossier MECDU de chaque commune indique que les servitudes en vigueur au droit des éléments du projet n'interdisent pas le projet mais nécessitent certaines vérifications.

Le projet est donc compatible avec les servitudes associées à chaque document d'urbanisme.

## 5.6 Compatibilité avec les périmètres de protection de captage d'eau potable

Ce point est la suite du précédent car les périmètres de protection de captage d'eau potable des collectivités donnent lieu à des servitudes instituées par arrêté préfectoral.

**Seul le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine située sur le territoire de la commune de Suresnes** est concerné par des ouvrages et zones de travaux. Les éléments détaillés relatifs à ce périmètre et aux prescriptions associées ont été indiquées au chapitre 2.3.4.1 de la pièce B1 relatif aux usages des eaux superficielles – Alimentation en eau potable.

Les éléments du projet concernés sont l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur et les installations de chantier associées au puits d'attaque de tunnelier.

Sur ce site, les eaux d'exhaure, pompées en phase chantier, seront rejetées exclusivement au réseau. Il n'y aura pas de rejet direct en Seine.

En ce qui concerne les eaux pluviales, les eaux collectées en phase chantier seront rejetées au réseau pour garantir la gestion des pollutions accidentelles. En phase d'exploitation, les eaux seront infiltrées dans l'espace vert restitué autour de l'ouvrage définitif. Il n'y a donc pas de rejet direct à la Seine.

Ce site comporte une installation portuaire destinée à évacuer les déblais produits par le tunnelier et à réceptionner certains approvisionnements.

Vis-à-vis des prescriptions figurant dans l'arrête du 17 juillet 2012, modifié par l'arrêté du 29 septembre 2014, l'installation portuaire est la plus sensible :

- Le transbordement des déblais a un statut peu clair : il y a discordance entre la **prescription P16**, qui soumet ce type d'opération à des précautions particulières, et la nouvelle rédaction **de la prescription P17**, qui vise à l'interdire. Les opérations de chargement et de déchargement seront organisées et conduites avec toutes les précautions nécessaires pour éviter toute chute de déblai ou bjet dans la Seine.

- Le dragage de la Seine au droit des installations, qu'il soit d'aménagement des emplacements des barges ou d'entretien de ces emplacements, doit être réalisé moyennant des précautions relatives à la préservation de la qualité de l'eau de la Seine. Il en est de même pour l'implantation des Ducs d'Albe.

- Les prescriptions 18 et 19 demandent que le SEPG et le gestionnaire de réseau d'eaux pluviales soient consultés à toutes les phases du projet, en conception et en réalisation.

  La prescription P9 de l'arrêté concerne le périmètre rapproché restreint, non concerné par l'emplacement des travaux et des ouvrages. Cette prescription demande à ce que l'Agence Régionale de Santé, qui informera le gestionnaire de l'usine alimentée par la prise d'eau, soit avertie de tous travaux dans le lit mineur de la Seine. Les dragages et l'implantation des Ducs d'Albe sont concernés. La Société du Grand Paris respectera cette prescription.

Le projet est compatible avec les prescriptions figurant dans larrêté instituant le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes.

Concernant **la prise d'eau en Marne de Saint-Maur-des-Fossés**, gérée par la commune, les périmètres de protection ne sont pas encore officiellement établis. La démarche en phase terminale, l'enquête publique préalable étant prévue en 2015.

**Le périmètre éloigné** dessiné sur la carte du chapitre 2.2.4.1 de la pièce B1), concerne la Marne au droit de l'ouvrage annexe Rue du Port. Il n'est pas prévu d'interaction du projet avec le lit mineur de la Marne au niveau de cet ouvrage, que ce soit en phase chantier ou en phase d'exploitation.

Il convient cependant que la Société du Grand Paris, Maître d'ouvrage du projet, informe le gestionnaire de la prise d'eau du planning du chantier et réalise un suivi qualitatif de l'eau de la Marne entre l'ouvrage et la prise d'eau.

Le projet est comaptible avec les périmètres de protection de la prise d'eau.

## 5.7 Compatibilité du projet avec le PDUIF

Le projet de Plan de déplacements urbains d'Ile-de-France, finalisé par le STIF en février 2011 et arrêté par le Conseil régional d'Ile-de-France en février 2012, a finalement été définitivement approuvé par ce dernier en juin 2014.

Ce Plan, qui a pour objectif d'atteindre un équilibre entre la mobilité des personnes et des biens, la qualité de vie et l'impact sur l'environnement, recense neuf défis principaux développés en 34 actions opérationnelles.

Ces défis et actions sont repris dans le tableau suivant, en évaluant la compatibilité correspondante du Grand Paris Express. Seules les actions en lien avec le projet ont été retenues.

| Défi | Action | Compatibilité avec le projet |
|---|---|---|
| Défi 1 : Construire une ville plus favorable aux déplacements à pied, à vélo et en transports collectifs | 1.1 Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture | L'offre apportée par le projet générera du report modal vers les transports publics et une moindre utilisation de la voiture particulière.<br>La densification autour des gares du projet rendra la ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture. |
| Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs | 2.1 Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant | Le projet permettra de désengorger les lignes ferrées radiales et améliorera ainsi leurs performances. |
| | 2.2 Un métro modernisé et étendu | Le projet participera directement à l'extension du réseau de métro. |
| | 2.3 Tramway et T Zen : une offre de transport structurante | Le projet sera connecté aux lignes de tramway et de Bus à Haut Niveau de Service existantes et futures. |
| | 2.4 Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé | Le projet sera déclencheur de la réorganisation des réseaux de surfaces en correspondance avec les nouvelles gares. |
| | 2.5 Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité | Les gares du projet ont vocation à devenir des pôles multimodaux interconnectés. |
| | 2.6 Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs | Des informations sur le trajet seront données aux voyageurs tout au long du voyage. |
| Défis 3 et 4 : Redonner à la marche de l'importance dans la chaîne de déplacement et donner un nouveau souffle à la pratique du vélo | 3/4.1 Pacifier la voirie | L'aménagement des voiries impactées par les travaux et de celles à proximité des gares est compatible avec ces objectifs. |
| | 3/4.2 Résorber les principales coupures urbaines | |
| | 3.1 Aménager la rue pour le piéton | |
| | 4.1 Rendre la voirie cyclable | |
| | 4.2 Favoriser le stationnement des vélos | Les gares du projet seront de véritables pôles multimodaux, où la pratique du vélo sera promue : espaces de stationnement, vélos en libre-service etc. |

| Défi | Action | Compatibilité avec le projet |
|---|---|---|
| Défi 5 : Agir sur les conditions d'usage des modes individuels motorisés | 5.1 Atteindre un objectif ambitieux de sécurité routière | Les impacts du projet évalués par la présente étude sont positifs du point de vue de la sécurité routière. Le projet est donc compatible avec cette action. |
| | 5.2 Mettre en œuvre des politiques de stationnement public au service d'une mobilité durable | La Société du Grand Paris réalise des études sur la question du stationnement de rabattement à proximité des futures gares. Le projet est donc compatible avec cette action. |
| | 5.3 Encadrer le développement du stationnement privé | Les nouveaux bâtiments construits à proximité du projet devront répondre aux exigences du PDU en la matière. Le projet est donc compatible avec cette action. |
| | 5.5 Encourager et développer la pratique du covoiturage | Des incitations au covoiturage pour se rendre aux gares du projet pourront être mises en œuvre (places dédiées, zone de dépôt…). Le projet est donc compatible avec cette action. |
| | 5.6 Encourager l'autopartage | Les gares du projet offriront de places de stationnement dédiées à l'autopartage. Le projet est donc compatible avec cette action. |
| Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaîne de déplacement | 6.1 Rendre la voirie accessible | Le projet est compatible avec cette action : le réaménagement de la voirie proche des futures gares et de celle impactée par les travaux permettra de la rendre plus accessible. |
| | 6.2 Rendre accessibles les transports en commun | Le projet sera accessible aux personnes à mobilité réduite. |
| | 7.2 Favoriser l'usage de la voie d'eau | Le projet est compatible avec cette action : une partie des déblais engendrés par le chantier sera évacuée par voie d'eau. |

# 6. Analyse des coûts collectifs induits par le projet

## 6.1 Introduction

L'«analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité» est une partie réglementaire des études d'impacts spécifiques aux infrastructures de transport et faisant suite à l'exercice de quantification des impacts du projet. Cette analyse permet de monétariser les externalités du projet pour l'environnement afin de pouvoir les mettre en balance avec les avantages que la collectivité peut en attendre. L'analyse des coûts collectifs représente donc un enjeu important pour le développement d'un système de transport plus durable, en accord avec les engagements du Grenelle de l'environnement.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du réseau de transport du Grand Paris dans son ensemble, il s'agit donc principalement d'évaluer les coûts collectifs liés aux pollutions atmosphériques, aux nuisances sonores, à la sécurité routière, aux émissions de gaz à effet de serre et aux effets sur l'urbanisme.

Les méthodologies à appliquer sont principalement régies par la note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport (DGITM) et son référentiel méthodologique.

## 6.2 Coûts de la pollution atmosphérique

### 6.2.1 Méthodologie

Les effets sur la santé de la pollution de l'air étant dépendants de la concentration de polluants et de la densité de population des zones polluées, la méthode proposée se base sur les flux de trafic selon différentes zones de densité de population. Cinq types de zones sont définies comme suit :

- l'urbain très dense avec une densité supérieure à 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain dense avec une densité comprise entre 1 500 et 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain avec une densité comprise entre 450 et 1 500 habitants/km² ;
- l'urbain diffus avec une densité comprise entre 37 et 450 habitants/km² ;
- l'interurbain avec une densité inférieure à 37 habitants/km².

Les coûts externes associés au trafic dans ces différentes zones sont repris dans le tableau ci-dessous :

**Coûts externes de la pollution atmosphérique, valeurs 2010 (€$_{2010}$/100veh.km)**

| | Urbain très dense | Urbain dense | Urbain | Urbain diffus | Interurbain |
|---|---|---|---|---|---|
| Véhicule particulier | 15,8 | 4,3 | 1,7 | 1,3 | 0,9 |
| Poids lourd | 186,6 | 37,0 | 17,7 | 9,4 | 6,4 |

Ces valeurs peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs, l'une proportionnelle aux émissions polluantes et l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. Les progrès techniques qui permettent de réduire petit à petit les émissions de polluants atmosphériques sont considérés comme faisant décroître la valeur de 6% par an entre 2010 et 2020. La valeur de la vie humaine augmente, par contre, comme la dépense de consommation par tête[35]. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

**Coûts externes de la pollution atmosphériques, valeurs 2020 (€$_{2010}$/100veh.km)**

| | Urbain très dense | Urbain dense | Urbain | Urbain diffus | Interurbain |
|---|---|---|---|---|---|
| Véhicule particulier | 10,27 | 2,80 | 1,11 | 0,85 | 0,59 |
| Poids lourds | 121,32 | 24,06 | 11,51 | 6,11 | 4,16 |

L'impact du projet sur les véh.km parcourus en Ile-de-France selon les différents types de tissu urbain (Urbain très dense, urbain dense, urbain, urbain diffus et interurbain) a ensuite été calculé sur base des résultats du modèle de transport et de la densité de population projetée pour chaque commune d'Ile-de-France.

### 6.2.2 Calcul des coûts

Les résultats de l'analyse de l'impact du projet sur les distances parcourues sont repris dans le tableau ci-dessous avec les coûts annuels qui y sont associés :

**Impact du projet sur les distances parcourues en Ile-de-France par les véhicules légers à l'horizon 2020 et coûts annuels de la pollution atmosphérique associés (en €$_{2010}$).**

| | Urbain Très dense | Urbain dense | Urbain | Urbain diffus | Interurbain | Hors IDF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Différence des distances parcourues annuellement ($10^6$ véh.km) | -218,2 | -97,8 | -46,5 | -34,5 | -5,0 | -3,2 |
| Coûts annuels associés millions €$_{2010}$ /an | -22,41 | -2,73 | -0,51 | -0,29 | -0,03 | -0,02 |
| | **-25,99** | | | | | |

La diminution des distances parcourues grâce au projet de la Ligne 15 Sud permet ainsi une diminution des coûts de la pollution atmosphérique s'élevant à environ 25,99 millions €$_{2010}$ par an à l'horizon 2020.

## 6.3 Coûts des accidents de la route

### 6.3.1 Méthodologie

Le calcul des coûts des accidents de la route se base sur les valeurs de la vie humaine et des blessés définies dans la Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports. Selon cette note, les valeurs sont les suivantes :

[35] selon l'évolution de l'indice de consommation finale des ménages (Insee) +1.9% entre 2010 et 2020.

**Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier pour l'année 2010**

| | Transport routier |
|---|---|
| Tué | 3 000 000 €$_{2010}$ |
| Blessé grave | 375 000 €$_{2010}$ |
| Blessé léger | 15 000 €$_{2010}$ |
| Accident | 4 600 €$_{2010}$ |

Ces valeurs sont considérées comme évoluant au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

**Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier à l'horizon 2020**

| | Transport routier |
|---|---|
| Tué | 3 621 288 €$_{2010}$ |
| Blessé grave | 452 661 €$_{2010}$ |
| Blessé léger | 18 106 €$_{2010}$ |
| Accident | 5 553 €$_{2010}$ |

L'impact du métro sur le nombre d'accidents a, quant à lui, été estimé sur base des distances parcourues par les véhicules routiers. Le nombre d'accidents et leur gravité étant largement dépendant du type de route, un taux a été défini pour trois différents types de routes : les autoroutes, les routes nationales (RN) et départementales (RD), et les routes d'agglomération.

Les taux d'accidents ont été calculés sur base des statistiques issues de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière[36], et projetés à l'horizon 2020 selon une baisse annuelle du taux d'accidents de 5% jusqu'en 2025. Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

**Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2020 (source : projections : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))**

| Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Type de route | Accidents | Blessés légers | Blessés graves | Tués |
| Autoroutes | 0,0398 | 0,0370 | 0,0215 | 0,0014 |
| RN + RD | 0,1261 | 0,1172 | 0,0703 | 0,0047 |
| Agglomération | 0,2233 | 0,2076 | 0,0371 | 0,0025 |

[36] Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011)

### 6.3.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

**Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020**

| | Autoroutes | RN + RD | Agglomération |
|---|---|---|---|
| $10^6$ véh.km | -154,7 | -194,9 | -55,6 |

La combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et des taux d'accidents permet ainsi d'évaluer les impacts du projet sur les accidents de la route. Ces impacts permettent alors sur base des valeurs associées à la vie humaine et aux accidents de calculer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

**Impacts du projet sur les accidents de la route à l'horizon 2020 et coûts externes annuels associés.**

| | Accidents | blessés légers | blessés graves | tués |
|---|---|---|---|---|
| Différence du nombre annuel d'accidents corporels | -43 | -40 | -19 | -1 |
| Coûts externes associés Millions €$_{2010}$ | - 0,24 | -0,73 | -8,64 | -4,63 |
| | **-14,24** | | | |

Les résultats montrent que le projet engendre donc une diminution des accidents de la route en Ile-de-France correspondant à des gains annuels de plus de 14 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020.

## 6.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre

### 6.4.1 Méthodologie

Les résultats du groupe de travail présidé par A. Quinet sur la valeur tutélaire du carbone repris dans le rapport du Centre d'analyse stratégique (2013) permettent d'évaluer la valeur de la tonne équivalent $CO_2$. Il est important de noter que contrairement aux valeurs de pollution de l'air, de bruit ou des accidents, la valeur de la tonne de $CO_2$ n'a pas été définie selon une démarche coût-avantages en évaluant les dommages causés mais bien sur une démarche coût-efficacité en

évaluant le niveau de taxation qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements de Kyoto[37].

Les valeurs tutélaires du carbone recommandées par ce rapport et reprises dans le référentiel méthodologique pour l'évaluation des projets de transport sont détaillées dans le tableau suivant :

**Valeur tutélaire d'une tonne de $CO_2$ selon le CAS (Valeur tutélaire du carbone, 2009)**

| | 2010 | 2030 | 2050 |
|---|---|---|---|
| Valeur en $€_{2010}$ | 32 | 100 | 200 (150-350) |

La croissance de la valeur s'élève donc à 5.8% par an entre 2010 et 2030 puis de 4,5% après 2030. En tenant compte de cette évolution, la valeur de la tonne de carbone serait ainsi de 56,2$€_{2010}$ en 2020, 124,6$€_{2010}$ en 2035 et 241,2$€_{2010}$ en 2050.

### 6.4.2 Calcul des coûts

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en termes d'émissions totales évitées grâce au projet aux horizons, 2020, 2030, 2035 et 2050.

**Emissions totales (cumul de toutes les années précédentes) induites ou évitées aux horizons 2020, 2035 et 2050 et coûts associés en millions d'euros$_{2010}$**

| année | Emissions de gaz à effet de serre induites ou évitées | Coûts associés Millions $€_{2010}$ |
|---|---|---|
| 2020 | + 656 690 $t_{éq}$ $CO_2$ | + 36,93 |
| 2030 | -1 005 300 $t_{éq}$ $CO_2$ | -100,53 |
| 2035 | - 2 684 300 $t_{éq}$ $CO_2$ | - 334,51 |
| 2050 | - 7 590 300 $t_{éq}$ $CO_2$ | -1 830,56 |

Les résultats montrent que les émissions de gaz à effet de serre nécessaires à la construction de l'infrastructure engendrent des coûts non négligeables évalués à approximativement 36,9 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020. Cependant, les résultats aux années ultérieures montrent que cet « investissement » est largement et rapidement compensé par les émissions évitées dès sa mise en service. Ainsi, en 2035, ce sont 334 millions d'euros$_{2010}$ épargnés et en 2050, environ 1,8 milliards d'euros$_{2010}$ épargnés.

Les grandes différences entre les valeurs aux horizons 2020 et suivants proviennent essentiellement de l'amortissement plus ou moins étalé de la construction sur les années de fonctionnement.

[37] Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, 25 mars 2004 et mise à jour du 27 mai 2005 puis le 16 juin 2014

## 6.5 Coûts des nuisances sonores

### 6.5.1 Méthodologie

Selon la méthodologie préconisée la Note technique du 27 juin 2014, la valorisation du bruit est fonction de la densité humaine, du type d'infrastructure et de la densité du trafic routier. Les coûts des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, sont repris ci-dessous :

**Valorisation du coût des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, pour le mode routier**

| Type de peuplement | Type d'infrastructure | Coût marginal VL trafic peu dense | Coût marginal VL trafic dense |
|---|---|---|---|
| Rural | Autoroute | 0,03 | 0,021 |
| | Nationale ou départementale | 0,12 | 0,108 |
| | Communale | 0,63 | 0,567 |
| Semi-urbain | Autoroute | 0,12 | 0,084 |
| | Nationale ou départementale | 0,20 | 0,18 |
| | Communale | 1,01 | 0,909 |
| Urbain | Autoroute | 0,34 | 0,238 |
| | Nationale ou départementale | 0,34 | 0,306 |
| | Communale | 1,89 | 1,701 |
| Urbain dense | Autoroute | 0,50 | 0,35 |
| | Nationale ou départementale | 0,55 | 0,495 |
| | Communale | 2,28 | 2,052 |
| Urbain très dense | Autoroute | 0,84 | 0,588 |
| | Nationale ou départementale | 1,01 | 0,909 |
| | Communale | 2,58 | 2,322 |

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête

### 6.5.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

**Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020 (véh.km)**

| | Autoroutes | RN + RD | Agglomération |
|---|---|---|---|
| Hors IDF (rural) | + 629 963 | -3 810 307 | -2 705 |
| Interurbain (rural) | -920 389 | -4 102 801 | -249 |
| Urbain diffus (semi-urbain) | + 7 434 374 | -41 512 659 | -423 315 |
| Urbain | -19 762 817 | -26 405 554 | -323 311 |
| Urbain dense | -43 385 119 | -52 924 943 | -1 458 599 |
| Urbain très dense | -98 687 766 | -66 101 462 | -53 389 187 |

En tenant compte de l'augmentation de la dépense de consommation, la combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et de la valorisation du coût des nuisances sonores permet ainsi d'évaluer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

**Coûts externes annuels du bruit associés au projet à l'horizon 2020 en millions d'€$_{2010}$**

| | Agglomération | Autoroute | RN RD |
|---|---|---|---|
| Coûts externes associés $10^6$ €$_{2010}$ | -0,15 | -0,09 | -0,12 |
| | **-0,36** | | |

Comme l'a montré l'analyse des impacts du projet sur le bruit sonores, les variations des flux de véhicules routiers ne sont pas susceptibles d'influencer de manière significative les niveaux de bruit. Les coûts externes associés sont donc logiquement faibles et représentent pour le projet un gain annuel de l'ordre de 360 000 euros.

## 6.6 Coûts de périurbanisation éludables

La croissance prévisible de la population et de l'emploi en Ile-de-France, accentuée par la mise en œuvre du projet, générera des besoins importants en surfaces de plancher. Afin d'être en mesure d'accueillir ces besoins, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces de plancher disponibles. Or, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est rare. C'est pourquoi, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, il est attendu un report naturel des besoins de nouvelles constructions vers les franges urbaines périphériques et à une consommation progressive des espaces ruraux de seconde couronne et des régions limitrophes au profit d'un paysage d'habitat pavillonnaire.

Pour qu'un tel accroissement de populations puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il est nécessaire que l'urbanisation future soit structurée par des opérations planifiées plus denses. Celles-ci devraient s'appuyer sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet. En effet, la mise en place d'une infrastructure de transport d'une telle envergure, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, crée la polarisation requise et rend possible et attractive la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords.

Dans l'exercice d'évaluation des impacts du projet sur l'occupation du sol, il a été souligné, que, sous réserve des conditions nécessaires à une concentration des surfaces nouvelles à proximité du réseau de transport en commun, la mise en œuvre du projet aurait un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain et, ce, à grande échelle. Il se traduirait notamment par la préservation de 1 470 ha d'espaces ouverts de l'urbanisation nouvelle.

L'objet de l'exercice proposé ici est de valoriser en termes financiers la participation du projet à la limitation de l'étalement urbain. Sont estimés ici les bénéfices potentiels imputables au Métro du Grand Paris et dus à ce que sa réalisation rend possible une urbanisation plus dense que celle qui se produirait sans projet. « Potentiels » car ces bénéfices ne seront visibles que si des mesures d'accompagnement visant à la densification aux abords des arrêts de transport en commun et au renouvellement du parc bâti ne sont mises en œuvre en parallèle du projet.

Les coûts externes liés à l'étalement urbain sont les coûts marginaux de la construction d'un nouveau bâtiment en termes de consommation d'espace, d'équipements, d'infrastructures et de services publics. Les coûts résultant de l'étalement urbain seront donc plus élevés dans un contexte urbain à faible densité que dans un environnement urbain dense. Ces coûts ne sont généralement pas couverts par les ménages ou l'activité qui les créent mais par la collectivité toute entière ; il s'agit ainsi de « coûts externes ».

Les coûts externes pris en compte dans ce bilan économique sont :

- Les coûts liés à la consommation des espaces ruraux situés en périphérie en lien avec la valeur monétaire que leur accordent les citoyens ;
- Les investissements d'extensions des voiries et réseaux divers (VRD) nécessaires à l'extension des zones d'habitat et d'activité ;
- Les suppléments de coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD causés par la dispersion des habitations dans les zones peu denses.

### 6.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle

La valorisation de la préservation des espaces ruraux de l'urbanisation nouvelle s'inspire des valeurs monétaires estimées selon les recommandations du rapport « Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK » réalisé pour le Department for Environment, Food and rural Affairs du Royaume-Uni. Ce rapport analyse les évaluations de la disposition à payer pour la proximité d'espaces ouverts obtenues dans différents contextes et avec différentes méthodes et en tire des estimations à utiliser pour comparer des programmes de développement urbain dans les différentes villes du pays. Les valeurs par hectare ont été obtenues principalement par deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport.

La première méthode d'évaluation contingente (MEC) consiste à reconstituer un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler leurs préférences, c'est-à-dire la valeur qu'ils accordent à un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés. De manière générale, il s'agit de « consentement à payer » (CAP). Sa mise en œuvre repose sur la réalisation d'enquêtes, auprès d'un échantillon représentatif de la population, au cours desquelles sont soumis aux personnes des scénarii fictifs destinés à les aider à formuler cette valeur. Le CAP reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

La seconde méthode d'évaluation par le coût de transport considère, quant à elle, que cette valeur est implicitement révélée par le temps consacré par les individus pour se rendre en visite à un site particulier (sa valeur monétaire est le plus souvent calculée en référence au salaire), auquel s'ajoutent les dépenses consenties (essence, etc.). L'évaluation donne lieu à des enquêtes auprès des personnes pratiquant les loisirs, qui peuvent être réalisées sur site ou hors contexte.

Selon cette étude, les surfaces économisées peuvent être classées en quatre catégories : milieu naturel et semi-naturel, agricole intensif, agricole extensif et forêts. Cette même étude a analysé les évaluations de la disposition à payer des habitants pour la proximité d'espaces ruraux dans différents contextes et avec deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport. Les valeurs par hectare obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces estimations sont le prix que les citoyens seraient prêt à payer collectivement chaque année pour préserver l'usage existant de ces espaces périphériques.

**Consentement à payer annuellement par hectare de frange urbaine par les citoyens selon la frange urbaine considérée (Source : Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK, Department for environment food and rural affairs, Appendix K, April 2004)**

| Type de frange urbaine | Consentement à payer annuel par hectare ($€_{2010}$) | Etude de référence[38] | Méthode d'évaluation utilisée |
|---|---|---|---|
| Milieu naturel et semi-naturel | 2 409 | Hanley & Spash (1993) | MEC - MECT |
| Agricole intensif | 149 | Bowker & Diychuck (1994) | MEC |
| Agricole extensif | 1 172 | Willis et al (1995) | MEC |
| Forêts | 3 766 | Bishop (1992) | MEC |

MEC : méthode d'évaluation contingente – MECT : méthode d'évaluation par le coût de transport

*Nota : le « consentement à payer » issu de la méthode d'évaluation contingente reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats de la MEC peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.*

[38] Voir détails de ces références dans la partie « Bibliographie »

Pour exploiter ces estimations dans le cadre du projet, il est fait l'hypothèse que l'extension de l'urbanisation à la périphérie de Paris consommera les espaces naturels agricoles et forestiers dans les mêmes proportions que celles observées en Ile-de-France entre 1996 et 2007[39], soit 84,9 % de terres agricoles[40], 14,5 % d'espaces naturalisés et 0,6% de boisements. A partir de cette hypothèse, une valeur annuelle moyenne pondérée de l'hectare préservé de 522$€_{2010}$/ha/an est retenue.

Ainsi, à l'horizon de la mise en service complète du projet (2020), l'économie d'espaces ruraux urbanisés réalisée grâce au projet évaluée à -1 470 ha, correspond à une valeur de 767 340 euros$_{2010}$ par an en faveur du projet. Ces gains continueront à croître avec le temps et devraient s'élever à - 1 833 264 euros annuellement à l'horizon 2030.

*Remarque : ces estimations monétaires ont été obtenues à partir d'une évaluation basée sur le transfert de données issues d'une méthode d'évaluation contingente et d'une évaluation par le coût de transport réalisées durant les années 90 dans un contexte anglo-saxon, différent de celui de l'Ile-de-France.*

### 6.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle

La consommation des espaces non bâtis nécessaires à la construction des surfaces de plancher pour l'accueil des populations et des emplois nouveaux va nécessiter des coûts de viabilisation qui dépendront du parcellaire construit. Il a en effet été souligné dans l'analyse des impacts sur la population, l'emploi et l'occupation des sols que le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influençait la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, la diffusion périurbaine a pour conséquence de dédensifier les formes d'habitats et d'activités et de disperser les bâtis sur de très vastes étendues territoriales.

En raison de ces processus, il est donc nécessaire, pour desservir un même nombre de ménages et d'activités, que les longueurs des infrastructures et des réseaux augmentent. Suite à cet allongement, des surcoûts de viabilisation à la construction apparaissent donc.

Le tableau suivant montre des estimations de coûts primaires moyens d'équipements pour trois types de parcelles dans un lotissement (avec création de voirie) en fonction de leur largeur à front de voirie : respectivement 7, 20 et 30 mètres. D'après ces chiffres, les coûts de viabilisation s'élèvent à approximativement 180 000$€_{2010}$ par hectare.

[39] Source : Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement Ile-de-France. Observation de la consommation des espaces agricoles et naturels en Ile-de-France et en Essonne entre 2004 et 2007.
[40] Par défaut : 90% d'intensif, 10% d'extensif

**Estimation du coût primaire moyen d'équipement (en € 2008) de trois types de parcelles dans un lotissement avec création de voirie (largeurs à front de voirie de 7, 20 et 30 m) (Source : Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau, J.M. Halleux, J.M. Lambotte, 2008, p.28)**

| | *Coût unitaire* | Part | *7 m* | *20 m* | *30 m* |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coûts « variables »** | | | | | |
| Électricité (2 côtés) | 35 € m | 1 | 245 € | 700 € | 1 050 € |
| Éclairage public (1 côté) | 62 € m | ½ | 217 € | 620 € | 930 € |
| Eau (2 côtés) | 100 € m | 1 | 700 € | 2 000 € | 3 000 € |
| Incendie (1 côté) | 10 € m | ½ | 35 € | 100 € | 150 € |
| Gaz (2 côtés) | 37 € m | 1 | 259 € | 740 € | 1 110 € |
| Voirie (6 m de large)<br>(commune aux 2 côtés)<br>avec égout complet<br>sans égout | <br>495 € m<br>320 € m | <br>½<br>½ | <br>1 733 €<br>1 120 € | <br>4 950 €<br>3 200 € | <br>7 425 €<br>4 800 € |
| ***Total coûts variables (maisons des deux côtés de la voirie)*** | | | **3 190 €** | **9 110 €** | **13 660 €** |
| **Coûts « fixes » (y compris raccordements)** | | | | | |
| Électricité | 185 € parcelle (cabine de transformation) | | | | |
| Eau | 1 100 € parcelle (raccordement) | | | | |
| Gaz | 40 € parcelle (poste de transformation)<br>745 €/parcelle (raccordement) | | | | |
| *Total (coûts variables et coûts fixes)* | | | **5 260 €** | **11 180 €** | **15 730 €** |

Le projet devrait induire une réduction des VRD nouvellement construits qui représente un coût d'approximativement 265 millions d'euros à l'horizon 2020, croissant jusqu'à environ 632 millions d'euros à l'horizon 2030. En posant l'hypothèse qu'en moyenne 60% des coûts d'investissements ne sont pas supportés par l'occupant mais par la collectivité, il est alors possible d'en déduire les coûts externes de l'étalement urbain en termes de viabilisation de l'urbanisation nouvelle. Ceux-ci s'élèvent respectivement à 159 millions d'euros à l'horizon 2020 et 379 millions d'euros à l'horizon 2030.

### 6.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD

Aux gains de viabilisation précédemment calculés s'ajoutent les gains annuels en termes de services publics collectifs. Plus précisément, la mise en œuvre du projet va permettre d'épargner annuellement des surcoûts créés :

- D'une part, par la **maintenance et le renouvellement des VRD**. Si les ménages occupants peuvent être sollicités pour couvrir une partie des coûts de viabilisation, ils ne sont pas tenus de couvrir les coûts liés à l'entretien ou à la réparation des réseaux. Dès lors, ce sont soit les distributeurs (qui répercutent ces frais via la facturation auprès des usagers) soit les autorités communales (qui se servent de l'argent des contribuables) qui couvrent le financement de ces charges récurrentes ;

- Et, d'autre part, par l'**exploitation des services publics** qui desservent les zones d'habitat et d'activité (distribution du courrier, ramassage des ordures, transports en commun, etc.). En effet, *« à chaque service collectif correspond un surcoût influence par son coût social global, c'est-à-dire le coût réel supporté par l'ensemble de la collectivité. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, les surcoûts générés seront évidemment d'autant plus importants que le secteur considéré est important »*[41]. Le type d'urbanisation (dense ou diffuse) influence la longueur des déplacements, mais aussi le choix du mode de transport utilisé, la fréquence des trajets ou encore la nature et la quantité des biens transportés par les services publics collectifs, ce qui joue aussi sur les coûts d'exploitation de ces services.

Par hypothèse, ces coûts récurrents ont été fixés à 10% du montant total initial des coûts de viabilisation. Cela représente donc des coûts externes de l'étalement urbain en termes d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD préservés grâce au projet de l'ordre de 26 millions d'euros annuellement à l'horizon 2020 et 63 millions d'euros à l'horizon 2030.

## 6.7 Synthèse des coûts collectifs

Les résultats des différents coûts collectifs sont résumés dans le tableau suivant. Ces résultats montrent que les gains liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la périurbanisation éludables dominent largement. Les gains liés aux pollutions atmosphériques et aux accidents de la route sont proportionnellement beaucoup plus faibles tandis que les coûts liés aux nuisances sonores sont pratiquement négligeables.

**Synthèse des coûts collectifs**

| | Pollution atmosphérique (2020) | Accidents de la route (2020) | Nuisances sonores (2020) | Gaz à effet de serre | Coûts de périurbanisation éludable (2020) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Coûts externes | -25,99 M€/an | -14,2 M€/an | -0,36 M€/an | 2020<br>+ 36,9 M€ | Consommation des espaces ruraux | 0,77 M€/an |
| | | | | 2035<br>-334,5 M€ | Coûts de viabilisation | 159 M€ |
| | | | | 2050<br>-1 830,6 M€ | Coûts d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD | 26 M€/an |

Ceci illustre, à nouveau, l'importance d'intégrer la construction d'une telle infrastructure de transport en commun dans une stratégie politique complète de développement territorial et de mettre en place des mesures d'accompagnement adéquates pour favoriser le développement d'une structure urbaine plus durable.

[41] *Les surcoûts des services publics collectifs liés à la périurbanisation : les réseaux d'infrastructures et les services de desserte. S.E.G.E.F.A, Université de Liège, mars 2000*

# 7. Analyse des méthodes et difficultés rencontrées

## 7.1 Préambule

Il convient de rappeler le contexte général de la réalisation de cette étude.

- Le projet est défini au niveau de l'avant-projet, habituel pour une étude d'impact. Cependant, les modalités de la conduite du projet font que certaines études techniques ne sont pas totalement réalisées, en particulier parmi celles permettant d'atteindre un niveau réel d'avant projet. C'est en particulier le cas des études géotechniques, des études relatives à la pollution des sols et des eaux souterraines, et des études relatives au système ferroviaire. La présente étude a été menée en recouvrement avec les études d'avant projet qui se sont achevées au deuxième semestre 2014**.**

- Les études géotechniques de base, la mission G1 au sens de la norme NF P 94 500, ont été réalisées en 2012/2013. Les résultats de cette mission ont été utilisés. Cette mission a permis d'améliorer la connaissance, mais ne constitue que la première étape du processus géotechnique défini par la norme ci-dessus. Ce processus prévoit d'autres missions en phase de conception, en particulier les missions G2, G3 et G4, dont la première n'est pas terminée. La connaissance issue des missions géotechniques reste donc partielle et à compléter.

- La présente étude d'impact a été établie en vue d'obtenir des autorisations de travaux pour une infrastructure de transport de grande envergure. Elle reprend et complète l'étude d'impact produite pour l'obtention de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP).

Les éléments ci-dessus expliquent le niveau général de précision de cette étude et l'existence d'éléments non définis du projet ne permettant pas une analyse détaillée.

Les éléments de cette étude d'impact sont donc à prendre en compte comme étant des éléments présentant un degré de précision qui reste à améliorer sur de nombreux sujets, pour lesquels les éléments sont présentés au niveau maximal de précision disponible.

Les éléments de ce chapitre détaillent les techniques et analyses réalisées.

## 7.2 Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie, eaux superficielles et pédologie

### 7.2.1 Climat

Seules les données météorologiques ont été prises en compte dans ce thème. Le changement climatique et les éléments associés sont traités par ailleurs, en liaison avec les analyses portant sur les gaz à effet de serre.

Les données proviennent des services de Météo France.

### 7.2.2 Topographie

L'analyse topographique et la cartographie reposent sur le Modèle Numérique de Terrain fourni par l'Institut Géographique National et mis à disposition par le Maître d'Ouvrage.

Les éléments figurant sur l'orthophotographie et le scan 25 de l'IGN ont également été utilisés.

Les emprises des ouvrages ont fait l'objet de levés topographiques précis par des géomètres-experts à partir desquels les études de conception ont été menées. Ces éléments sont utilisés pour les analyses à l'échelle de l'ouvrage.

### 7.2.3 Eaux superficielles

Les données proviennent de l'IGN pour la représentation cartographique générale, de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et de la DRIEE pour les représentations cartographiques relatives à la qualité des cours d'eau, aux masses d'eau et aux aquifères.

Les éléments du SDAGE Seine-Normandie et des SAGE concernés proviennent de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de sites internet institutionnels sur ce sujet.

Le caractère souterrain de l'ouvrage facilite grandement l'analyse.

### 7.2.4 Pédologie

L'analyse repose sur la carte pédologique régionale établie par l'INRA. Le niveau de précision de cette carte suffit largement au niveau d'analyse de la présente étude.

Pour le volet zone humide de cette étude, des sondages spécifiques ont été réalisés en application du protocole défini par la réglementation, c'est-à-dire à la tarière à main sur 1,20 m de profondeur au maximum.

## 7.3 Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie

### 7.3.1 Géologie

La description de la géologie a été réalisée à partir de deux sources d'informations distinctes et particulières :

- La géologie de surface a été analysée sur la base des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

  Des précisions lithologiques et stratigraphiques ont été apportées grâce aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS, site internet INFOTERRE) et grâce aux informations contenues dans l'ouvrage de G. FILLIAT « La pratique des sols et fondations ».

- La géologie « profonde » a pu être étudiée sur la base des résultats de la campagne de reconnaissance géotechnique G1 menée par la Société du Grand Paris.

  Les résultats partiels disponibles de la campagne de reconnaissance G2 menée par la Société du Grand Paris ont également été utilisés. Cette analyse de la géologie sera précisée via l'exploitation des données qui seront recueillies lors des futures missions géotechniques (fin de la mission G2 notamment) réalisées le long du tracé.

### 7.3.2 Hydrogéologie

#### *7.3.2.1 Contexte général*

La description de l'hydrogéologie a été réalisée à partir :

- Des cartes hydrogéologiques de l'Atlas des Nappes Aquifères de la Région Parisienne du BRGM (Service Géologique Régional Bassin de Paris, 1970),
- De la carte hydrogéologique de Paris du BRGM (DIFFRE, 1970),
- De la synthèse hydrogéologique de la région parisienne du BRGM (Feuille N°183, rapport BRGM DSGR.66.A66/1966),
- De l'ouvrage Hydrogéologie du Bassin de Paris de Claude Mégnien (1979),
- Du SDAGE du Bassin de la seine et des cours d'eau côtiers normands,
- Des Etudes d'avant projet fournies par la Société du Grand Paris,
- Des résultats des campagnes de mesures piézométriques menées par la Société du Grand Paris, alimentant les données relatives au contexte souterrain, et nécessaires à la réalisation des Etudes Préliminaires Approfondies,
- Des banques de données ADES et BSS,
- Des archives BURGEAP (précisions locales).

La piézométrie des nappes aquifères rencontrées sera affinée grâce aux ouvrages piézométriques qui seront réalisés ultérieurement. Des essais d'eau seront menés pour évaluer les paramètres hydrodynamiques locaux des nappes et définir les débits d'exhaures à gérer au sein des ouvrages (gares et puits).

#### *7.3.2.2 Qualité des eaux souterraines*

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines a été réalisée à partir des données publiques disponibles dans la base de données ADES. Les analyses d'eau disponibles dans les qualitomètres situés à l'intérieur du fuseau du projet ont été croisées avec les valeurs seuils définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS.

Dans le but de synthétiser les informations disponibles, quatre indices de pollution synthétiques ont été retenus : Indice hydrocarbure (hydrocarbures totaux, HCT), somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), somme des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et somme des composés organo-halogénés volatil (COHV). Dans le détail, les seuils suivants ont été retenus :

- Indice HCT ≥ 1 mg/l,
- Sommes des HAP ≥ 0,1 µg/l,
- Sommes des BETEX ≥ 100 µg/l,
- Sommes des COHV ≥ 100 µg/l.

Afin de qualifier l'état le plus actuel possible de l'eau des nappes aquifères, seules les dernières analyses réalisées dans les ouvrages ont été retenues. Cependant, les analyses disponibles sont parfois anciennes et ne reflètent pas forcément l'état qualitatif actuel des nappes (dégradation naturelle des polluants, non prise en compte des éventuels chantiers de dépollutions récents. Le non-dépassement des seuils 2, 3, 4 définis ci-dessus ne garantit pas que l'eau de nappe concernée respecte l'ensemble des valeurs seuil définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS. Les sommes des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et des composés organo-halogénés volatils (COHV) n'ont pas de valeur réglementaire en tant que telle, mais permettent d'apprécier la qualité générale des eaux souterraines.

Cette première analyse de la qualité des eaux souterraines a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration). Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

La Société du Grand Paris a entrepris des études sur ce sujet en liaison avec la gestion des sols pollués. Les résultats disponibles issus d'analyses d'eaux souterraines provenant de forages réalisés spécifiquement sont partiels et limités.

#### *7.3.2.3 Usages de l'eau*

Alors que le recensement des ouvrages utilisés pour l'alimentation en eau potable est exhaustif, le recensement des autres usages des eaux souterraines est plus délicat. Les ouvrages mis en jeu pour ces autres usages ont été recensés à partir de la BSS du BRGM. Cette base de données n'intègre pas toujours les ouvrages les plus récents (ouvrages à usage géothermique par exemple)

et recense parfois, à l'inverse, des ouvrages qui n'existent plus ou qui ne sont plus en fonctionnement (nombreux anciens forages industriels par exemple).

Cette information a été complétée par la consultation des services de la DRIEE.

Les zones faisant l'objet d'une exploitation importante des eaux souterraines pour d'autres usages ont été considérées en fonction de leur distance, mais également en fonction de la nappe captée. En effet, les captages profonds du Dogger par exemple (pour l'approvisionnement géothermique) présentent une protection suffisante pour ne pas être influencés par les pompages dans les 30 premiers mètres du sous-sol.

#### *7.3.2.4 Impact en termes de rabattement de nappe*

En section courante, le tunnelier à confinement est la méthode constructive très majoritairement employée. Elle ne nécessite pas de rabattement de nappe, le tunnelier s'affranchissant des charges d'eau et réalisant l'étanchéification de l'ouvrage au fur et à mesure de l'avancement.

Toutefois, les gares, les puits d'aération ainsi que certaines sous-sections seront réalisés en tranchées ou partiellement par excavation souterraine avec engins à attaque ponctuelle : il sera alors souvent nécessaire de pomper un débit résiduel en phase chantier pour la mise hors d'eau des fonds de fouilles. Localement, le fonctionnement des dispositifs de pompage est susceptible de perturber les écoulements des nappes d'eau souterraine. De la même manière, les eaux souterraines constituent un impact potentiel sur le projet et conditionnent les méthodes constructives employées.

La construction de parois moulées avec ou sans bouchon injecté (création artificielle d'un frein hydraulique en injectant un terrain perméable pour le rendre très peu perméable et ancrer la paroi moulée) permettra de limiter au maximum les débits résiduels à pomper.

Dans le fuseau, l'impact en termes de modification des caractéristiques des nappes a été défini en considérant le « critère aquifère » des nappes souterraines concernées (productivité plus ou moins forte des nappes).

Malgré l'absence de certaines données hydrogéologiques, l'estimation des impacts du projet a été menée par modélisation hydrogéologique, les données manquantes faisant l'objet d'hypothèses quantitatives basées sur la connaissance hydrogéologique générale et sur le retour d'expérience.

La modélisation hydrogéologique repose à la fois sur des données issues de mesure et sur des hypothèses permettant de reproduire des situations hydrogéologiques connues, puis d'estimer les impacts du projet par simulation à l'échelle de l'ouvrage ou du groupe d'ouvrages.

#### *7.3.2.5 Impact en termes « d'Effet Barrage »*

Compte tenu de son diamètre de l'ordre de 9 mètres, l'ouvrage souterrain est susceptible de faire barrage à l'écoulement des nappes d'eau souterraines ; il en résulte un relèvement de la piézométrie en amont de l'ouvrage et un abaissement de la piézométrie en aval.

Cet « effet barrage » a été quantifié en considérant, d'une part, le sens d'écoulement des nappes d'eau souterraine (l'effet barrage maximal est induit lorsque l'ouvrage souterrain est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe interceptée), et d'autre part, en considérant le pourcentage d'occultation de la nappe d'eau souterraine par l'ouvrage (plus le pourcentage d'occultation de la nappe est élevé, plus l'effet barrage est important).

#### *7.3.2.6 Qualité des eaux souterraines*

D'une part, en cas de pompage des débits d'exhaure, la qualité des eaux souterraines est susceptible d'avoir un impact sur le projet (réglementation très stricte, nécessité de traitement des eaux pompées avant rejet dans le milieu naturel, difficultés à trouver un exutoire pour le rejet, coût élevé du rejet dans les réseaux d'assainissement).

D'autre part, le pompage des eaux souterraines présentant une pollution significative est susceptible de favoriser une migration des polluants et une extension des zones polluées. L'évaluation des impacts potentiels en termes de pollution des eaux souterraines a été basée sur les données recueillies dans la banque de données ADES. L'analyse des données disponibles a permis d'identifier des zones de pollution avérée des eaux souterraines. Cette première analyse a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration).

Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

### 7.3.3 Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques

#### *7.3.3.1 Réseaux et ouvrages souterrains*

Dans l'agglomération parisienne, l'occupation du sol est fortement marquée par l'urbanisation et les infrastructures.

Parallèlement à l'occupation de la surface du sol, il existe une occupation du sous-sol qui est une contrainte à la réalisation de projets, en particulier souterrains.

L'objectif de cette partie est de quantifier l'occupation du sous-sol, à la fois en termes de répartition spatiale et de profondeur.

Compte tenu du degré de précision du projet, l'analyse portera sur les composantes principales des infrastructures souterraines : il s'agit des éléments assurant l'architecture générale des réseaux.

L'analyse repose entièrement sur la prise en compte et la cartographie de données relatives à ces réseaux. Elle considère principalement un projet souterrain, un projet aérien ayant une incidence négligeable sur cette thématique, sauf cas particulier.

Les éléments fins des réseaux, la desserte locale au niveau des bâtiments, ne sont pas pris en compte dans la présente analyse pour les raisons suivantes :

- Le niveau de définition actuel du projet ne permet pas une analyse à ce niveau de détail,
- En zone urbanisée, leur densité est très forte, les réseaux sont denses,
- Ces éléments sont pour la plupart situés à faible profondeur, dans les 10 premiers mètres.

Ces éléments devront être pris en compte lors des études de définition du projet. Néanmoins, ces éléments sont systématiquement déplacés dans les projets ayant une phase Voirie et Réseaux Divers.

Pour un réseau aérien au sol, ces éléments fins se déplacent hors de l'emprise du projet si cela est nécessaire : c'est une opération courante.

Pour un réseau aérien sur infrastructure, seuls les ancrages sont concernés de la même façon, la profondeur étant, en général plus importante (5 à 10m).

Pour un réseau souterrain, le tunnel passera en dessous de ces réseaux. En effet, les 10 premiers mètres sont également occupés par les fondations des bâtiments, les sous-sols (à usage de parking ou autre) et il n'est pas envisageable d'y faire passer un tunnel. A titre d'exemple, la dernière ligne de métro construite, la ligne 14, a été creusée à 40 m de profondeur.

Les éléments pris en compte sont donc les suivants :

- Les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, produits chimiques, eau chaude/réseau CPCU, eau potable, EDF,

- Les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées.

#### *7.3.3.2 Bâti et niveau de sous-sol*

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, les postes électriques, les stations de pompage, en somme tous les bâtiments destinés à tous les usages, présentent généralement un ou plusieurs niveaux au-dessus du niveau du sol, et parfois un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

Le type de fondation des bâtiments dépend à la fois des caractéristiques propres de chaque bâtiment et des caractéristiques géotechniques du sol sur lequel ils sont implantés.

Le réseau et les ouvrages liés au projet du Grand Paris, du tunnel jusqu'aux gares, en passant par les émergences, sont donc contraints par le bâti présent en surface, à la fois par la couverture de ce bâti, et par le mode de construction opéré. Le tunnel peut en effet croiser des fondations de types pieux profonds, ou des niveaux de sous-sols, ou bien encore l'implantation des gares peut être prévue à l'emplacement de bâtiments existants.

La connaissance de la couverture bâtie en surface, et de sa typologie constitue donc une approche générale pour évaluer les impacts du projet sur le bâti, et a fortiori les contraintes que le bâti existant impose au projet. Elle est un préalable à une étude plus détaillée du bâti et des fondations.

Les impacts ou interactions possibles sont de différentes natures :

- Impacts par vibrations émises par le déplacement des trains sur des sites sensibles, identifiés,

- Nécessité d'acquisition de terrains dans le cas de constructions présentes à l'emplacement prévu d'une gare, ou d'une émergence,

- Impacts sur les fondations en cas de fondations profondes,

- Impacts sur les fondations ou niveaux de sous-sols en cas de présence de nombreux niveaux de sous-sols, comme à la Défense par exemple.

La typologie du bâti a été établie à partir des éléments suivants :

- Carte IGN,

- Plans cadastraux,

- Données du site internet www.géoportail.fr.

Ces données ont été croisées avec le site internet Google Maps, dont l'outil Street View a notamment permis la vérification des niveaux des bâtiments sur le fuseau.

Enfin, des visites sur site ont confirmé les données initialement récoltées.

Le zonage différencie les bâtiments à usage classiques (usages résidentiels ou tertiaires) d'une part, selon leur hauteur, les hôpitaux, dont il est considéré qu'ils ont au moins un voire deux niveaux de sous-sols, et qu'ils présentent une sensibilité particulière (par exemple les canalisations d'oxygène), les sites sensibles de type sites militaires, aéroports, industriels, qui ne présentent pas nécessairement de niveaux de sous-sols, mais sont des espaces particuliers demandant une attention spécifique.

Les éléments remarquables ponctuels, comme des bâtiments de grande hauteur ponctuels dans un zonage à bas niveaux, ou bien les postes électriques, stations d'épuration, réservoirs d'eau… sont également représentés selon deux symboles. Ils nécessitent également une attention spécifique, sans toutefois présenter systématiquement une interaction avec le réseau du projet.

Les résultats sont donc ceux d'une grande échelle, l'objectif du présent rapport n'étant pas de déterminer au bâtiment près, hors cas particulier, l'impact du projet sur chaque bâtiment. Cependant, ce type d'étude sera nécessaire dans la définition du projet.

La méthodologie employée ne permet pas de connaître le type de fondation, puisqu'il faudrait une étude exhaustive bâtiment par bâtiment, les caractéristiques géotechniques du sous-sol pouvant changer dans une même rue. Elle ne permet pas non plus de connaître précisément la profondeur des bâtiments, et donc les niveaux de sous-sols.

En revanche, la hauteur des bâtiments, ainsi que la présence à proximité, ou non, de parkings aériens, permet de supputer leur profondeur, et de déterminer les zones à sensibilité plus ou moins forte.

## 7.4 Milieux naturel, faune et flore

### 7.4.1 Niveaux d'enjeux appliqués pour les expertises naturalistes

| *Niveau d'enjeu** | *Commentaire* |
|---|---|
| **TRES FORT**<br>**De portée nationale à supra-nationale voir mondiale** | **Espèces de faune** ou de flore indigène**<br>Présence d'au moins une espèce très rare/très menacée (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) au sein des cortège(s) associé(s)<br>Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés)<br>Diversité pressentie importante |
| | **Habitats**<br>Habitat (semi-)naturel très rare et menacé en France et dans la région administrative du site d'étude. Habitat d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitat. Selon l'état de conservation de l'habitat. |
| **FORT**<br>**Enjeu de portée régionale à supra-régionale** | **Espèces de faune** ou de flore indigène**<br>Présence d'au moins une espèce rare/ menacée (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) au sein des cortège(s) associé(s)<br>Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés)<br>Diversité pressentie importante |
| | **Habitats**<br>Habitat (semi-)naturel rare et menacé dans la région administrative du site d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat. |
| **MOYEN**<br>**Enjeu de portée départementale à supra-départementale** | **Espèces de faune** ou de flore indigène**<br>Cortège(s) associé(s) principalement constitué(s) d'espèces communes, présence de quelques espèces moins fréquentes (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent)<br>Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés)<br>Diversité pressentie importante |
| | **Habitats**<br>Habitat (semi-)naturel fréquent mais menacé OU habitat rare mais non menacé dans la région administrative du fuseau d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat. |
| **FAIBLE**<br>**Enjeu de portée locale, à l'échelle d'un ensemble cohérent du paysage écologique (vallée, massif forestier, etc.)** | **Espèces de faune** ou de flore indigène**<br>Cortège(s) associé(s) constitué(s) d'espèces communes (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) / déterminante Znieff<br>Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur occupé par une mosaïque de milieux naturels et de milieux artificiels)<br>Faible diversité pressentie |
| | **Habitats**<br>Habitat (semi-)naturel rudéralisé dont la flore est rendue banale et commune OU habitat fréquent et non menacé en France et dans la région administrative du fuseau d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat. |
| **NEGLIGEABLE**<br>**Enjeu de portée locale, à l'échelle de la seule aire d'étude** | **Espèces de faune** ou de flore indigènes**<br>Absence de milieu favorable au groupe biologique considéré, qui est donc présumé absent du fuseau d'étude (secteur dominé par une occupation du sol urbaine ou industrielle) |
| **NUL**<br>**Absence d'enjeu (taxons exotiques notamment)** | **Habitats**<br>Milieu très artificialisé (route, parking goudronné…) peu favorable à la biodiversité. |

*Le niveau de patrimonialité est généralement basé sur le croisement des statuts de rareté et de menace des différentes espèces. Cette hiérarchisation des enjeux reste **théorique** et peut être ajustée en fonction du « dire d'expert ».

En effet, en l'absence d'évaluation des statuts de rareté franciliens et en l'absence de liste rouge francilienne pour certaines espèces (Orthoptères entre autres), la patrimonialité donnée pour certains groupes est issue d'une estimation à dire d'expert largement basée sur les publications spécifiques pour chaque groupe (les références détaillées sont indiquées dans chaque bioévaluation).

**= à pondérer pour les oiseaux selon le statut de nicheur en Ile-de-France.

### 7.4.2 Statuts réglementaires et statuts de rareté/menace des espèces et habitats et définitions

#### *7.4.2.1 Protection d'espèces*

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

*a. Droit international*

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- La Convention de Bonn (23 juin 1979) concernant les espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- La Convention de Berne (19 septembre 1979) sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe ;
- La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- La Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

*b. Droit européen*

En droit européen, ces dispositions sont régies par les articles 5 à 9 de la directive 2009/147/CE du 20 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages, dite directive « Oiseaux », et par les articles 12 à 16 de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la flore et la faune sauvage, dite directive « Habitats / Faune / Flore ».

L'Etat français a transposé ces directives par voie d'ordonnance (ordonnance n°2001-321 du 11 avril 2001).

*c. Droit français*

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation […] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[…]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction.

#### *7.4.2.2 Statut de rareté/menace des espèces*

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation conduit à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise, présentés pour chaque groupe, n'ont pas de valeur juridique.

#### *7.4.2.3 Espèces potentielles*

**Sont considérées comme potentielles les espèces :**

- Dont il est fait mention de la présence dans une source bibliographique fiable et récente ;
- Connues sur des territoires géographiques proches ;
- Disposant sur l'aire d'étude de milieux adaptés à leur écologie.

Une espèce potentielle est donc une espèce non inventoriée dont il n'est pas possible d'écarter définitivement la présence.

## 7.4.3 Prospections flore / habitat naturel

### *7.4.3.1 Méthodologie d'approche*

L'étude de la flore a été réalisée dans l'optique de révéler la biodiversité floristique globale pour dégager les principaux enjeux et expertiser les différents habitats présents sur les zones d'étude.

Ces prospections avaient pour objet de caractériser les différents types de végétations et de rechercher d'éventuelles plantes protégées et/ou à statut de rareté sur la zone d'étude.

Certaines dates de prospections peuvent se révéler tardive pour certaines espèces précoces et ne permettent évidemment pas de prétendre à l'exhaustivité des inventaires (certains taxons non identifiables en l'état) ; aussi l'analyse ne peut-elle proposer qu'un aperçu de l'intérêt patrimonial supposé de la flore et des habitats du site.

Les limites techniques inhérentes aux prospections de terrain reposent sur la difficulté voire l'impossibilité d'accès à certaines zones (terrains et propriétés privés et clôturés, zones de chantier, carrières en activité).

### *7.4.3.2 Nomenclature*

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée dans cette étude est celle de la Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France (B.D.N.F.F., consultable et actualisée en ligne sur le site www.tela-botanica.org ).

En ce qui concerne les habitats naturels, la nomenclature utilisée est celle de la typologie CORINE BIOTOPES (BISSARDON M *et al*, 1997), référentiel de l'ensemble des habitats naturels présents en France et en Europe. Dans ce document, un code et un intitulé sont attribués à chaque habitat naturel décrit.

Les habitats naturels d'intérêt communautaire listés en annexe I de la directive européenne 92/43/CEE (dite directive « Habitats/Faune/Flore ») possèdent également un code spécifique. Parmi ces habitats d'intérêt européen, certains possèdent une valeur patrimoniale encore plus forte et sont considérés à ce titre comme « prioritaires » (leur code Natura 2000 est alors complété d'un astérisque *).

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Flore** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 20 janvier 1982 (modifié) relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire | Arrêté du 11 mars 1991 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Île-de-France complétant la liste nationale |

### *7.4.3.3 Outils de bioévaluation*

Les listes d'espèces recensées sur la zone d'étude sont rapprochées des listes de protection réglementaires et autres outils de bio-évaluation, établis par des spécialistes, pour apprécier le degré de rareté des espèces présentes. Ces éléments rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas toujours une valeur juridique (seules les listes d'espèces protégées et la directive Habitat apportent une protection réglementaire) mais sont des outils indispensables à l'évaluation patrimoniale des espèces.

## 7.4.4 Caractérisation des boisements

**La localisation et la caractérisation des boisements au sens du Code forestier a été réalisée lors des expertises dédiées aux habitats.**

Pour cela, l'ensemble des entités boisées situées sur ou à proximité des ouvrages du projet ont fait l'objet d'une expertise afin de répondre aux deux questions suivantes :

- L'entité boisée correspond-elle à un boisement au sens du Code forestier ?
- Si un boisement est identifié au sens du Code forestier, une demande d'autorisation de défrichement est-elle nécessaire ?

Afin de répondre à ces questions, plusieurs critères ont été étudiés. Ils sont synthétisés dans le schéma ci-contre. Ces critères sont définis sur la base des définitions présentées dans le Code forestier :

**L'Article L341-1 du Nouveau Code Forestier définit l'état boisé d'un terrain** « *comme le caractère d'un sol occupé par des arbres et arbustes d'essences forestières, à condition que leur couvert (projection verticale des houppiers[42] sur le sol) occupe au moins 10% de la surface considérée. Lorsque la végétation forestière est constituée de jeunes plants ou de semis naturels, l'état boisé est caractérisé par la présence d'au moins 500 brins d'avenir bien répartis à l'hectare. La formation boisée doit occuper une superficie d'au moins 5 ares (bosquet) et la largeur moyenne en cime doit être au minimum de 15 m* ».

**L'Article L342-1 du Nouveau Code Forestier précise les cas pour lesquels l'autorisation de défrichement n'est pas requise** :

*« 1° Dans les bois et forêts de superficie inférieure à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat, sauf s'ils font partie d'un autre bois dont la superficie, ajoutée à la leur, atteint ou dépasse ce seuil ;*

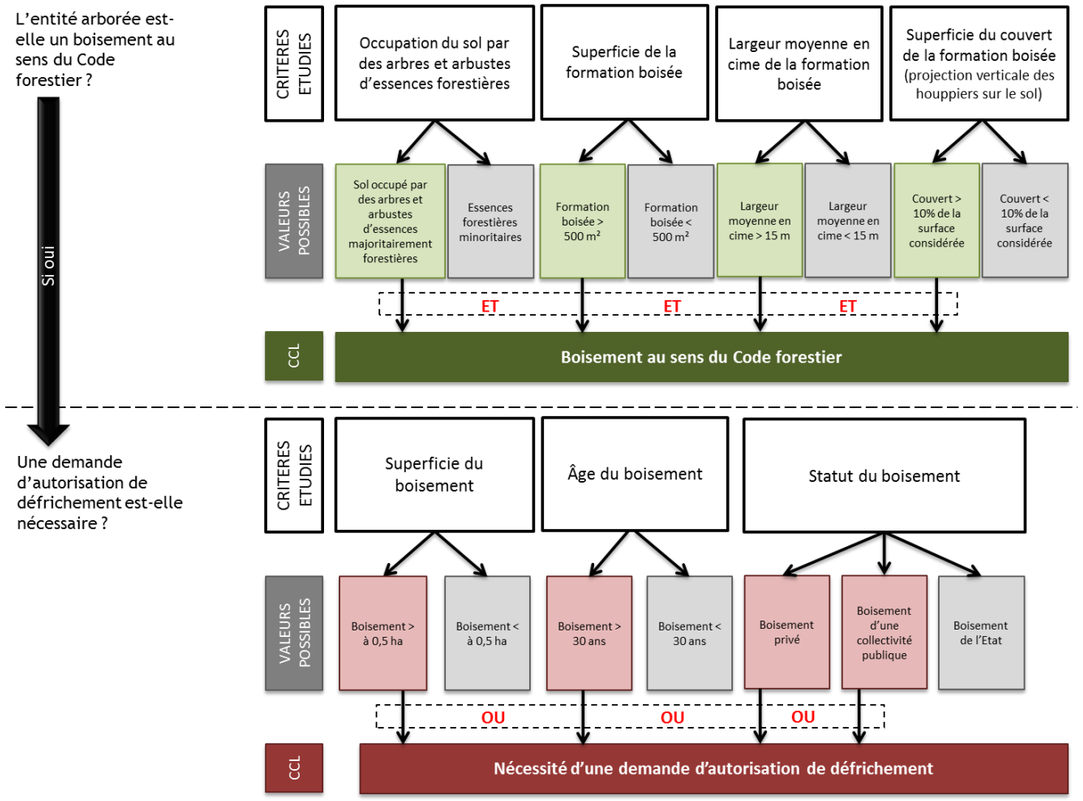
*2° Dans les parcs ou jardins clos et attenants à une habitation principale, lorsque l'étendue close est inférieure à 10 hectares. Toutefois, lorsque les défrichements projetés dans ces parcs sont liés à la réalisation d'une opération d'aménagement prévue au titre Ier du livre III du code de l'urbanisme ou d'une opération de construction soumise à autorisation au titre de ce code, cette surface est abaissée à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat ;*

*3° Dans les zones définies en application du 1° de l'article L. 126-1 du code rural et de la pêche maritime dans lesquelles la reconstitution des boisements après coupe rase est interdite ou*

[42] *Ensemble des branches, des rameaux et du feuillage d'un arbre*

*réglementée, ou ayant pour but une mise en valeur agricole et pastorale de bois situés dans une zone agricole définie en application de l'article L. 123-21 du même code ;*

*4° Dans les jeunes bois de moins de trente ans sauf s'ils ont été conservés à titre de réserves boisées ou plantés à titre de compensation en application de l'article L. 341-6 ou bien exécutés dans le cadre de la restauration des terrains en montagne ou de la protection des dunes. »*




## 7.4.5 Inventaire insectes

### *7.4.5.1 Méthodologie de prospection*

Les insectes et les reptiles ont été recherchés sur l'ensemble des sites par une prospection visuelle des habitats favorables, l'identification se faisant en vue rapprochée ou après capture/relâche au filet en cas de nécessité. Le relevé des orthoptères s'est également appuyé sur l'écoute des stridulations.

**Limites des inventaires**

Les limites méthodologiques liées aux prospections de terrain sont, d'une part le nombre de passages réalisés par site (un passage sur les sites à enjeu faible et deux passages sur les sites à enjeux avérés) qui contribue à ne fournir que des observations partielles quant à la richesse spécifique d'un milieu et d'autre part la date de ces passages centrés sur les mois de juillet à août. Ces mois sont considérés comme adaptés pour de nombreux groupes (et tout particulièrement les Orthoptères) mais négligent le printemps et le début de l'été qui constituent les périodes optimales d'observation de certains taxons comme les Rhopalocères précoces et les Reptiles.

### *7.4.5.2 Nomenclature utilisée*

L'objectif principal des relevés est de recenser les espèces protégées (au niveau national ou régional pour les insectes) ou patrimoniales sur l'aire d'étude, ainsi que de localiser les habitats utilisés par ces espèces.

| | **Niveau européen** | **Niveau national** | **Niveau régional et/ou départemental** |
|---|---|---|---|
| **Insectes** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection | Arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des insectes protégés en région Île-de-France et complétant la liste nationale |

### *7.4.5.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce*

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.

Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

Les outils de bioévaluation sont très variables d'un groupe à l'autre. Le niveau de patrimonialité est généralement basé sur le croisement des statuts de rareté et de menace des différentes espèces.

En l'absence d'évaluation des statuts de rareté pour de nombreux groupes franciliens depuis la sortie du guide de modernisation des znieff en 2002, la patrimonialité donnée dans le chapitre « Bioévaluation » est une estimation à dire d'expert largement basée sur les publications suivantes (les références détaillées sont dans la partie bibliographie) :

a. *Orthoptères*

- Atlas des Orthoptères ; UEF, 2009 ;
- Atlas des Orthoptères et mantidés de France ; Voisin, 2003 ;
- Guide de modernisation des Znieff d'Île-de-France, 2002 ;
- Liste rouge des Orthoptères de France ; Sardet & Defaut 2004 ;
- Sardet, 2008 (Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques N°12) ;
- Liste des Orthoptères d'Île-de-France, version 2013, OPIE ;
- Diverses communications personnelles de M. Serge Gadoum.

b. Lépidoptères

- Les papillons de jour d'Ile-de-France et de l'Oise, Doux& Gibeaux, 2007 ;
- http://www.lepinet.fr/
- Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)
- ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007)
- Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France

c. Odonates

- Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)
- ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007)
- Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France
- Liste rouge des Odonates de la région Île-de-France (autochtonie, rareté, fréquence et occupation), SFO/OPIE, 2013

## 7.4.6 Inventaire avifaune

### *7.4.6.1 Méthodologie de prospection*

Afin d'évaluer la capacité d'accueil de l'aire d'étude pour les oiseaux nicheurs, des inventaires ponctuels ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des types de milieux présents. L'objectif principal était de contacter les espèces remarquables présentes sur l'aire d'étude et cibler les secteurs à enjeu de conservation.

Afin d'évaluer les cortèges des oiseaux nicheurs sur l'ensemble de la zone d'étude, des inventaires ponctuels inspirés des IPA ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des milieux présents.

Deux techniques de prospection complémentaires ont été utilisées au cours de ces inventaires :

- L'écoute des chants et cris des oiseaux à partir de parcours réalisés sur l'ensemble de l'aire d'étude (méthode semi-quantitative inspirée des IPA), dans les différents milieux naturels présents. L'observateur note également les différents contacts visuels qu'il peut effectuer ;

- Pour les oiseaux ne se détectant pas par le chant (rapaces et grands échassiers essentiellement), une prospection visuelle aux jumelles et à la longue vue.

Ces techniques doivent être pratiquées le matin à l'heure où les oiseaux sont les plus actifs. Elle a l'avantage de pouvoir être réalisée lors d'un seul passage (en général au mois de juin) par point d'écoute si les conditions météorologiques sont favorables (temps sec, vent faible).

Concernant l'inventaire des espèces précoces, telles que les pics, sur l'aire d'étude, un passage spécifique a eu lieu plus tôt en saison (entre mi-février et mi-avril). C'est, en effet, à cette période de l'année que certaines espèces affirment leur territoire. La méthode de la repasse a été employée. Elle a pour but d'identifier les espèces présentes et d'estimer le nombre d'individus présents sur l'aire d'étude et ses abords immédiats.

Les noms scientifiques et français utilisés dans cette étude proviennent de la « Liste officielle des Oiseaux de France », diffusée par la Commission de l'Avifaune Française en 2007.

**Limites de la méthode pour l'inventaire des oiseaux**

La méthode d'échantillonnage, assez efficace, n'est cependant pas applicable aux espèces nocturnes ou celles à grand territoire telles que les rapaces qu'il faut donc considérer à une autre échelle. Chez ces derniers, le nombre de couples est estimé à la vue ou à partir de trace sur les sites fréquentés (fientes, pelotes) et leur statut (nicheur, de passage) apprécié en fonction du comportement (vol battu direct, pompes ou orbes d'individus observées en plein ciel). La méthode des échantillonnages est également plus difficile à réaliser si la zone à couvrir comporte un relief trop accidenté.

Les dates d'inventaires sont calées de manière à prendre en considération la majeure partie des espèces d'oiseaux susceptibles d'occuper ou de survoler le site. Il reste néanmoins important de noter que les passages effectués ne permettent pas de prendre en compte toutes les espèces.

#### 7.4.6.2 Nomenclature utilisée

**Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Oiseaux** | Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009, dite directive « Oiseaux » | Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire<br>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département | (néant) |

**Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Oiseaux** | Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004)<br>Birds in Europe 2 (BirdLife International, 2004)<br>Birds in the European Union – a status assessment (BirdLife, 2004) | Liste des espèces menacées en France, dans Oiseaux menacés et à surveiller en France, Liste rouge et priorité (YEATMAN-BERTHELOT D. & ROCCAMORA G. 1999)<br>Rapaces nicheurs de France (THIOLLAY & BRETAGNOLLE, 2004)<br>UICN France, MNHN, ONCFS & SEOF. 2011. La Liste rouge des espèces menacées en France, selon les catégories et critères de l'UICN. Chapitre Oiseaux nicheurs de France métropolitaine. | Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)<br>Les oiseaux d'Île-de-France – nidification, migration, hivernage (CORIF-Delachaux et Niestlé d'après Le Marechal, Laloi & Lesaffre, 2013)<br>ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007)<br>Birard J., Zucca M., Lois g. et natureparif, 2012. Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs d'Île-de-France. Paris. 72 p. |

#### 7.4.6.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). ). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.7 Inventaire amphibiens

#### 7.4.7.1 Méthodologie de prospection

Les prospections ont été réalisées sur l'ensemble des habitats favorables à ces espèces, situés sur l'aire d'étude. Les individus ont été recensé et localisé les individus et les zones de pontes des différentes espèces, leurs territoires potentiels d'hivernage, et les éventuels axes de migrations présents sur le site d'étude.

Deux protocoles d'observation ont été utilisés :

- La détection directe

Ce terme regroupe toutes les procédures de détection visuelle et auditive.

La détection visuelle est appliquée aussi bien en milieu terrestre qu'en milieu aquatique. Sur les sites de reproduction, tous les stades de développement sont concernés (adultes, larves, œufs…).

De plus, certaines espèces utilisent des signaux sonores pour signaler leur position à leurs rivaux et aux femelles. Ces chants sont caractéristiques de chaque espèce et peuvent être entendus à grande distance d'un site de reproduction.

Outre l'inventaire des espèces présentes, l'arpentage du milieu terrestre organisé selon un itinéraire de recensement permet de mettre en évidence les voies de déplacements des animaux.

Les visites, nocturnes et diurnes, ont été réalisées à pied mais aussi en voiture.

- La capture en milieu aquatique

Une technique classique de capture est la pêche à l'épuisette, très utile dans des points d'eau turbides et/ou envahis de végétation. Cette technique, susceptible de perturber le milieu naturel, a été utilisée avec parcimonie. Les animaux capturés ont rapidement été libérés sur place.

**Limites des inventaires**

Le printemps 2014 n'a pas été très favorable aux amphibiens : temps sec et températures nocturnes relativement basses.

#### 7.4.7.2 Nomenclature utilisée

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (http://www.lashf.fr/).

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Amphibiens** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire<br>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département | (néant) |

**Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Amphibiens** | 2004 Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004)<br>Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC et al., 2004) | Inventaire de la faune menacée en France (MNHN, 1994)<br>Les Amphibiens de France, Belgique, Luxembourg (Duguet & Melki, 2003)<br>Les Reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (Vachet JP. et Geniez M., 2010) | Liste des espèces déterminantes d'Île-de-France (CSRPN/DIREN Île-de-France, 2002)<br>Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Île-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Île-de-France<br>ORGFH Île-de-France (DIREN Île-de-France, 2007) |

#### 7.4.7.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.8 Inventaire reptiles

#### 7.4.8.1 Méthodologie de prospection

Les reptiles sont recherchés sur l'ensemble des habitats favorables : lisières forestières, haies, talus, zones xérophiles, bords de points d'eau…

Les prospections consistent essentiellement en une recherche diurne à vue (et à l'ouïe) des reptiles, de préférence lors de journées couvertes mais chaudes et moites au printemps ou à la fin de l'été. Les reptiles sont diurnes mais il peut également être observé certains serpents de nuit, en été, principalement au niveau des zones humides.

Les reptiles ont tendance à rechercher, pour s'abriter ou réguler leur température interne, des refuges à la surface du sol (pierres plates, rochers, souches…). Ces micro-habitats ont été recherchés et inspectés sur le fuseau d'étude.

#### 7.4.8.2 Nomenclature utilisée

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (http://www.lashf.fr/).

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Reptiles** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire<br>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département | (néant) |

**Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Reptiles** | 2004 Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004)<br>Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC et al., 2004) | Inventaire de la faune menacée en France (MNHN, 1994)<br>Les Amphibiens de France, Belgique, Luxembourg (Duguet & Melki, 2003)<br>Les Reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (Vachet JP. et Geniez M., 2010) | Liste des espèces déterminantes d'Île-de-France (CSRPN/DIREN Île-de-France, 2002)<br>Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Île-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Île-de-France<br>ORGFH Île-de-France (DIREN Île-de-France, 2007) |

#### *7.4.8.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce*

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). ). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.9 Inventaire chiroptères

#### *7.4.9.1 Méthodologie de prospection*

Les enjeux chiroptères étant très limités sur le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, seule une recherche de gîte a été opéré sur le secteur de la gare de Noisy-Champs et de la Butte verte.

Les boisements de secteur ont été parcourus sur une bande de 100 m à la recherche de sujets favorables au gîte des chauves-souris. Il s'agit d'arbres présentant des cavités, des loges de pic, des décollements d'écorces et autres caries pouvant accueillir des chiroptères, en période hivernale et/ou estivale. Plusieurs éléments sont relevés sur le terrain comme :

- l'essence de l'arbre, son diamètre et sa hauteur ;
- le type de gîte (fissure, trou de pic, branche creuse, écharde cassée, écorce décollée…), son orientation et sa situation (dans les bois, en lisière, en berge de rivière ou en bord de chemin).

#### *7.4.9.2 Nomenclature utilisée*

Les critères utilisés pour définir le degré de potentialité sont :

- gîte faiblement potentiel : gîte favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation
- gîte moyennement potentiel : gîte très favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation
- gîte fortement potentiel : arbre avec traces visibles d'utilisation

**Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Mammifères dont les Chiroptères** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.<br>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département. | |

**Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Mammifères dont les Chiroptères** | The UICN red List of Threatened Species 2008<br>The Status and Distribution of European Mammals (Temple & Terry 2007) | La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFEPM & ONCFS 2009)<br>« Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009) | Guide méthodologique pour la création de znieff en Île-de-France (DIREN 2002)<br>Statuts départementaux des espèces *in* « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)<br>Plan Régional d'Actions en faveur des chiroptères en Île-de-France : 2012-2016 (BIOTOPE, 2011) |

#### 7.4.9.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). ). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.10 Inventaire mammifères

#### 7.4.10.1 Méthodologie de prospection

Les observations ont été réalisées par les différents experts faunistes au cours de leurs prospections relatives aux autres groupes de faune.

L'inventaire des mammifères a été réalisé en utilisant deux techniques complémentaires :

- **Recherches d'indices de présence**

Les « indices de présence » sont autant de signatures laissées sur le terrain par une faune souvent très discrète et nocturne. Lors des reconnaissances et des investigations de terrain, les indices de présence sur chaque transect sont notés (dégâts sur les végétaux, indices sur les fruits et graines, indices sur les coquilles d'œufs, empreintes de pattes, traces de griffes, excréments, coulées, terriers et gîtes). Chaque indice est photographié et précisément localisé avec un GPS.

- **Observations directes**

Nos mammalogues mettront à profit sur le terrain leur connaissance de l'écologie et du comportement des grands mammifères (cerf, chevreuil, sanglier …) pour conduire des investigations de terrains qui leur permettront d'effectuer des contacts avec ces animaux. L'étude préalable sur fonds aériens des terrains d'investigation permettra une appréhension des zones de contacts potentiels avec les animaux permettant de cibler les prospections.

#### 7.4.10.2 Nomenclature utilisée

**Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| ***Mammifères dont les Chiroptères*** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.<br>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département. | |

**Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Mammifères dont les Chiroptères** | The UICN red List of Threatened Species 2008<br>The Status and Distribution of European Mammals (Temple & Terry 2007) | La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFEPM & ONCFS 2009)<br>« Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009) | Guide méthodologique pour la création de znieff en Île-de-France (DIREN 2002)<br>Statuts départementaux des espèces *in* « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)<br>Plan régional d'Action pour les chiroptères |

#### 7.4.10.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). ). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.11 Inventaire piscicole et expertise des berges

#### *7.4.11.1 Méthodologie de prospection*

Les résultats de cette étude sont essentiellement basés sur des observations de terrain réalisées au mois de juin 2014. Elles ont été complétées par les données bibliographiques.
L'expertise de terrain a été menée suivant les méthodes suivantes :

- Evaluation des potentialités d'accueil des cours d'eau ou fleuves expertisés;
- Recherche des frayères potentielles de bordure ;
- Observation des espèces à vue et capture éventuelle.

La recherche des habitats favorables sur les secteurs d'étude a présenté certaines limites en raison de l'existence de turbidité des eaux sur certains secteurs, ce qui rend la définition du substrat difficile, ainsi que l'identification des massifs d'herbiers aquatiques et l'observation de la faune aquatique. La prospection s'est donc déroulée par l'analyse de secteurs clefs (points d'observation) accessibles.

La définition des zones d'accueil, et notamment des zones potentielles de frayères, pour les différentes espèces présentes reste donc globale, et est basée sur l'évaluation de la qualité écologique générale des milieux.

#### *7.4.11.2 Nomenclature utilisée*

a. *Statut de protection*

En droit européen comme en droit français, le statut de protection des poissons est très variable selon les espèces.

Certaines espèces comme l'Esturgeon (*Acipenser sturio*) et l'Apron (*Zingel asper*) bénéficient d'une protection stricte, incluant celle de leurs « sites de reproduction et aires de repos », au titre de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 (dite directive « Habitats / Faune / Flore »). Cette protection du « milieu particulier » est reprise en droit français pour les deux espèces citées (arrêté du 20 décembre 2004).

Certains autres poissons peuvent bénéficier, en droit français, de la protection de leurs « milieux particuliers, et notamment [de leurs] lieux de reproduction », ces derniers devant au préalable être désignés dans le cadre d'un arrêté préfectoral (arrêté du 8 décembre 1988). C'est le cas par exemple de certaines zones humides dites d'intérêt environnemental particulier, dont le régime de submersion permet la reproduction d'espèces piscicoles menacées telles que le brochet. Il est d'ailleurs à noter qu'à l'échelon national, les deux tiers des poissons consommés sont dépendants de ces milieux associés au réseau hydrographique pour leur reproduction ou leur développement (Commissariat Général du Plan, 1993).

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|---|---|---|---|
| **Ichtyofaune** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive Habitats : articles, annexe II, annexe IV<br>Directive2006/44/CE DU 6 septembre 2006 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons<br>Règlement (CE) N° 1100/2007 du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes | Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L.214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie<br>Décret du 22 septembre 2010 relatif à la gestion et à la pêche de l'anguille<br>Décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole,<br>Décret du 14 décembre 2007 relatif aux obstacles à la continuité écologique, au sens du 1° du I de l'article L. 214-17 et de l'article R. 214-1<br>Arrêté du 20 décembre 2004 relatif à la protection nationale de l'esturgeon.<br>Arrêté du 08 décembre 1988 fixant la liste des poissons protégés sur l'ensemble du territoire | (néant) |

La protection des habitats reste donc la priorité en matière de protection des espèces piscicoles et de leur devenir. Le décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance et d'alimentation de la faune piscicole fixe d'ailleurs que « le fait de détruire les frayères ou les zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole est puni de 20 000 euros d'amende, à moins qu'il ne résulte d'une autorisation ou d'une déclaration dont les prescriptions ont été respectées ou de travaux d'urgence exécutés en vue de prévenir un danger grave et imminent ».

☞ Dans tous les cas, l'implication réglementaire peut être forte pour un projet d'aménagement.

b. *Statut de rareté / menace des espèces*

Les listes d'espèces protégées ne sont pas nécessairement indicatrices du caractère remarquable des espèces. Si pour la flore les protections légales sont assez bien corrélées à leur statut de conservation, aucune considération de rareté n'intervient par exemple dans la définition des listes d'oiseaux protégés.
Cette situation amène à utiliser d'autres outils de bioévaluation, établies par des spécialistes, pour évaluer la rareté des espèces présentes (voir tableau ci-après et bibliographie) : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas de valeur juridique.

| | Niveau européen | Niveau national | Niveau local |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Ichtyofaune** | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | MNHN, 1994 - Inventaire de la faune menacée en France,<br>MNHN, 1997 - Statut de la faune de France métropolitaine,<br>KEITH & ALLARDI, 2001 - Atlas des poissons d'eau douce de France.<br>KEITH & MARION, 2002 – Methodology for drawing up a Red list oh threatened freshwater fish in France.<br>P. KEITH, H. PERSAT, E. FEUNTEUN & J. ALLARDI (coord.), 2011 - Les poissons d'eau douce de France | Liste des espèces déterminantes de ZNIEFF (guide DIREN IDF 2002) |

#### *7.4.11.3 Support de l'analyse des enjeux*

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

### 7.4.12 Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites

#### *7.4.12.1 Échelles de travail*

Dans le cadre de cette étude, l'échelle de travail inclue le fuseau d'étude, zone tampon large de 500 m de part et d'autre des différents tracés potentiels du métro, incluant les éléments connexes (gares, ateliers de maintenance, etc.,).

#### *7.4.12.2 Typologie retenue pour l'occupation du sol*

La première étape de ce travail a consisté à lister les différents types d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude. Une typologie d'occupation des sols a été réalisée sur la base des données issues des couches d'occupation du sol produites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-Île-de-France) :

- Le MOS 47 postes, cartographie détaillée du mode d'occupation des sols axée sur l'urbanisation (version réactualisée en 2008) ;

- L'ECOMOS, cartographie des milieux naturels basée sur la réinterprétation des postes « naturels » du MOS, de façon à créer une couche compatible avec ce dernier (version unique de 2000).

Certains milieux (ou postes du MOS et de l'ECOMOS) présentant le même fonctionnement ont été regroupés. Les milieux ne produisant ni biens ni services écosystémiques ont été supprimés (ex : habitats, commerces, gares routières, zones de chantier, …). Le tableau de correspondance entre les intitulés du MOS/ECOMOS et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques est présenté ci-dessous.

**Correspondance entre les intitulés des postes du MOS (47 postes, 2008), de l'ECOMOS (2000) et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques (SE)**

| Source | Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000) | Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories) | Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories) |
|---|---|---|---|
| Ecomos | Feuillus sur sable | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| Ecomos | Forêt mélangée mésophile | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| MOS 47 | Bois ou forêts | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| Ecomos | Feuillus xéro à mésophile | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| Ecomos | Prébois calcicole | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| Ecomos | Forêt mélangée sur platière ou chaos gréseux | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| MOS 47 | Coupes ou clairières en forêts | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| Ecomos | sol nu, décapé | Espaces boisés | Milieux forestiers |
| MOS 47 | Peupleraies | Plantations | Milieux forestiers |
| Ecomos | Peupleraie | Plantations | Milieux forestiers |
| Ecomos | Résineux | Plantations | Milieux forestiers |
| Ecomos | Forêt marécageuse | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Feuillus humides | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Prairie humide | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Roselière | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Mégaphorbiaie | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Autre type de zone humide intérieure | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Mouillère | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Zone marécageuse avec saules | Zones humides | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Tourbière | Zones humides | Milieux aquatiques |
| MOS 47 | Eau | Eau | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Plan d'eau avec végétation aquatique | Plans d'eau | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Plan d'eau permanent libre | Plans d'eau | Milieux aquatiques |
| Ecomos | Plan d'eau avec nénuphar | Plans d'eau | Milieux aquatiques |
| MOS 47 | Surfaces en herbe à caractère agricole | Cultures | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Terres labourées | Cultures | Milieux agricoles |
| Ecomos | Culture à gibier + parcelle boisée | Cultures | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Cultures intensives sous serres | Cultures intensives | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Maraîchage, horticulture | Cultures spécialisées | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Jardins familiaux | Jardins familiaux | Milieux agricoles |
| Ecomos | Verger non entretenu | Vergers | Milieux agricoles |
| Ecomos | Verger en friche | Vergers | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Vergers, pépinières | Vergers | Milieux agricoles |
| MOS 47 | Jardins de l'habitat | Jardins | Parcs et jardins |
| MOS 47 | Parcs liés aux activités de loisirs | Parcs urbains | Parcs et jardins |

| Source | Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000) | Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories) | Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories) |
|---|---|---|---|
| Ecomos | Formations multistrates liées aux infrastructures ou installations | Parcs urbains | Parcs et jardins |
| MOS 47 | Parcs ou jardins | Parcs urbains | Parcs et jardins |
| Ecomos | Végétation clairsemée | Friches | Milieux ouverts |
| | Friche herbacée | Friches | Milieux ouverts |
| Ecomos | Friche sur ancienne terre agricole | Friches | Milieux ouverts |
| Ecomos | Pelouse en carrière | Prairies | Milieux ouverts |
| Ecomos | Affleurement rocheux ou sableux | Prairies | Milieux ouverts |
| Ecomos | Pelouse calcaire | Prairies | Milieux ouverts |
| Ecomos | Pelouse sur sable | Prairies | Milieux ouverts |
| MOS 47 | Surfaces en herbe non agricoles | Prairies | Milieux ouverts |
| Ecomos | Prairie mésophile | Prairies | Milieux ouverts |
| MOS 47 | Terrains vacants | Terrains vacants | Milieux ouverts |
| MOS 47 | Vacant rural | Vacants ruraux | Milieux ouverts |

Les libellés de cette nouvelle typologie ainsi que leurs définitions sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

**Typologie générale retenue pour l'occupation du sol (définitions adaptées au contexte de l'étude)**

| Milieux | Sous-catégories | Définition |
|---|---|---|
| **Milieux forestiers** | **Espaces boisés** | Forêts, coupes ou clairières en forêt et sols à nu décapés. |
| | **Plantations** | Plantations de peupleraies et de résineux. |
| **Milieux aquatiques** | **Zones humides** | Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée. |
| | **Eau** | Tous cours d'eau permanents sans restriction de largeur maximum. |
| | **Plans d'eau** | Plans d'eau permanents libres et plans d'eau avec végétation aquatique.. |
| **Milieux agricoles** | **Cultures** | Surfaces en herbe à caractère agricole. Terres labourées comprenant toutes formes de cultures annuelles, à l'exclusion des maraîchages et des cultures florales. Cultures à gibier et leurs parcelles boisées associées. |
| | **Cultures intensives** | Toutes cultures sous serres, châssis ou arceaux. |
| | **Cultures spécialisées** | Maraîchage et horticulture. Cultures intensives annuelles de plein air, cultures légumières de plein champ, maraîchages sans serres, ni châssis, cultures florales, … |
| | **Jardins familiaux** | Jardins, vergers, potagers sur des parcelles indépendantes de l'habitat d'usage familial et non de production agricole. |
| | **Vergers** | Toutes cultures fruitières de plus de 1000 m² homogènes et de production commerciale. La vigne est classée dans cette catégorie. |
| **Milieux ouverts** | **Friches** | Végétation clairsemée, friche herbacée, friche sur ancienne terre agricole. |
| | **Prairies** | Surfaces en herbe non agricoles associées aux infrastructures, aux terrains de manœuvre militaires, aux abords des pistes d'aérodromes, aux couloirs des lignes à haute tension, aux châteaux et similaires. Pelouse en carrière, pelouse calcaire, mésophiles ou herbacée. |
| | **Vacant rural** | Carrières abandonnées, terrains de manœuvres, vergers abandonnés, emprise de déboisement des lignes électriques. |
| | **Terrains vacants** | Terrains vagues en milieu urbain, terrains libres et non bâtis. |
| **Parcs et jardins** | **Jardins** | Jardins d'agrément, potagers ou vergers liés à l'habitat individuel ou rural, d'une superficie inférieure à 5000 m² et supérieure à 1000 m² environ par parcelles. Les jardins hors agglomération avec abris, cabane, etc. sont classés dans ce thème. |
| | **Parcs et jardins**[43] | Parcs et jardins (publics ou privés) dont la superficie est supérieure à environ 5000 m². Parcs liés aux activités de loisirs (parcs animaliers, zoos, parcs d'attractions, centres de loisirs sans hébergement), formations multi strates liées aux infrastructures ou installations. |

### *7.4.12.3 Identification des services écosystémiques*

Dans le cadre de cette étude, 15 services écosystémiques ont été identifiés dans le périmètre d'étude.

> ☞ Cette liste ne prétend pas être exhaustive car certains services sont parfois difficiles à qualifier ou sont parfois même contestés (voir méthodologie du rapport de l'étude globale pour plus de précisions).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. Le tableau suivant présente le lien établi entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

> ☞ Le lien entre milieux et services, présenté dans le tableau qui suit, permet une automatisation des résultats. Néanmoins, les milieux d'une même sous-catégorie peuvent apporter des services légèrement différents (par exemple, la chasse n'est pas pratiquée dans tous les espaces boisés, …). Ceci sera détaillé lors de l'étude précise des impacts (voir section suivante).

[43] *Certains parcs urbains sont caractérisés par la présence d'espaces boisés ou prairiaux. Lorsque ces entités sont de taille importante, leur superficie a été comptabilisée dans les catégories « Milieux forestiers » ou « Milieux ouverts ». La superficie des parcs urbains caractérisée par le MOS peut donc être inférieure à la surface réelle de ces parcs.*

## Lien entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques

| Services écosystémiques / Milieux | | Milieux forestiers | | Milieux aquatiques | | | Milieux agricoles | | | | | Parcs et jardins | | Milieux ouverts | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Espaces boisés | Plantations | Zones humides | Eau | Plan d'eau | Cultures | Cultures intensives | Cultures spécialisées | Jardins familiaux | Vergers | Jardins | Parcs urbains | Friches | Prairies | Terrains vacants | Vacant rural |
| APPROVISIONNEMENT | Production agricole | | | | | | ■ | ■ | ■ | | ■ | | | | | | |
| | Cueillette terrestre | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| | Récolte de bois | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| REGULATION | Ecrêtement des crues | | | ■ | | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Soutien d'étiage | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Autoépuration de l'eau | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Purification de la qualité de l'air | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Régulation du climat global | ■ | ■ | | | | | | | | ■ | | ■ | | | | |
| | Régulation du climat local | ■ | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Contribution à la pollinisation | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| SOCIO-CULTUREL | Paysage | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Chasse | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Pêche de loisir | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| | Sports de nature | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | Tourisme et loisirs de nature | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | ■ | | | | |

### 7.4.12.4 Evaluation des enjeux

Les surfaces des milieux naturels et semi-naturels[44] au sein de la Ligne 15 Ouest ont été calculées par traitement SIG du MOS 47 postes (2008) et de l'ECOMOS (2000). La correspondance entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques rendus permet ensuite d'en déduire les superficies en milieux (semi)naturels à l'origine des différents services écosystémiques[45].

### 7.4.12.5 Evaluation des impacts liés au projet

Pour ce projet, deux types d'impact ont été analysés :

- Les **impacts liés à la phase de construction** du métro (phase chantier), c'est-à-dire les impacts temporaires liées aux gares et ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier) ;

- Les **impacts liés à la phase d'exploitation** du métro, c'est-à-dire les emprises au sol permanentes des gares et des ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier). L'emprise au sol des entrées de gares n'étant pas sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris (SGP), elle n'a pas été prise en compte dans cette étude.

De même que pour l'évaluation des enjeux, les surfaces des milieux (semi)naturels impactées en phase chantier ou d'exploitation ont été calculées et mises en relation avec les différents services écosystémiques produits par ces mêmes milieux.

### 7.4.12.6 Services de régulation et quantification

La quantification des services écosystémiques nécessite un certain nombre de données qu'il n'a pas toujours été possible de réunir dans le cadre de cette étude. Il s'agit notamment de données issues d'études de fréquentation et de perception, de données biologiques (nombre d'arbres, capacité d'épuration d'une zone humide etc.), etc.… Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, elles nécessitent notamment la mise en œuvre d'enquêtes auprès des usagers ou des expertises de terrain qu'il n'a pas été possible de réaliser dans le cadre de cette étude.

Seule la quantification des services écosystémiques impactés par le projet est précisée dans la présente étude.

**<u>Service d'écrêtement des crues</u>**

Associé à une absorption des crues par un ralentissement de leur vitesse et une augmentation du temps de résidence des eaux, la quantification de ce service correspond à une estimation du volume d'eau potentiellement stocké par les milieux (semi)naturels en période de crue. Ce volume est approché grâce à la connaissance de la hauteur des lames d'eau observées lors de crues précédentes (1910 est classiquement la crue de référence) renseignées et géolocalisées par le PPRI d'Ile-de-France. Ce renseignement est alors croisé sous SIG avec la localisation des milieux (semi)naturels participants au service d'écrêtement des crues :

$$V_{eau} = \sum_{Hauteurs\ de\ lame\ d'eau} Surfaces\ milieux\ (semi)naturels * Hauteur\ de\ lame\ d'eau\ correspondante$$

*[44] Par souci de concision, l'intitulé milieux (semi)naturels sera utilisé dans le reste du document.*
*[45] A l'échelle de la Ligne Rouge Ouest et comme précisé dans le paragraphe précédent, la correspondance entre milieu et service est systématiquement détaillée.*

**Service de soutien d'étiage**

L'analyse de ce service nécessite la connaissance de la capacité de stockage d'eau par les milieux participant à ce service, donnée n'ayant pu être acquise dans le cadre de cette étude. L'étude de ce service reste donc qualitative.

**Service d'autoépuration des eaux**

L'analyse de ce service nécessite des données précises sur les capacités épuratoires des milieux (en particulier capacité d'épuration du nitrate), données qui n'ont pu être acquises dans le cadre de cette étude. L'étude de ce service restera qualitative. Malgré tout, la prise en compte de ce service ne doit pas être négligée dans un contexte où l'augmentation de la population nécessite d'accroître en parallèle les capacités d'épuration des installations (STEP, lagunage, etc.). L'étude de ce service reste donc qualitative.

**Service de purification de la qualité de l'air**

Les méthodes de quantification et de monétarisation les plus robustes de ce service se basent sur une estimation de la quantité de poussières et contaminants capturés par chaque arbre (Beauchamp E.M. *et al*, 1995, Biotope & Ecowhat, 2011 et Dwyer J.F. *et al*., 1992). Ces méthodes nécessitent donc la connaissance du nombre d'arbres présents sur l'aire d'étude. Cette donnée n'ayant pu être acquise dans le cadre de cette étude[46], l'étude de ce service reste donc qualitative.

**Service de régulation du climat global**

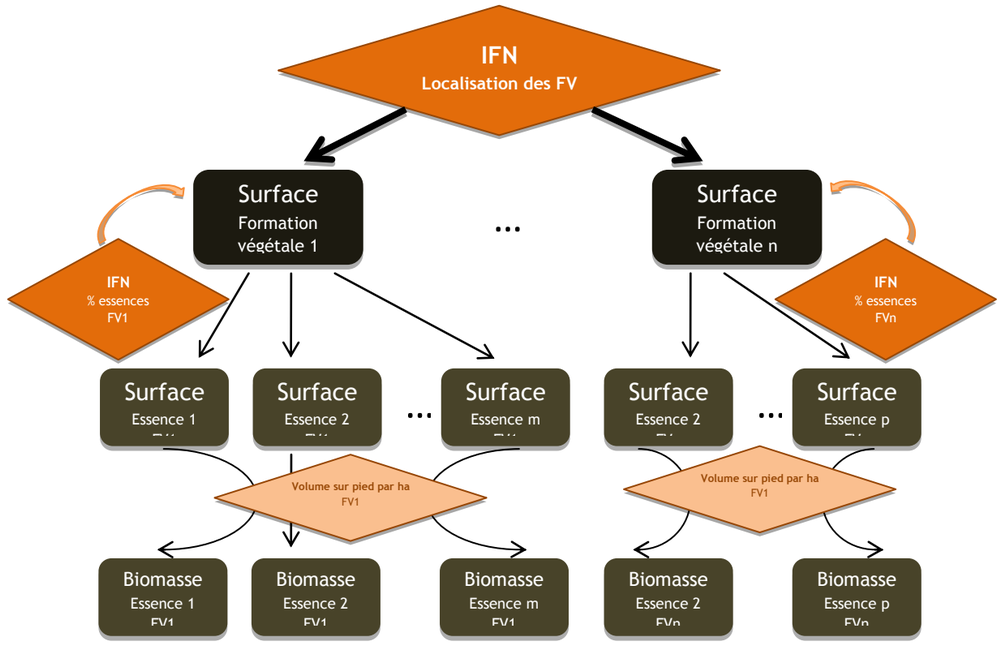
La quantification du service de régulation du climat global porté par les espaces boisés est basée sur une estimation du stockage de carbone assuré par ces milieux.

La quantification de ce service demande plusieurs étapes :

1. Estimation de la surface puis de la biomasse sur pied des milieux boisés par essence et par type de formations végétales : ces estimations sont réalisées sur la base de la localisation des différents types de formations végétales (données disponibles sur le portail cartographique de l'IFN), de la connaissance de la proportion des essences au sein de chaque formation végétale (FV) et de la connaissance du volume sur pied par hectare et par type de formation végétale (données départementales issues des inventaires forestiers départementaux réalisés par l'IFN) :

$$Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i,\ FV\ j} = Surface\ boisée_{Essence\ i} * Volume\ sur\ pied\ par\ hectare_{FV\ j}$$

*[46] Les données SIG « Ecoline » produites par l'IAU-IDF et Natureparif contiennent cette information à une échelle très précise (1/1 000e) mais couvrent principalement la grande couronne et ne recoupe quasiment pas la Ligne Rouge Ouest.*




Légende : se référer à la figure précédente. **IFN**
**FV**

**Quantification de la biomasse fournie par les espaces boisés pour le service de régulation du climat global au sein de la Ligne 15 Ouest**

- Calcul de la biomasse sur pied par essence :

$$Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i} = \sum_{FV\ j} Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i,FV\ j}$$

- Estimation du nombre de tonnes de bois des milieux boisés :

$$Nombre\ de\ tonnes\ de\ bois = \sum_{Espèce\ i} Biomasse_{Espèce\ i} * Densité_{Espèce\ i} * 1{,}28$$

*Le coefficient multiplicateur de 1,28 correspond à un facteur d'expansion des racines pour les feuillus (J-L. DUPOUEY, 2006).*

- Estimation du nombre de tonnes de carbone grâce à la connaissance de la concentration en carbone d'un arbre : 47,5% (J-L. DUPOUEY*, 2006*);

- Estimation du nombre de tonnes de $CO_2$ séquestrées, sachant qu'une tonne de carbone correspond à 3,7 tonnes de $CO_2$[47].

[47] *1 mole de $CO_2$ = 44 g et 1 mole de C = 12g. Une tonne de C stockée équivaut donc à environ 3,7 tonnes de $CO_2$ stockées.*

Certains milieux arborés du fuseau d'étude ne sont pas compris dans les données issues de l'IFN (parcs urbains de petites tailles notamment). Ils participent pourtant au service de régulation du climat global et représentent une superficie non négligeable. Néanmoins, leur analyse ne peut suivre le schéma précédent. Dans ces conditions, la méthode du transfert de valeur est utilisée pour ces milieux : la quantité de $CO_2$ séquestrée (t/ha) déterminée sur les milieux renseignés par l'IFN est appliquée à la surface des milieux qui ne le sont pas. Cette surface est par ailleurs pondérée par un taux de recouvrement du sol de 30 %[48].

**Service de régulation du climat local**

Les espaces verts ont un impact sur le microclimat en réduisant la vitesse du vent en hiver et en produisant de l'ombre l'été. Proches des habitations, ils permettent ainsi de diminuer la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation. Selon une étude réalisée par McPherson et Simpson (2003), les espaces verts constituent un brise-vent qui permet des économies de chauffage potentielles de 10 à 12 %. Par ailleurs, Heisler (1986) évalue une diminution des coûts liés à la climatisation de 20 à 50 % grâce à la présence d'arbres à proximité des habitations. Néanmoins, dans le cadre de cette étude, les données nécessaires à la quantification de ce service n'ont pu être acquises et l'étude de ce service restera qualitative.

### *7.4.12.7 Services socioculturels et quantification*

**Services socioculturels rendus par les parcs et les milieux boisés**

La quantification des services socioculturels est habituellement approchée par des données de fréquentation (nombre de visiteurs/an) dans les parcs et espaces boisés, données disponibles lorsque des études spécifiques ont été réalisées. Néanmoins, les données de fréquentation ne sont pas disponibles pour l'ensemble des parcs et espaces boisés du fuseau d'étude.

Pour pallier à ce manque de données, la quantification a été approchée par un autre indicateur : celui de la densité d'espace vert par habitant. Il permet d'évaluer l'offre en espaces verts disponible par habitant au sein d'une commune. La circulaire ministérielle du 8 février 1973, qui fixe les objectifs et les moyens réglementaires et fonciers dans la mise en œuvre d'une politique d'espaces verts en Ile-de-France, les définit comme des « *équipements d'intérêt public* ». Elle préconise une densité d'espaces verts de 10m²/hab en zone centrale et de 25m²/hab en zone périurbaine. Ces objectifs sont aujourd'hui préconisés par l'OMS et correspondent à des valeurs de référence dans la présente étude.

Les superficies d'espaces verts dans les communes concernées par le projet sont extraites à partir du MOS 47 postes[49] (2008) et ont été calculées avant-projet (valeur de référence), pendant (prise en compte de la diminution de superficie en espaces verts par les emprises chantiers) et après projet (prise en compte de la diminution de superficie en espaces verts par les emprises permanentes). Le nombre d'habitants des différentes communes a été extrait du recensement de la population de 2011 (selon les limites territoriales au 1er janvier 2013) réalisé par l'INSEE. La densité d'espaces verts (EV) par habitant a été déduite de ces deux données :

$$Densité\ d'EV_{Commune\ i} = \frac{Superficie\ EV_{Commune\ i}}{Nombre\ habitants_{Commune\ i,2009}}$$

[48] *Coefficient arbitrairement choisi par photo-interprétation.*
[49] *Les espaces verts considérés dans l'étude correspondent aux postes « Bois ou forêt » et « Parcs ou jardins » du MOS 47 postes.*

#### 7.4.12.8 Limites de la méthode

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet sont assortis d'un certain nombre de limites et incertitudes. Du fait de l'ampleur spatiale du projet, du manque de données chiffrées sur le territoire d'étude et de la fragilité actuelle des connaissances sur la dynamique des écosystèmes et de leur relation avec les services rendus, la quantification de certains services reste délicate. Un indicateur surfacique (superficie des milieux impactés) a donc été utilisé pour évaluer l'impact potentiel du projet du Grand Paris sur les services écosystémiques. Cette méthode assume un poids similaire entre services et sous-entend une relation linéaire entre la superficie d'un milieu et les enjeux associés aux services qu'il rend.

Concernant la quantification des **services socioculturels liés aux parcs urbains et espaces boisés** *via* l'indicateur de densité d'espaces verts par habitant, les projets d'aménagement d'espaces verts en cours ou à venir (notamment la création d'espaces verts aux abords des gares liées au projet de métro du Grand Paris) n'ont pas été pris en compte dans cette analyse. Par ailleurs, la densité en espaces verts par habitant, calculée sur la base de la population de 2011 et de la superficie en EV de 2008 est basée sur l'hypothèse qu'il n'y a eu aucune variation significative en 3 an.

### 7.4.13 Limites liées à la méthode de travail

#### 7.4.13.1 Etude des continuités écologiques

L'étude des continuités écologiques a reposé sur l'analyse réalisée dans le cadre de l'ESE. Une partie du travail d'analyse de la situation initiale a consisté en une identification des continuités écologiques du territoire d'étude, à l'aide d'une méthodologie de travail basée sur l'utilisation du MOS[50] 2008 et de l'ECOMOS 2000. Ce travail a été mis en perspective avec les réservoirs de biodiversité identifiés par la DRIEE et Natureparif ainsi que l'intégration du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE, documents de l'enquête publique disponibles en ligne).

Les corridors repérés n'ont par exemple, pas fait l'objet de vérification de terrain.

#### 7.4.13.2 Impacts cumulés

Pour des raisons pratiques, la liste des projets étudiés pour cette analyse correspond à des projets considérés comme suffisamment avancés dans leurs études réglementaires et/ou autorisations de l'autorité environnementale.

A ce stade, l'analyse des projets potentiellement en interaction a permis de lister les impacts cumulés potentiels, mais l'évaluation précise des effets nécessiterait des études complémentaires à des stades de définition des projets plus précis.

#### 7.4.13.3 Evaluation du niveau d'impact et du niveau d'enjeux

Compte tenu du niveau de précision du projet, une part de subjectivité réside dans les évaluations du niveau d'impact. L'utilisation de critères quantitatifs tels que le nombre et les types de zonage, les espèces en présence et leur statut pour les enjeux ou les surfaces impactées permettent de limiter cet effet.

#### 7.4.13.4 Effets visuels des ouvrages permanents

A ce stade de l'étude, les projets urbains des gares ainsi que les émergences éventuelles des ouvrages annexes sont en cours de définition. Aussi, il n'a pas été possible d'évaluer avec précision les effets visuels sur les monuments historiques à proximité. Une analyse est proposée et des recommandations sont formulées.

---

[50] *Mode d'Occupation des Sols (IAURIF)*

## 7.5 Population, emploi et occupation du sol

### 7.5.1 Méthodologie

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en situation avec projet et sans projet (situation « référence »), ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière.

Pour évaluer les besoins en surface nécessaires à l'accueil des populations nouvelles, les ratios suivants ont été utilisés de manière uniforme sur l'ensemble du territoire d'étude :

20m²SHON/emploi ;

30m²SHON/habitant.

Ces ratios définissent respectivement la surface moyenne attribuée par emploi et par habitant, exprimée ici en mètres carrés de Surface Hors Œuvre Nette (SHON).

Pour le logement, le ratio retenu se base notamment sur la moyenne des tendances annuelles d'évolution (croissante) entre 2005 et 2030 de la surface habitable par personne estimées par l'IAURIF[51]. En supposant une moyenne de 2.3 personnes par logement[52], cela revient à considérer une surface moyenne de 70m² SHON par logement.

Pour l'emploi, les surfaces moyennes par employé varient fortement selon le secteur d'activité concerné et il est très difficile d'estimer, d'ici à l'horizon du projet, l'évolution de cette surface moyenne. Ce, d'autant plus que les hypothèses d'évolution de l'emploi fournies par le Maître d'Ouvrage ne distinguent pas ces différentes catégories socioprofessionnelles. Dès lors, par souci de précaution, il a été jugé utile d'augmenter le ratio qui avait été utilisé lors de l'évaluation stratégique environnementale (à savoir 12m²SHON/emploi) et de le porter à 20m²SHON/emploi.

En multipliant ces ratios par les estimations d'évolution de la population et de l'emploi, il a été possible d'évaluer les surfaces supplémentaires nécessaires pour accueillir ces populations et ces emplois.

Il faut bien distinguer les notions de « surfaces hors œuvre nettes (SHON) », qui désigne les surfaces de plancher à construire des « surfaces au sol » nécessaires à l'accueil des dites SHON : un besoin plus important en surfaces nouvelles ne signifie pas forcément une consommation supérieure d'espaces naturels et agricoles. Cette consommation sera également fonction de la densité utilisée pour la construction de ces surfaces et, donc, du coefficient d'occupation du sol utilisé.

Une fois les surfaces SHON déterminées, il faut donc se poser la question suivante : *de quelle manière ces surfaces supplémentaires peuvent-elles être créées selon le lieu et selon le scénario étudié.* La démarche suivie pour répondre à cet objectif s'appuie sur la définition d'un niveau d'augmentation potentielle du COS[53] actuel d'ici à l'horizon de projet, appelé « $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ ». Les hypothèses de construction/densification qui en découlent ont été implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un Système d'Information Géographique.

Concrètement, un $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ a été appliqué à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, pour chaque scénario, et différencié selon :

- la **nature du MOS** qui détermine les caractéristiques architecturales ou urbaines de l'entité et, donc, sa capacité de densification[54]

- la **localisation par rapport à un arrêt de transport en commun** (critère utilisé uniquement pour les scénarios projet) : futures gares du métro du Grand Paris Express, mais également les gares de métro, de RER, de Transilien et de Tramway dont l'accessibilité augmentera fortement grâce à la mise en œuvre du projet. Les critères croisés et pris en compte sont les suivants :
  - un critère qualitatif, qui représente la qualité de la desserte TC de l'arrêt concerné en termes de fréquence et de nombre de lignes le desservant : la *typologie de l'arrêt de transport en commun* ; soit A, B, ou C[55].
  - un critère plus quantitatif, qui fournit une information supplémentaire sur l'offre TC disponible à l'arrêt à l'horizon de projet : *le gain, en termes de temps de parcours en transport en commun à destination du reste de l'Île-de-France*, que la mise en œuvre du projet va permettre de créer à chaque arrêt comparativement à une situation sans projet (référence). Ce critère est ventilé en 3 catégories : 0 (gains considérés « négligeables » ), 1 (gains d'accessibilité « moyens ») et 2 (« élevés »).
  - Les *périmètres d'influence*[56] de chaque arrêt : un « périmètre de référence » de 500 mètres (l'équivalent d'une zone d'accessibilité de 6 minutes à pieds) et un « périmètre rapproché » de 2 kilomètres (zone d'accessibilité en vélo).

L'application d'un $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, prenant en compte la densité supplémentaires rendue possible grâce à la mise en œuvre d'une infrastructure de transport d'une envergure telle que celle du métro du Grand Paris Express, a permis d'obtenir une estimation des surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir les nouvelle populations et emplois d'ici à l'horizon de projet.

### 7.5.2 Limites

Les cadrages socio-démographiques utilisés ont été établis pour apprécier les effets prévisionnels du projet, tant à l'échelle globale de la région Ile-de-France qu'à celle du territoire desservi par le tronçon « Ligne 15 Sud », en matière d'occupation du sol, mais aussi en matière de mobilité et de qualité de l'air. Ces hypothèses d'évolution démographiques n'ont donc pas vocation à être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels. Elles ont été construites dans un objectif stratégique, afin d'alimenter l'exercice d'estimation des impacts du projet et les chaînes de modélisation des outils utilisés, et non directement prospectif. S'agissant plus particulièrement de l'occupation du sol, il est nécessaire de garder à l'esprit que le choix des hypothèses d'entrée peut avoir des conséquences significatives sur les résultats obtenus dans l'étude d'impact environnemental, qui devront en tout état de cause être confrontés aux politiques d'aménagement mises en œuvre par les collectivités locales.

Pour les mêmes raisons, le niveau de définition stratégique des projections utilisées en matière de population et d'emploi n'a pas permis une analyse fine des effets du projet sur la démographie et l'économie franciliennes (par exemple : effets sur les caractéristiques des ménages, les secteurs d'activités des emplois, etc.). Des éclairages complémentaires sur les incidences du projet en termes de localisation des emplois, de productivité des entreprises ou encore de bilan social et

---

*[51] Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008*

*[52] Source : chiffre INSEE, 2008, pour la région Ile-de-France*

*[53] Le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) détermine la quantité de construction admise sur une propriété foncière en fonction de sa superficie. Multiplié par la superficie du terrain, il donne la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) constructible sur celui-ci.*

*[54] Voir, à ce sujet, le rapport de phase 2 de l'évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, page 280 (Société du Grand Paris, 2010)*

*[55] Les gares de type A sont les gares les mieux desservies ; celles de type C sont les gares les moins bien dotées au niveau fréquence et nombre de lignes. Les gares de type B se situent naturellement entre les deux précédentes.*

*[56] Source : potentiel de densification autour des pôles et des axes de transport en commun, Rapport final, DREIF, 2007 : http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Introduction_cle72afd1.pdf*

territorial sont toutefois apportés dans l'évaluation socio-économique figurant en pièce H du présent dossier.

Par ailleurs, l'ensemble de la démarche d'évaluation des impacts potentiels du projet sur l'occupation du sol s'appuie sur la construction de structures d'urbanisation permettant notamment de définir un niveau d'augmentation potentielle du COS d'ici à l'horizon de projet. Ce ΔCOS s'applique à chaque type de surface du mode d'occupation du sol actuel en fonction de différents critères (typologie, localisation, scénario étudié).

L'approche méthodologique utilisée est basée sur quatre points forts, dont trois qui possèdent des limites à souligner :

- L'évolution de la population et de l'emploi dans le périmètre étudié d'ici à l'horizon de projet : les hypothèses spécifiées par le définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière ont été utilisées comme données d'entrée de l'exercice.

- La conversion des populations et des emplois nouveaux en besoins supplémentaires de surfaces à créer d'ici à l'horizon de projet : l'hypothèse conservatrice utilisée est que le phénomène de desserrement des ménages ne s'accentuerait pas d'ici à 2030 et, qu'également, chaque nouvel emploi en 2030 nécessiterait la même surface de plancher qu'en 2005. Ce sont des hypothèses discutables qui font que les gains obtenus en faveur du projet peuvent être sous-estimés.

- Les hypothèses d'application des ΔCOS sur le mode d'occupation du sol actuel. Pour tous les scénarios, il n'a pas été pris en compte :

    - les contraintes réglementaires qui existent à l'heure actuelle dans certaines zones et qui sont un frein à un processus plus ou moins intense d'urbanisation/de densification (exemple : espaces naturels protégés, forêts de protection, sites classés, zones d'inconstructibilité, etc.) ;

    - l'évolution du prix du foncier qui va largement conditionner le choix d'implantation des ménages et des emplois ;

    - les démarches locales d'aménagement du territoire visant à favoriser de fortes densités dans la construction nouvelles et/ou une accentuation du rythme de renouvellement du bâti existant (ZAC, par exemple).

## 7.6 Mobilité

### 7.6.1 Méthodologie

L'approche méthodologique choisie est basée sur l'estimation de l'évolution du trafic routier et de la fréquentation des transports publics en 2020 (horizon de mise en service totale du tronçon « Ligne 15 Sud ») et en 2030 (horizon cible de mise en service du réseau global).

Les impacts du projet sur la mobilité et l'accessibilité sont quantifiés à l'aide du modèle de transport MODUS de la DRIEA qui utilise comme entrées des données comportementales issues en grande partie de l'Enquête Globale de Transport, et qui fournit comme résultats les variations d'accessibilité dans la zone d'étude, les distributions des déplacements dans l'espace, leur part modale et la fréquentation des réseaux. Les modèles de prévisions de trafic fournissent de nombreux indicateurs qui permettent de comprendre et de localiser les évolutions des comportements de mobilité : dans quelle mesure le métro automatique va-t-il concurrencer la route et quelle sera la nouvelle part modale des différents modes de transport ? Quels seront les gains de temps des voyageurs de transport public ? Quels seront les impacts sur la congestion du réseau routier et TC ?

Les éléments qui suivent décrivent le schéma de modélisation qui explicite la manière dont les modèles interagissent et précise les types de données d'entrée et de sortie.

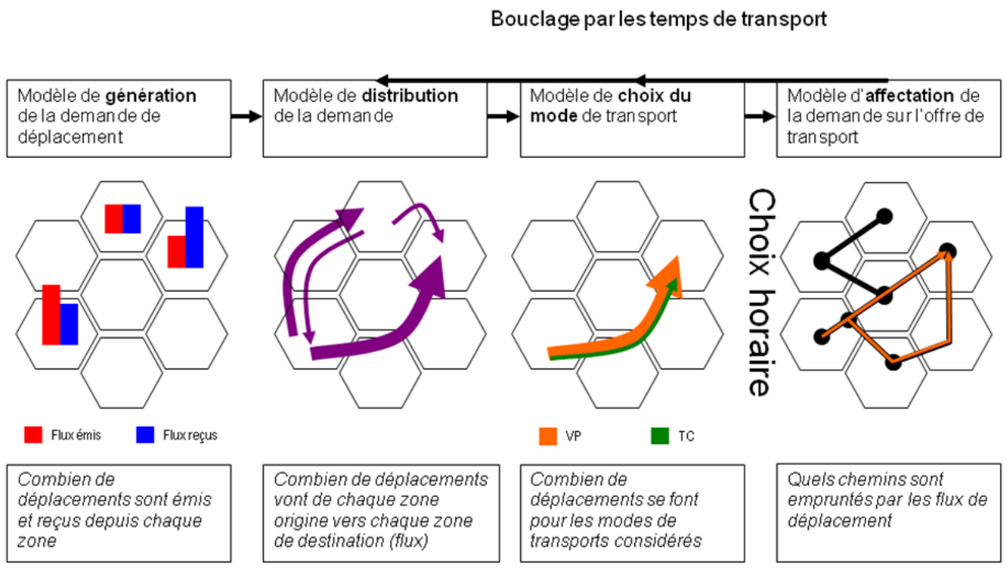
#### *7.6.1.1 Schéma de modélisation*

Le processus de modélisation permettant d'évaluer les impacts du projet sur la mobilité dans le modèle MODUS est décrit et schématisé ci-après.

MODUS est le modèle multimodal régional de déplacements de la DRIEA. Ce modèle multimodal a été construit pour reproduire la situation actuelle de la mobilité en Ile-de-France selon les trois modes de déplacements (transports en commun, voiture particulière et modes doux), à partir des données recueillies par l'Enquête Globale Transport[57]. Des lois de comportements de mobilité sont ainsi dégagées et permettent de faire des projections dans le futur pour d'autres configurations d'hypothèses de population et d'emplois, de système de transport ou de politiques publiques.

Comme tout modèle de déplacements, MODUS produit des indicateurs descriptifs de la mobilité et de son évolution, à partir de données de cadrage décrivant la situation à étudier. MODUS étant un modèle régional multimodal, ses données d'entrée et de sortie caractérisent le fonctionnement du système de transport à l'échelle de l'Ile-de-France, selon les divers modes et réseaux (route et TC notamment).

*[57] L'EGT (Enquête Globale Transport) est l'enquête ménages déplacements réalisée en Ile-de-France à intervalle régulier depuis plus de trente ans (1976, 1983, 1991, 2001). Les résultats de l'EGT 2010 (produits fin 2012) sont en cours d'intégration dans le modèle de déplacements MODUS.*




**Chaîne de modélisation utilisée (Source : DRIEA)**

### *7.6.1.2 Structure du modèle*

Le fonctionnement de MODUS s'appuie sur une description « séquentielle » des déplacements, conçus comme une succession d'arbitrages opérés par les usagers (les Franciliens en l'occurrence) entre différentes options[58]. La séquence utilisée est décrite ci-après. Elle est ici illustrée dans le cas des déplacements domicile-travail à l'heure de pointe du matin. Une description du même ordre pourrait être faite pour un autre motif de déplacement ou une autre période. Dans les faits, MODUS travaille à l'heure de pointe du matin et du soir, motif par motif – chaque motif donnant lieu à l'utilisation de données d'entrée spécifiques.

- Le fait de se déplacer ou pas (étape dite de « génération ») : Ainsi, seule une partie des actifs va effectivement réaliser un déplacement domicile-travail à l'heure de pointe de matin (les autres étant en congé, ou travaillant en horaire décalé…). Cette étape aboutit au nombre de déplacements ayant lieu en Ile-de-France sur la période considérée.

- Le choix de la destination (étape dite de « distribution ») : Dans le cas du déplacement domicile-travail, ce choix est conditionné par la géographie des emplois et leur accessibilité au sens large (le voyageur arbitre entre les opportunités selon le temps de parcours, le coût...) : par exemple, depuis la Seine-Saint-Denis, vaut-il mieux aller travailler à La Défense ou à la Plaine Saint-Denis, la première offrant plus d'opportunités, mais étant a priori moins accessible que la seconde ? Cette étape aboutit à la répartition par origine-destination (couple « OD ») du volume de déplacements issu de l'étape précédente de génération : à chaque OD est désormais attaché un nombre de déplacements.

- Le choix du mode (étape dite de « choix modal ») : Le voyageur arbitre entre les différents modes lui permettant de rejoindre son lieu de destination, et compare pour cela l'efficacité des alternatives qui s'offrent à lui (temps, coût…) : pour aller à La Défense, vaut-il mieux emprunter les transports en commun ou prendre sa voiture ? La réponse dépendra évidemment du lieu de domicile du voyageur. Cette étape aboutit au nombre de déplacements par mode pour chaque OD.

- Le choix du chemin (étape dite d'« affectation ») : Le voyageur arbitre entre les différents parcours possibles pour rejoindre sa destination dans le mode choisi précédemment, en comparant à nouveau l'efficacité de ces derniers : pour aller à La Défense en TC depuis Paris, vaut-il mieux prendre le RER A ou la ligne 1 du métro? Cette étape aboutit à l'obtention de réseaux de transport « chargés » : le nombre d'usagers de chaque tronçon routier et service TC est désormais connu.

Dans le cadre de la présente étude d'impact, ces résultats ont ensuite été utilisés pour les modèles de calcul des émissions et concentrations de polluant, et des émissions de bruit**.** Le modèle fournit des statistiques indicatrices de la fréquentation : réseaux chargés avec des données de charge par mode, de flux par arc des réseaux, de vitesse, de distance.

Pour le modèle d'émission, il est essentiel que les informations de fréquentation par arc soient détaillées par catégorie de véhicule (carburant, typologie d'émission EU). Cette étape de désagrégation par catégorie de véhicule est réalisée à la suite des modèles d'affectation sur les réseaux.

### *7.6.1.3 Données d'entrée et de sortie des modèles*

Les données d'entrées nécessaires au fonctionnement de MODUS sont :

- Le volume et la géographie de la population et des emplois en Ile-de-France, caractérisant l'évolution socio-démographique et économique de la région ;

- La description des caractéristiques de l'offre de transports, routière et TC : géographie (tracés), temps de parcours, fréquence, capacité…

A partir de ces données d'entrée, MODUS met en œuvre les lois caractérisant le comportement de mobilité des Franciliens, notamment pour décrire les processus d'arbitrage selon le coût au sens large (temps, prix…) des différentes options : choix de destination, de modes, d'itinéraires…

Les indicateurs en sortie de MODUS portent sur :

- Les caractéristiques générales des déplacements dans la situation étudiée : volume, répartition entre modes, géographie des déplacements, caractéristiques générales moyennes (portée, temps…) ;

- Le trafic (selon les itinéraires routiers et les lignes TC) et le niveau de service associé (temps de parcours, vitesse, niveau de congestion…).

### *7.6.1.4 Capacités et limites du modèle*

Dans le cadre de son processus de calibrage, afin de s'assurer de sa cohérence et de sa robustesse, MODUS a été appliqué à une situation existante, dont les caractéristiques de mobilité sont connues grâce à l'enquête sur les déplacements des Franciliens, l'EGT. Il en a bien reproduit les principaux

[58] *Ce type de modèle – appelé « modèle à 4 étapes » – est le plus utilisé, car le plus adapté, pour les travaux de prospective et de dimensionnement des infrastructures de transports.*

déterminants (nombre de déplacements, répartition modale, portée et temps de parcours…), ce qui a permis de valider sa pertinence.

Dans ce contexte, l'utilisation de MODUS sur une situation d'étude permet de mesurer l'impact des projets et politiques envisagés, à chacune des étapes présentées précédemment :

- Evolution du volume de déplacements *:* par exemple, la croissance de la population et des emplois conduit à une augmentation mécanique du nombre de déplacements[59] ;

- Evolution de la géographie des déplacements *:* par exemple, rapprocher populations et emplois peut se traduire dans le modèle par une baisse de la portée des déplacements et des temps de parcours ;

- Report modal *:* par exemple, l'amélioration de la compétitivité des transports collectifs par rapport à la route conduit à une évolution à la hausse de leur part modale ;

- Evolution du trafic des lignes *:* par exemple, de nouvelles lignes TC seront utilisées par des usagers existants (qui changent d'itinéraires), reportés (venant de la voiture) ou totalement nouveaux (ayant changé d'OD ou correspondant à la croissance démographique) ; l'impact sur les autres lignes TC et la route pourra aussi être mesuré.

Toutefois, MODUS est aussi limité de facto sur certains points, de par sa constitution même :

- Les lois comportementales ont été déterminées et validées par comparaison avec les EGT, en supposant une stabilité dans le temps de ces comportements. De fait, le modèle est mal adapté pour prendre en compte les phénomènes de rupture, tels que les changements de comportements liés aux préoccupations environnementales ou à une hausse durable du coût du pétrole[60].

- La complexité du fonctionnement du système de transports est telle en Ile-de-France qu'en évaluer précisément toutes les caractéristiques est une gageure. La question de la saturation des réseaux, autant routiers que TC, peut ainsi être citée puisqu'il est difficile, voire impossible, de transcrire complètement dans les modèles actuels.

- Les déplacements des non Franciliens sont ajoutés de manière exogène, sur les principales portes d'entrée de l'Ile-de-France : corridors autoroutiers, aéroports, gares. La description du comportement de certains d'entre eux reste par ailleurs malaisée (cas des touristes en particulier).

*[59] Les précédentes EGT montraient une stabilité de la mobilité individuelle (3,5 déplacements par personne et par jour), bien reproduite par le modèle. L'évolution du nombre de déplacements est donc à relier directement à l'évolution socio-démographique. Des travaux sont à mener pour intégrer les données de l'EGT 2010, indiquant une hausse sensible de la mobilité individuelle, mais qui s'explique en partie par un changement méthodologique.*

*[60] Sur ce point, la difficulté réside dans l'absence d'observations et de corpus scientifique. Ainsi, quel impact une hausse durable du prix du pétrole aurait-elle sur la mobilité francilienne : un report vers les TC, une baisse de vitesse sur le réseau routier, une baisse globale de la mobilité, un changement dans les arbitrages au sein du budget logement-transports… ? Plus vraisemblablement, une combinaison de plusieurs impacts, mais dans une consistance et des proportions difficiles à définir, et plus encore à décrire dans un modèle de déplacements.*

### *7.6.1.5 Hypothèses d'usage du sol et de demande de transport*

Les hypothèses d'occupation du sol prises en compte dans les modèles pour l'analyse de la mobilité et de l'accessibilité ont été définies au niveau communal par le maître d'ouvrage.

Il s'agit de projections, aux horizons futurs considérés, des plans et projets de développement pour la région Ile-de-France, intégrant le Grand Paris.

L'occupation du sol dans le scénario avec projet prend donc en compte les effets du futur métro automatique sur le développement urbain, la localisation des ménages et des activités.

Le modèle prend en compte des hypothèses de densification sur les pôles de développement à un niveau de précision de l'ordre de la commune[61].

## 7.6.2 Limites

- Les analyses du volet dépendent fortement du modèle de transport. Ce dernier s'appuie sur les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et l'horizon de projet. Les limites de ces hypothèses, détaillées dans le chapitre dédié, sont à prendre en considération.

- Echelle des gares : le modèle de trafic à l'échelle macroscopique ne permet pas de modéliser avec précision les flux automobiles aux abords des gares à un horizon futur marqué par des évolutions très fortes de la fréquentation des gares et une certaine incertitude sur les parts modales du rabattement. Une évaluation a donc été réalisée hors modèle sur base d'une typologie de rabattement.

- La modélisation ne permet pas de tester très précisément la variable « disponibilité du stationnement » qui est pourtant un facteur déterminant pour le choix du mode de transport de rabattement vers les gares. Il peut également contribuer à modifier la répartition de la fréquentation entre gares proches. Des réflexions sont en cours pour mieux intégrer les contraintes liées au stationnement dans les outils de prévisions du trafic.

- La taille du chantier va générer un charroi exceptionnel pour amener et évacuer les milliers de tonnes de matériaux nécessaires et à l'inverse, approvisionner les matériaux et composants des structures et aménagements nouveaux. Il importe de minimiser l'usage du mode route au profit d'abord de la voie d'eau puis du rail, mais cela ne sera pas possible partout. Pour optimiser le transport par route, il est capital de connaître les origines et destinations des matériaux pour estimer les flux engendrés et tester les itinéraires les moins pénalisants pour la circulation. Ce travail conséquent s'inscrira dans la continuité du cadre posé par le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais, annexé à la présente étude d'impact (pièce G4-1).

*[61] Le modèle ne simule pas l'impact du métro automatique sur la relocalisation des activités. En effet, ce type de simulation « Land use » est complexe à mettre en œuvre et ne rentre pas dans les délais de cette étude.*

## 7.7 Energie et gaz à effet de serre

### 7.7.1 Rappel méthodologique

L'impact du Grand Paris Express sur les consommations énergétiques a été évalué en comparant les besoins énergétiques du métro en fonctionnement et les besoins énergétiques des autres modes de transport, principalement le transport routier.

Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de l'énergie de traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations…) et les centres de maintenances et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

Les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux principaux effets peuvent être distingués : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun, et d'autre part, les gains de consommations réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier due à une diminution de la congestion.

La méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre a quant-à-elle été développée afin d'obtenir la meilleure vue d'ensemble possible. A cet effet, un travail important a été réalisé dans le cadre d'une étude préalable à l'étude d'impact afin d'élaborer l'outil de calcul CarbOptimum®. Cet outil permet de prendre en compte l'ensemble des postes d'émissions liés au projet que ce soit lors de la conception, de la construction ou du fonctionnement de l'infrastructure.

La méthode de calcul est classique et consiste à calculer les émissions de gaz à effet de serre sur base des données d'activité grâce à des facteurs d'émissions. Les facteurs d'émissions sont issus de différentes sources internationales. Certains facteurs d'émissions ont également été calculés ou adaptés pour correspondre le mieux possible à la situation réelle de l'Ile-de-France.

### 7.7.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

La méthodologie adoptée pour calculer les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure est une approche simplifiée permettant d'évaluer les besoins sur base de données générales disponibles à ce stade de définition du projet. La consommation exacte dépendra en effet de nombreux choix techniques notamment au niveau de la traction des métros et de l'isolation des bâtiments. Cette approche permet de quantifier globalement la consommation énergétique et d'identifier les postes les plus importants. Elle permet également de comparer ces consommations avec les gains attendus au niveau du trafic routier.

Concernant l'évaluation de la consommation du trafic routier, les principales limites évoquées précédemment dans le cadre de l'impact sur la qualité de l'air sont également de mise. Ces limites concernent donc la modélisation du trafic, la définition du parc automobile et l'incertitude concernant les progrès technologiques.

Cependant, une démarche conservatrice, particulièrement en ce qui concerne les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure, a permis de renforcer les conclusions de l'analyse. Les gains réalisés annuellement devraient donc être à minima ceux présentés dans l'analyse des impacts tandis que certains choix futurs devraient permettre d'augmenter ces gains.

Concernant le bilan d'émissions de gaz à effet de serre, il y a deux principaux types de limites à la méthodologie utilisée.

D'une part, les facteurs d''émissions comportent tous un certain taux d'incertitude. Les flux de gaz à effet de serre sont multiples et complexes. Lors de la construction, ils correspondent par exemple aux consommations énergétiques nécessaires aux chantiers, mais aussi aux déplacements des ouvriers ainsi qu'aux consommations énergétiques nécessaires à la fabrication et au transport des matériaux. Leur définition est donc un exercice complexe qui mérite une attention particulière. C'est dans cette optique que l'outil CarbOptimum® a été développé. La comparaison de différentes sources internationales a permis de réduire le taux d'incertitude des facteurs d'émissions au maximum. Il reste néanmoins important de noter qu'un facteur d'émissions correspond plus à un ordre de grandeur qu'à une quantification exacte des flux de gaz à effet de serre.

D'autre part, le calcul des émissions est basé sur les données d'activité qui peuvent être plus ou moins précises. Le calculateur a été développé afin de pouvoir s'adapter aux différents niveaux de précision des données d'entrée et a donc permis de s'adapter aux données disponibles à ce stade de l'étude. De plus, le calculateur est un outil intégré qui permet de visualiser rapidement l'impact d'une variation des données d'entrée sur le résultat final. Ainsi, il a été possible de tester un grand nombre de possibilités afin d'identifier les paramètres les plus influents.

De manière générale, que ce soit dans la définition des facteurs d'émissions que dans le calcul des émissions, une approche conservatrice a été adoptée. Malgré cela, l'analyse des impacts a montré le potentiel important de l'infrastructure à réduire les émissions de gaz à effet de serre, particulièrement au niveau du développement territorial. Cette approche a donc permis d'identifier les véritables enjeux d'un tel projet vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre malgré les limites inhérentes à un bilan des émissions.

## 7.8 Bruit et Vibrations

Dans un premier temps, la caractérisation de l'état initial et la définition des enjeux liés au bruit a été réalisée sur base des données bibliographiques analysées à l'échelle du fuseau d'étude, notamment les cartes de bruits réalisées en Région Ile de France et regroupées sur le site www.bruitparif.fr.

Des mesures de bruit ont également été réalisées de jour et de nuit au droit de chaque ouvrage émergent du projet de manière à caractériser les zones en fonction de leur ambiance sonore préexistante et de fixer les niveaux de bruit de fond qui servent de référence pour l'établissement des objectifs à atteindre.

La méthode de mesure utilisée est celle dite de « contrôle » de la norme NFS 31-010 et préconisée par l'Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage. Les précisions quant au nombre de points de mesures et leur répartition en fonction des ouvrages sont détaillées dans pièce pièce B.1 qui développe la méthodologie suivie pour les mesures de bruit et la caractérisation du contexte sonore en fonction des résultats mesurés.

Compte tenu de la variabilité des bruits générés, l'analyse de l'impact en phase chantier s'est appuyée sur la comparaison entre les niveaux de bruit initiaux mesurés et les niveaux de bruit donnés pour différentes phase de travaux d'un chantier-type en fonction de la distance observée entre la base chantier et le récepteur. La méthodologie suivie est détaillée dans la pièce B.2.

Les impacts du projet ont tout d'abord été étudiés de manière qualitative sur base des documents et plans fournis par le maître d'ouvrage, des outils de géolocalisation ainsi que des mesures acoustiques initiales.

Ensuite, les valeurs prises en compte pour évaluer le bruit généré par les équipements techniques des gares et les ouvrages de ventilation sont les émergences fixées par le décret du 31 août 2006 relatifs au bruit de voisinage (arrêté du 23 janvier 1997 pour les sites de maintenance), soit + 5 dB(A) en période de jour et +3 dB(A) en période de nuit sur base d'un fonctionnement continu et pour le régime de fonctionnement usuel (hors désenfumage). Le niveau de bruit de fond pris comme référence pour ce calcul est l'indice LA90, soit le niveau sonore dépassé pendant 90% de la durée de mesurage (voir notions acoustiques et méthodologie détaillées dans la pièce B.1). Le respect de cette règle garanti un impact résiduel faible pour l'ensemble des ouvrages de ventilation et des équipements techniques du projet.

Les dispositifs anti-bruits dépendent des caractéristiques acoustiques des équipements choisis et ne sont pas encore dimensionnés de manière précise mais les objectifs acoustiques de bruit particulier ont été fixés spécifiquement pour chaque ouvrage. Un modèle acoustique simplifié a été également réalisé pour le bruit des puits de ventilation. Il s'agit de résultats issus d'une modélisation 3D réalisée grâce au logiciel Cadnaa, logiciel de calcul de propagation des ondes sonores dans l'environnement édité par DATAKUSTIK, sur base de la norme ISO9613.

L'utilisation du logiciel Cadnaa permet d'obtenir une bonne évaluation des premiers indices quantifiés du bruit des puits de ventilation et de calculer de manière précise les objectifs à respecter à 1m des ouvrages annexes grâce au profil d'atténuation par la distance résultant du modèle.

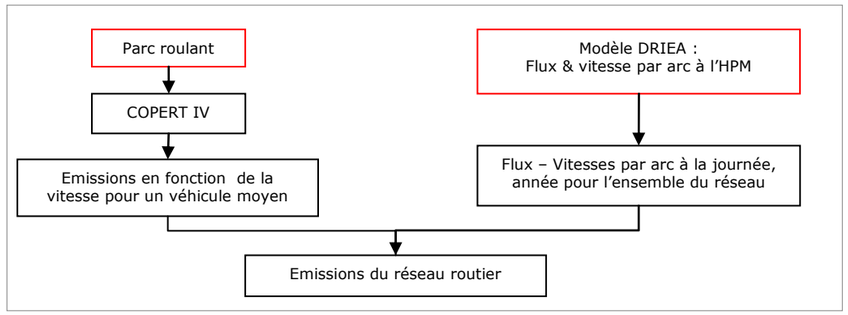
Les mesures de réduction prises seront dimensionnées de manière viser ces exigences réglementaires et limiter la gêne sonore.

## 7.9 Santé

### 7.9.1 Rappel méthodologique

L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air a nécessité plusieurs étapes de modélisation afin d'abord de passer des données de trafic routier à des émissions de polluants atmosphériques puis de passer de ces émissions à des concentrations moyennes annuelles et finalement de calculer l'exposition de la population à ces concentrations.

Les données d'entrée nécessaires à cette modélisation étaient principalement le parc roulant à l'horizon d'étude et les données de trafic en situation de référence et en situation de projet. Le modèle COPERT IV permet alors de calculer les émissions sur chaque arc du réseau de transport. Les étapes de modélisation sont rappelées dans la figure ci-dessous :




**Méthodologie schématique d'évaluation des émissions liées au réseau**

Grâce à un modèle de dispersion des polluants, les concentrations moyennes annuelles ont ensuite pu être calculées sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France. En croisant ces données avec les données de population, il a finalement été possible d'évaluer l'impact du projet sur l'exposition des Franciliens aux pollutions atmosphériques.

### 7.9.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

Le processus de modélisation des émissions et concentrations de polluants atmosphériques et le modèle de transport sur lequel il repose se basent tous deux sur un grand nombre d'hypothèses notamment concernant la répartition de la population, le parc automobile, etc. Bien qu'un travail important ait été réalisé afin de définir ces hypothèses sur base des tendances futures les plus probables, il faut noter que certains changements imprévisibles pourraient amener ces hypothèses à varier, impliquant ainsi des modifications dans les résultats.

Un des principaux facteurs qui pourrait influencer les résultats de modélisation est celui de la composition du parc automobile. En effet, comme l'analyse des incidences l'a montré, l'évolution future du parc automobile devrait impliquer des changements radicaux dans les quantités de polluants atmosphériques émis. Ces changements correspondent pour certains polluants à une diminution de plus de 75% des émissions entre 2005 et l'horizon cible de mise en service complète du Grand Paris Express. L'absence de certitudes à long terme concernant les politiques dans ce domaine, a amené à constituer un parc automobile en cohérence avec les tendances observées ces dernières années. Ces tendances pourraient cependant évoluer dans le futur notamment en ce qui concerne le ratio essence/diesel et la proportion des véhicules électriques. Il est également difficile de prévoir si les évolutions technologiques futures permettront d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques visés actuellement.

Un autre facteur très important concerne les données de trafic prévisionnel. Afin de prendre en compte les données disponibles les plus précises, l'étude s'est fondée sur les résultats du modèle MODUS de la DRIEA. Il existe cependant une certaine limite de précision en ce qui concerne les flux de trafic, mais aussi leur localisation spatiale. Le réseau routier est en effet en constante évolution et il va de soi que certains flux de trafic pourraient, à l'avenir, être déplacés sur de nouveaux axes. De même, la localisation des habitants évoluera inévitablement en particulier pour accepter les augmentations de population prévues à l'horizon cible. La répartition spatiale des augmentations ou diminutions de concentrations de polluants atmosphériques et de l'exposition des Franciliens pourrait donc varier légèrement.

Malgré ces incertitudes, le modèle s'est montré relativement robuste quant à l'évaluation de l'impact global du projet. Quels que soient les scénarios envisagés, le projet induit une amélioration de la qualité de l'air principalement de long des grands axes routiers. Cette amélioration reste cependant modeste particulièrement en comparaison avec les améliorations attendues grâce aux progrès technologiques et au renforcement des normes d'émissions.

En ce qui concerne l'évaluation de l'impact sur les accidents de la route, la limite principale réside dans la complexité du lien entre la quantité de trafic et le nombre d'accidents. Comme l'a montré l'analyse des statistiques d'accidents, les taux d'accidents et leur gravité dépendent notamment du type de route sur lesquelles les véhicules circulent.

Toutefois, l'amélioration des conditions de trafic induite par le projet permettra nécessairement une amélioration des conditions de stress des conducteurs. Elle permettra également la mise en place de dispositifs de sécurité supplémentaires permettant de réduire le nombre d'accidents. La mise en place de mesures d'accompagnent adéquates devrait donc conforter les résultats de l'analyse des impacts.

**Société du Grand Paris**
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr