NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 14 : OLYMPIADES < > AÉROPORT D'ORLY (LIGNE BLEUE)

LIGNE 14 SUD
DOSSIER D'ENQUÊTE PRÉALABLE À LA DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE

PIÈCE **G.2**

Étude d'impact

Présentation du projet, des impacts et des mesures d'accompagnement

Sommaire

1. Description du projet 9

1.1. Éléments introductifs 11

1.2. Présentation de la Ligne 14 11

1.2.1. La ligne 14 de Saint Denis Pleyel à Aéroport d'Orly 11

1.2.2. Récapitulatif des distances entre gares sur la section Olympiades – Aéroport d'Orly.. 12

1.2.3. Le tracé 12

1.3. Présentation des ouvrages 21

1.3.1. Caractéristiques générales des gares 21

1.3.2. Les gares 21

1.3.3. Les sites industriels 24

1.4. Déroulement de la phase chantier 29

1.4.1. Principes généraux 29

1.4.2. Mise en œuvre du tunnel en tunnelier 29

1.4.3. Réalisation des gares par méthode dite de « Parois Moulées » 32

2. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu 35

2.1. Processus de choix du projet 37

2.1.1. Processus général 37

2.1.2. Contraintes de tracé 37

2.1.3. Critères retenus pour la comparaison des scénarios 38

2.2. Analyse comparative des variantes 40

2.2.1. Section Olympiades – Kremlin-Bicêtre Hôpital 40

2.2.2. Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital 42

2.2.3. Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (pour mémoire gare traitée dans le dossier de demande de déclaration d'utilité publique DUP de la ligne 15 Sud) 44

2.2.4. Gare Chevilly « Trois Communes » 45

2.2.5. Gare M.I.N. Porte de Thiais 47

2.2.6. Gare Pont de Rungis 49

2.2.7. Gare Aéroport d'Orly 51

3. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieu physique – Sous-sol 53

3.1. Les impacts du projet : Géologie 55

3.1.1. Méthodologie retenue et maitrise des risques 55

3.1.2. Les impacts du projet sur les anciennes carrières 56

3.1.3. La prise en compte du gypse 59

3.1.4. La prise en compte des argiles 61

3.1.5. Les autres risques : glissements et mouvements de terrain 62

3.1.6. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie et la géotechnique 63

3.1.7. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse au risque géologique 64

3.2. Hydrogéologie 65

3.2.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant l'hydrogéologie 65

3.2.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'hydrogéologie 75

3.2.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse au risque géologique 82

3.2.4. Synthèse des impacts sur l'hydrogéologie 83

3.3. Occupation du sous-sol 84

3.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol 84

3.3.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'occupation du sous-sol 93

3.3.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'occupation du sous-sol 94

3.3.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse à l'occupation du sous-sol 96

3.4. Vibrations 97

3.4.1. La définition de seuils limite pour les vibrations 97

3.4.2. Analyse des impacts vibratoires du projet 99

3.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les vibrations 110

3.4.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement et de suivi 111

3.5. La gestion des déblais liés à la phase de creusement 112

3.5.1. Le volume de déblais lié à la construction de la ligne 14 Sud 112

3.5.2. La mise en œuvre d'une démarche de gestion en amont de la phase chantier 112

3.5.3. La gestion au niveau de la ligne 14 Sud 113

3.5.4. La prise en compte du risque de pollution des sols et des eaux souterraines 117

3.5.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la gestion des terres excavées (et pollution) 123

3.5.6. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant la gestion des terres excavées 124

4. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieu physique - Surface du sol 126

4.1. Hydrographie et risque d'inondation 128

4.1.1. Impacts et mesures en phase chantier sur l'hydrographie et le risque d'inondation ..128

4.1.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'hydrographie et le risque d'inondation 130

4.1.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'hydrographie et le risque d'inondation 132

4.1.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrographie et le risque d'inondation 133

4.2. Relief et topographie 134

4.2.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et les volumes de terre excavée 134

4.2.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et les volumes de terre excavée 135

4.2.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le relief et les volumes de terre excavée 136

4.2.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et les volumes de terre excavée 137

4.3. Climatologie 138

4.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie 138

4.3.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant la climatologie 138

4.4. Pédologie 139

4.4.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant la pédologie 139

4.4.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant la pédologie 139

4.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la pédologie 140

4.4.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant la pédologie 141

5. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieux naturels et paysager 142

5.1. Faune-Flore-Habitats Naturels 144

5.1.1. Introduction 144

5.1.2. Impacts et mesures spécifiques en phase chantier liés à l'implantation des ouvrages 145

5.1.3. Mesures générales pour l'ensemble des chantiers comportant des espaces naturels .155

5.1.4. Impacts et mesures spécifiques en phase d'exploitation de la ligne 14 Sud 155

5.1.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le milieu naturel .157

5.2. Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 163

5.2.1. Les incidences directes du projet sur les sites Natura 2000 163

5.2.2. Les incidences indirectes du projet sur les sites Natura 2000 165

5.2.3. Synthèse de l'évaluation des incidences du projet sur les sites Natura 2000 167

5.3. Services écosystémiques 168

5.3.1. Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude 168

5.3.2. Impacts et mesures en phases chantier et exploitation concernant les services écosystémiques 176

5.3.3. Coûts liés aux mesures correctives 180

5.3.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les services écosystémiques 180

5.4. Milieu agricole 181

5.4.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le milieu agricole 181

5.4.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le milieu agricole 182

5.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le milieu agricole 184

5.4.4. Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation 186

5.5. Patrimoine protégé 186

5.5.1. Impacts et mesures concernant le patrimoine protégé 186

5.5.2. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine protégé 190

5.5.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement 191

5.6. Grand Paysage 191

5.6.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le Grand Paysage 192

5.6.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le Grand Paysage 193

5.6.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement 196

5.6.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le Grand Paysage 197

5.6.5. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux impacts sur le Grand Paysage 199

5.7. Patrimoine archéologique 199

5.7.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le patrimoine archéologique 199

5.7.2. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine archéologique 201

5.7.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux impacts archéologiques 202

6. Analyse des effets du projet sur l'environnement et présentation des mesures correctives : Milieu humain 204

6.1. Mobilité 206

6.1.1. Impacts et mesures en phase chantier 206
6.1.2. Évolution des déplacements en phase d'exploitation 208
6.1.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux effets sur la mobilité 215
6.1.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement au niveau du projet 216
6.1.5. Conclusions des impacts et mesures d'accompagnement concernant la mobilité 218

6.2. Démographie, population, emplois et occupation du sol 219

6.2.1. Impacts et mesures en phase chantier 220
6.2.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation 221
6.2.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux effets sur la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol 226
6.2.4. Synthèse des impacts à l'échelle du projet 227

6.3. Risques Technologiques 229

6.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant les risques technologiques 229
6.3.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques 233
6.3.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques 235
6.3.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques 237

6.4. Environnement sonore 238

6.4.1. Rappel des sites sensibles identifiés dans l'état initial 238
6.4.2. Rappel des textes réglementaires applicables au projet 238
6.4.3. Impacts et mesures du projet en phase chantier concernant l'environnement sonore 240
6.4.4. Impacts et mesures du projet en phase d'exploitation concernant l'environnement sonore 257
6.4.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'environnement sonore 266
6.4.6. Coûts liés aux mesures d'accompagnement 269

6.5. Ondes électromagnétiques 270

6.5.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques 270
6.5.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques 271
6.5.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques 277
6.5.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques 279

6.6. Energie et émissions de gaz à effet de serre 280

6.6.1. Energie 280
6.6.2. Emissions de gaz à effets de serre 286
6.6.3. Synthèse des impacts et mesures correctives au niveau de la Ligne 14 Sud 296
6.6.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'énergie et les gaz à effet de serre 298

6.7. Santé 299

6.7.1. Qualité de l'air 299
6.7.2. Sécurité routière 309
6.7.3. Sûreté des gares 310
6.7.4. Synthèse des impacts et mesures correctives au niveau de la Ligne 14 Sud 312

7. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus .. 314

7.1. Présentation des projets limitrophes retenus pour l'analyse des impacts cumulés 316

7.1.1. Projets de transports en commun 317
7.1.2. Projets routiers 321
7.1.3. Zones d'aménagement 321
7.1.4. Contrat de Développement Territorial Campus Sciences et Santé (92 et 94) 325
7.1.5. Constructions 325

7.2. Appréciation des principaux impacts cumulés 326

7.2.1. Impacts des projets connexes en phase chantier 326
7.2.2. Impacts des projets connexes en phase d'exploitation 331

8. Évaluation des impacts et des mesures à l'échelle du Grand Paris Express 336

8.1. Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express 338

8.2. Évaluation pour chaque thématique environnementale 339

8.2.1. Population, emplois et étalement urbain 339
8.2.2. La mobilité francilienne 340
8.2.3. Les nuisances sonores 341
8.2.4. Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre 342
8.2.5. L'archéologie 344
8.2.6. Le patrimoine naturel 345

8.2.7. L'eau superficielle et souterraine 348
8.2.8. La gestion des déblais....350
8.2.9. La qualité de l'air et la santé....350

9. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols ... 354

9.1. Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace 356
9.1.1. Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont....356
9.1.2. Contrat de Développement Territorial (CDT) 356
9.1.3. Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) 357
9.1.4. Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD) 357
9.2. Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU) ..357
9.3. SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et SAGE 359
9.3.1. Rappels des défis du SDAGE 359
9.3.2. Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE....359
9.3.3. Analyse de la compatibilité du projet avec le SAGE de la Bièvre (en cours d'élaboration)....362
9.3.4. Analyse de la compatibilité du projet avec le SAGE Orge-Yvette 362
9.4. Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets....363
9.4.1. Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC 363
9.4.2. Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP 364
9.5. Compatibilité du projet avec le SRCE 364
9.5.1. Notion d'opposabilité du SRCE 364
9.5.2. Les composantes de la Trame verte et bleue régionale....364
9.5.3. Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France....365
9.6. Compatibilité du projet avec la PDUIF 365

10. Analyse des coûts collectifs induits par le projet.... 368
10.1. Coûts de la pollution atmosphérique....370
10.1.1. Méthodologie 370
10.1.2. Calcul des coûts 370
10.2. Coûts des accidents de la route 371
10.2.1. Méthodologie 371
10.2.2. Calcul des coûts 371
10.3. Coûts des émissions de gaz à effet de serre 372
10.3.1. Méthodologie 372
10.3.2. Calcul des coûts 372
10.4. Coûts des nuisances sonores 373
10.4.1. Méthodologie 373
10.4.2. Calcul des coûts 373
10.5. Coûts de périurbanisation éludables 373
10.5.1. Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle.... 374
10.5.2. Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle 374
10.5.3. Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD 375
10.6. Synthèse des coûts collectifs 376

11. Méthodes et difficultés rencontrées pour réaliser cette étude 378
11.1. Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie et pédologie 380
11.1.1. Climat 380
11.1.2. Topographie.... 380
11.1.3. Eaux superficielles 380
11.2. Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie .380
11.2.1. Pédologie.... 380
11.2.2. Géologie.... 380
11.2.3. Hydrogéologie.... 380
11.3. Méthodes et limites de l'analyse du milieu naturel, agricole et paysage ... .382
11.3.1. Méthodologie appliquée lors des inventaires de terrain et limites 382
11.3.2. Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites.... 385
11.3.3. Evaluation des enjeux associés aux services au sein du fuseau d'étude 386
11.3.4. Services écosystémiques : qualification et quantification 387
11.3.5. Limites liées à la méthode de travail 389
11.4. Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques.....390
11.4.1. Réseaux et ouvrages souterrains 390
11.4.2. Bâti et niveau de sous-sol.... 390
11.4.3. Risques naturels et technologiques 391

11.5. Sols pollués 391
11.5.1. Objectifs 391
11.5.2. Outils / bases de données utilisés.....391
11.5.3. Méthodologie 391
11.5.4. Mode opératoire 392
11.5.5. Limites.....392
11.6. Population, emploi et occupation du sol 393
11.6.1. Limites liées aux données.....393
11.6.2. Limites liées à la méthode de travail 393
11.7. Urbanisme réglementaire 394
11.8. Mobilité.....394
11.8.1. Méthodologie 394
11.8.2. Limites.....396
11.9. Air Energie Climat.....397
11.9.1. Rappel méthodologique.....397
11.9.2. Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées 397
11.9.3. Energie 397
11.9.4. Climat.....398
11.10. Bruit et Vibrations 398
11.10.1. Bruit.....398
11.10.2. Vibrations.....399
11.11. Santé 399

1. Description du projet

1.1. Éléments introductifs

Dans la présente étude d'impact, l'ensemble du Grand Paris Express constitue le programme au sens réglementaire de l'étude d'impact.

Le projet fait l'objet d'une présentation exhaustive au stade du rapport constituant la « Notice explicative » du dossier de demande préalable à la Déclaration d'Utilité Publique, dont la présente étude d'impact constitue la pièce G.

Le projet, au sens réglementaire de l'étude d'impact, étudié dans le présent rapport est constitué de la section de prolongement de la ligne 14 entre Olympiades (gare exclue car existante) et Aéroport d'Orly (gare, arrière-gare et SMR inclus). L'ensemble de ce tronçon est désigné sous l'appellation Ligne 14 Sud.

La présentation du projet est entreprise suivant deux approches, correspondant à celles menées tout au long de l'analyse des incidences, à savoir :

- La phase chantier (technique de construction et de gestion des travaux),
- La phase exploitation, correspondant à la situation de service de l'infrastructure et aux différentes opérations de maintenance.

Dans un souci de cohérence du dossier de DUP, ce chapitre présente de nombreux éléments communs avec la Pièce D du dossier de DUP relative à la présentation du projet.

1.2. Présentation de la Ligne 14

1.2.1. La ligne 14 de Saint Denis Pleyel à Aéroport d'Orly

Les prolongements de la Ligne 14 sont réalisés par étapes, à partir du tronçon existant (Saint-Lazare – Olympiades) d'une longueur de 8,5 km et ponctué de neuf stations. Au Sud d'Olympiades, le tunnel se poursuit actuellement pour le retournement des trains et jusqu'à l'atelier Tolbiac Nationale 2 qui permet d'en assurer la maintenance et le remisage.

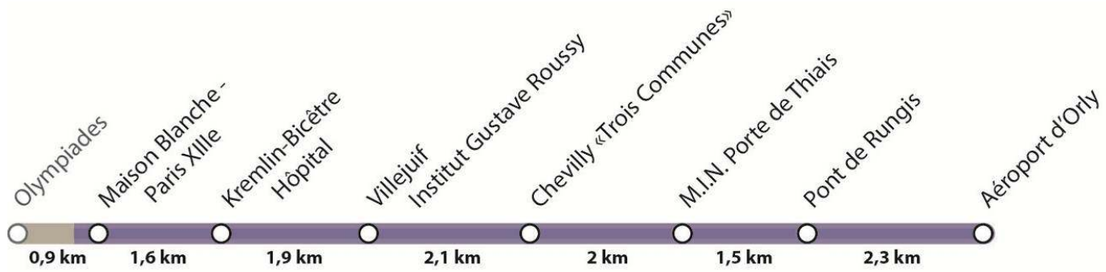
Dans un premier temps, à l'horizon 2019, la ligne 14 sera prolongée vers le Nord dans le cadre de l'opération de désaturation de la Ligne 13 portée conjointement par la RATP et le STIF. Ce nouveau tronçon entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen, sous maîtrise d'ouvrage STIF–RATP, sera doté de quatre nouvelles stations, de 5,5 km de ligne supplémentaire, et d'un Site de Maintenance et de Remisage situé à Saint-Ouen, dans le secteur des Docks (ZAC des Docks en cours de réalisation).

Aux horizons 2023 et 2024, sous maitrise d'ouvrage SGP, la ligne 14 sera prolongée au Nord jusqu'à Saint-Denis Pleyel et au Sud jusqu'à Aéroport d'Orly :

- Le prolongement au nord d'1,5 km permettra de relier Mairie de Saint-Ouen à Saint-Denis Pleyel et ainsi de connecter la ligne 14 à la ligne 16. A terme, la gare de Saint-Denis Pleyel accueillera également les lignes 15 et 17, devenant un des pôles majeurs du réseau Grand Paris Express ;
- Le prolongement au sud, de 14,4 km dont 13.8 km d'infrastructure nouvelle reliera Olympiades à Aéroport d'Orly avec la réalisation de six nouvelles gares (celle de Villejuif Institut Gustave Roussy étant réalisée dans le cadre du projet de la ligne 15 Sud) et d'un site de maintenance et de remisage à l'extrémité sud de la ligne, à Morangis.

À l'issue de l'ensemble des prolongements Nord et Sud de la Ligne 14, il sera alors possible de parcourir les 28,5 km de la ligne desservant vingt et une gares en 37 minutes. La Ligne 14 assurera également de nombreuses correspondances avec les autres modes de transport.

1.2.2. Récapitulatif des distances entre gares sur la section Olympiades – Aéroport d'Orly



Interdistances des gares de la Ligne 14 Sud

Nota : Les longueurs des tronçons mentionnées s'entendent en termes d'exploitation commerciale

Linéaire total : 14.4 km

Il s'agit du linéaire de tracé de la Ligne 14 entre Olympiades et le SMR[1] de Morangis.

Linéaire exploité : 12,3 km

Il s'agit du linéaire de tracé de la Ligne 14 Sud qui sera en exploitation commerciale (utilisé effectivement par des trains transportant des voyageurs) après la mise en service du projet. Ce linéaire correspond à la longueur de la ligne entre la station Olympiades et la station terminus Aéroport d'Orly. Il ne comprend pas l'arrière-garde d'Aéroport d'Orly (voir ci-dessous) car celle-ci est utilisée comme voie de service.

Linéaire d'arrière gare d'Aéroport d'Orly : 2,1 km

Il s'agit de la longueur de la voie de service reliant la gare Aéroport d'Orly au SMR de Morangis.

Linéaire réalisé : 13,8 km

Il s'agit de la longueur de tracé effectivement aménagé dans le cadre du projet. Cette distance correspond à la longueur de ligne depuis l'arrière gare existante de la station Olympiades (au niveau de l'ouvrage Tolbiac Nationale 2, où débute le nouveau tunnel) jusqu'à son extrémité Sud : le SMR de Morangis.

1.2.3. Le tracé

Le tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly représente la section Sud de la Ligne 14 du réseau Grand Paris Express. Il dessert six gares nouvelles (la gare Villejuif Institut Gustave Roussy étant aménagée dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud).

La Ligne 14 Sud s'étend sur environ 14 km (voir le détail dans l'encadré ci-dessous) et traverse onze communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires.

Ce prolongement permettra notamment de :

- connecter la ligne 14 à l'Aéroport d'Orly,
- créer une liaison en métro directe entre les grands aéroports parisiens d'Orly, de Roissy et du Bourget (via la ligne 17),
- desservir la future gare TGV qui sera située à Aéroport d'Orly ou à Pont de Rungis,
- relier le plateau de Saclay au centre de Paris en trente minutes (via la ligne 18),
- faire bénéficier le département de l'Essonne d'une amélioration de l'accessibilité en transport en commun (correspondance avec le T7).

[1] *SMR : Site de Maintenance et de Remisage*

1.2.3.1. Olympiades – Maison Blanche - Paris XIIIe

L'extrémité Nord du projet s'inscrit dans les volumes d'infrastructure existante ayant été conçus pour préserver un prolongement éventuel.

A partir de la gare Olympiades dans le XIIIe arrondissement- déjà existante et ouverte au service des voyageurs depuis 1998 - le tracé reprend les infrastructures du terminus Sud de la Ligne 14 actuelle, c'est-à-dire :

- Le tunnel de raccordement au site de maintenance
- L'atelier de Tolbiac Nationale 2 (TN2)

A partir de l'ouvrage Tolbiac Nationale 2, un nouveau tunnel suivant une courbe vers le sud et s'approfondissant sous des immeubles R+3 à R+9 sera créé jusqu'à la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe créée sous un espace non bâti.

Le calage altimétrique du tunnel est défini par la profondeur de l'atelier de Tolbiac Nationale 2 (existant) et le calage altimétrique de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe au droit de l'ouvrage de la Petite Ceinture ferroviaire et la station de la Ligne 7 du métro.

Vue aérienne du tracé entre Olympiades et Kremlin-Bicêtre Hôpital

1.2.3.2. Maison Blanche - Paris XIIIe – Kremlin-Bicêtre Hôpital

En sortie de la station de Maison Blanche – Paris XIIIe, le tunnel s'enfonce le long de l'avenue d'Italie, et passe sous les tunnels de la Ligne 7 du métro, ainsi que sous un ouvrage d'assainissement profond (le déversoir d'orage de la Bièvre). Sur cette section, le tunnel suit une pente importante imposée par son insertion sous le déversoir d'orage.

Sur encore environ 500m, le tracé continue de s'approfondir selon une pente plus faible. Il s'insère sous une voirie créée dans l'îlot Paul Bourget, traverse le Boulevard Périphérique et la bretelle souterraine de liaison avec l'A6b. Il passe ensuite sur le territoire de la commune du Kremlin-Bicêtre et atteint un point bas du tracé au droit du square Jules Guesde.

De là, le tracé s'incurve vers le Sud-Ouest en entamant sa remontée vers la gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital selon la pente maximale autorisée, et ce afin de limiter la profondeur de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital.

Entre le square Jules Guesde et la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital, le tunnel passe sous d'anciennes exploitations de calcaire qui nécessiteront ponctuellement un traitement préalable au creusement du tunnel afin de prévenir d'éventuels mouvements de terrain pendant sa mise en œuvre.

Vue aérienne du tracé entre Maison-Blanche – Paris XIIIème et Villejuif Institut G. Roussy

1.2.3.3. Kremlin-Bicêtre Hôpital – Villejuif Institut Gustave Roussy

En sortie de la gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital, le tunnel se poursuit en longeant la rive Est de l'autoroute A6b puis décrit une courbe en S en direction du Sud, afin de passer entre plusieurs immeubles de grande hauteur. Sur cette section d'environ 600m, afin de limiter au maximum les interactions avec les carrières souterraines, le tracé descend légèrement, bien que sa profondeur par rapport au terrain naturel croisse fortement (jusqu'à plus de 50m) en raison du fort dénivelé du terrain naturel.

Le tunnel entame ensuite une forte remontée avant de franchir les limites de communes d'Arcueil et de Villejuif. Ce tracé en pente forte se poursuit sur environ 1km pour minimiser sa profondeur, puis longe l'Institut Gustave Roussy et revient à l'horizontale juste avant de rejoindre la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, située en limite Nord du parc Départemental des Hautes Bruyères.

Au cours de sa remontée vers la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, le tunnel traverse une zone de carrières souterraines qui sera traitée et consolidée préalablement au passage du tunnelier. Afin de réduire le linéaire de traversée directe des carrières et les risques de mouvements de terrain qui y sont associés, elle se fait selon la pente maximale autorisée et à l'aplomb d'une zone peu urbanisée (parc Cuchets).

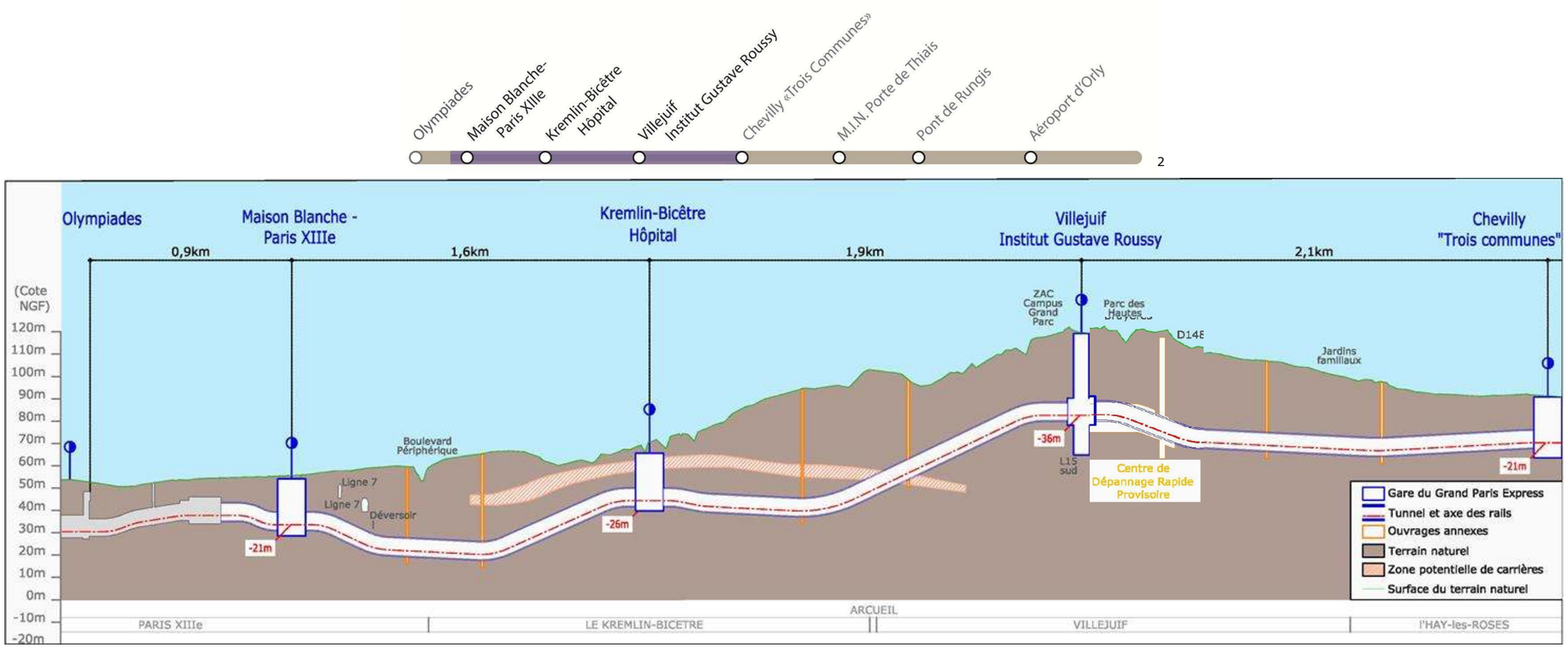
1.2.3.4. Villejuif Institut Gustave Roussy – Chevilly « Trois Communes »

En sortie de la gare de Villejuif IGR, le tunnel se dirige vers le Sud en s'approfondissant fortement et traverse le parc Départemental des Hautes Bruyères, jusqu'à l'avenue de la République (RD148). Il réduit ensuite sa pente et s'incurve vers le Sud-Est en passant sous un ensemble de jardins ouvriers.

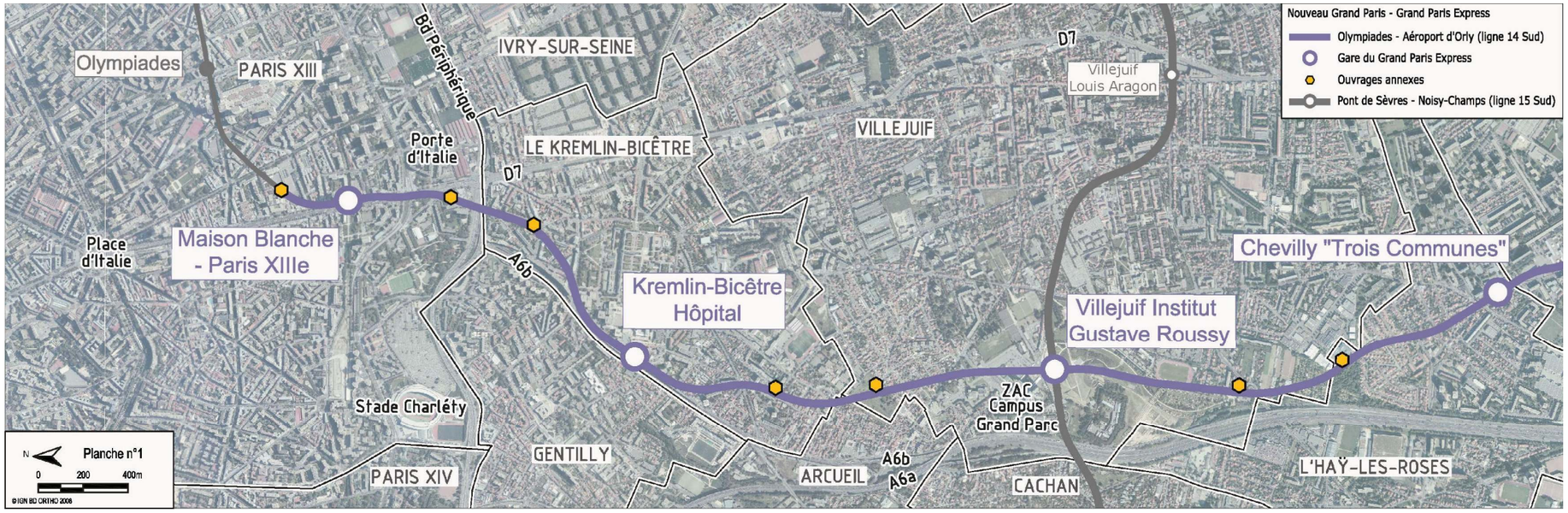
Juste après avoir passé la limite de commune de L'Haÿ-les-Roses, le tunnel atteint un point bas puis remonte légèrement et passe sous une zone pavillonnaire avant d'atteindre la gare de Chevilly « Trois Communes ».

L'implantation d'un CDR a été étudiée en 2013 et 2014 pour permettre la maintenance légère des trains dans le cadre d'une exploitation intermédiaire de la ligne entre Villejuif IGR et Saint-Denis-Pleyel. Cette installation n'est pas nécessaire en cas de mise en service unique de la ligne à l'horizon 2024. Néanmoins, ses infrastructures demeurent décrites dans le présent dossier afin de présenter l'ensemble des impacts potentiels associés au projet.

Vue aérienne du tracé entre Villejuif Institut G. Roussy et M.I.N. Porte de Thiais



Profil en long de la Ligne 14 Sud entre l'atelier TN2 et la gare Chevilly « Trois Communes »



[2] *Le CDR de Villejuif n'est pas nécessaire dans le cadre d'une mise en service unique de la ligne 14 Sud.*

1.2.3.5. Chevilly « Trois Communes » – M.I.N. Porte de Thiais

En sortie de la gare de Chevilly « Trois Communes », le tunnel passe sur le territoire de la commune de Chevilly-Larue en descendant légèrement sur environ 800m. Il s'inscrit en tréfonds d'une zone d'immeubles de petite hauteur, notamment sous le collège et le gymnase Jean Moulin avant d'atteindre un point bas.

Le tunnel remonte ensuite légèrement jusqu'à la gare M.I.N. Porte de Thiais en décrivant une courbe en « S » qui lui permet de se mettre dans l'alignement de la gare M.I.N. Porte de Thiais selon un axe Nord-Sud. Il s'inscrit en tréfond d'un secteur majoritairement pavillonnaire puis de la future ZAC du Triangle des Meuniers.

Les principales contraintes du sous-sol identifiées au niveau de cette sous-section sont liées à la présence de canalisations (Véolia, DSEA) ainsi qu'à la présence des fondations de pylônes électriques Haute Tension. Ces contraintes entraînent donc le tunnel à plonger légèrement afin de marquer des distances suffisantes avec lesdits ouvrages. Le point bas de l'infrastructure est positionné au niveau de l'OA Petit Le Roy sur cette section.

La gare M.I.N. Porte de Thiais est implantée sous la plateforme du tramway T7 et du site propre de la ligne de bus du Trans-Val-de-Marne (TVM).

Vue aérienne du tracé entre Chevilly « Trois Communes » et Pont de Rungis

1.2.3.6. M.I.N. Porte de Thiais – Pont de Rungis

Cette section, longue de 1 439m représente une des sections les plus contraignantes en termes d'occupation du sol et du sous-sol.

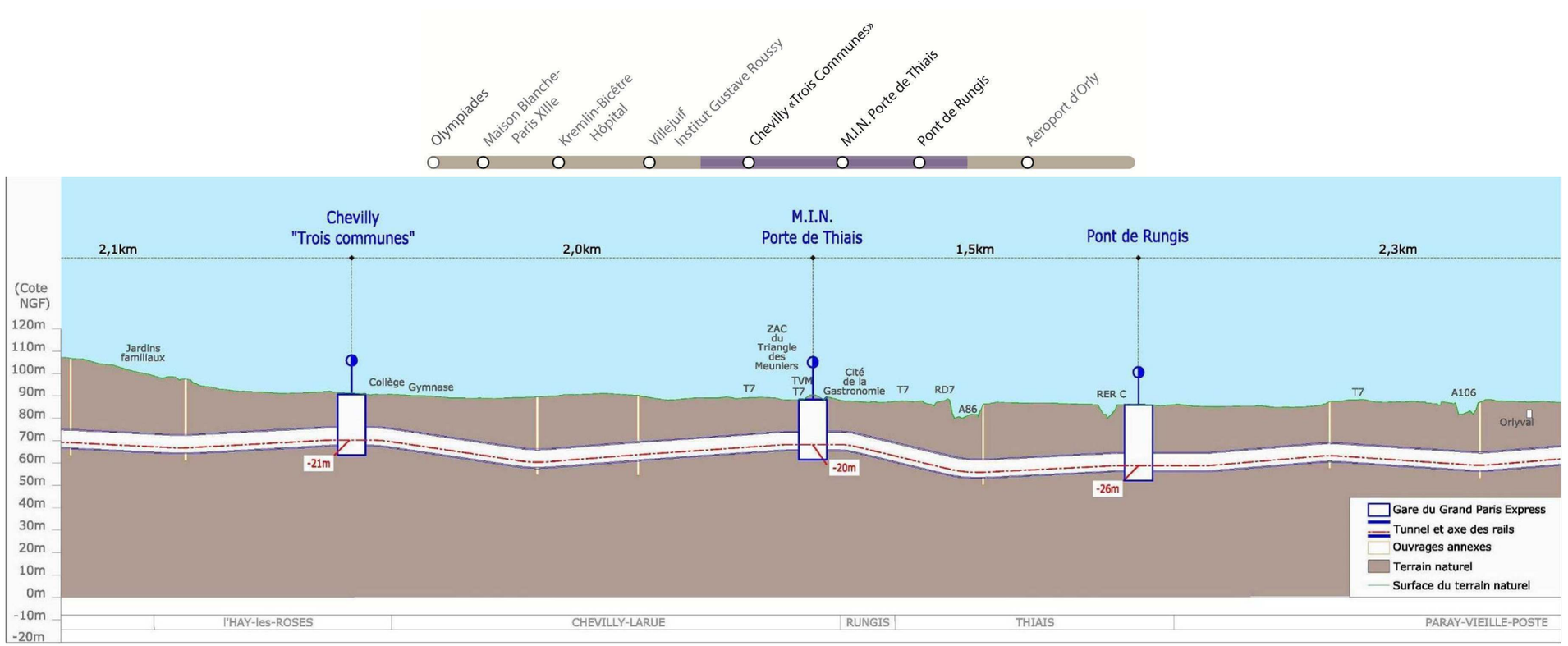
En sortie de la gare de M.I.N. Porte de Thiais, le tunnel s'approfondit légèrement sur environ 800 m en s'incurvant vers le sud-est. Il s'insère sous les bâtiments de la future Cité de la Gastronomie, puis sous l'échangeur de la Belle-Epine, la RD7 (ancienne RN7) et l'A86, au niveau de laquelle il atteint son point bas.

Le tunnel remonte ensuite en s'incurvant vers le sud pour se mettre dans l'alignement de la gare de Pont de Rungis. Il passe sous les magasins et entrepôts de la zone industrielle Sénia, sous le faisceau ferroviaire (circulations du RER C, du TGV et de trains de fret) et sous le bâtiment existant de la gare RER C de Pont de Rungis.

Vue aérienne du le tracé entre Pont de Rungis et le SMR de Morangis

En sous-sol, la section est quant à elle marquée par la présence :

- des canalisations DSEA situées en sortie de la station M.I.N. Porte de Thiais et aux abords du centre commercial Régional Belle Epine,
- des pylônes du réseau électrique Haute Tension, identifiés également en sortie de la station M.I.N. Porte de Thiais et aux abords du centre commercial Régional Belle Epine,
- des canalisations liées au réseau de chaleur local (chauffage urbain),
- du réseau Véolia,
- des fondations de l'infrastructure RER C et de celle de la gare associée (gare Pont de Rungis).



Profil en long de la Ligne 14 Sud entre la gare Chevilly « Trois Communes » et l'OA Union/RN7

1.2.3.7. Pont de Rungis – Aéroport d'Orly

En sortie de la gare de Pont de Rungis, le tunnel passe sous les bâtiments Air France puis remonte sur environ 500 m en s'incurvant vers le Sud-Ouest, en passant sous la zone aéroportuaire d'Orly.

Le tunnel s'approfondit ensuite fortement en alignement droit sur environ 700m en passant sous les voies du tramway T7, le parking aérien P4 de l'aéroport, la RN7 et l'A106.

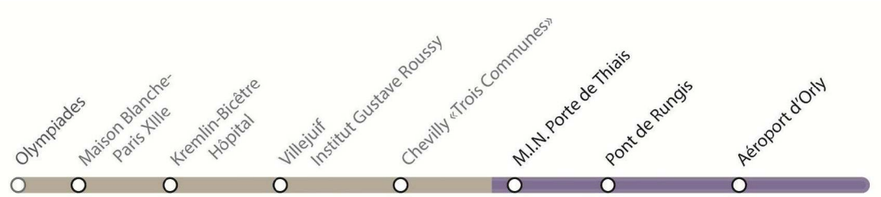
Ensuite, le tunnel remonte à nouveau en s'incurvant nettement vers le Sud, afin de se mettre dans l'axe de la gare Aéroport d'Orly. Dans ce secteur, il s'inscrit entre les fondations des piles du viaduc de l'Orlyval, sous des ouvrages routiers, avant de rejoindre la gare Aéroport d'Orly intégrée principalement dans l'extension du parc de stationnement P0.

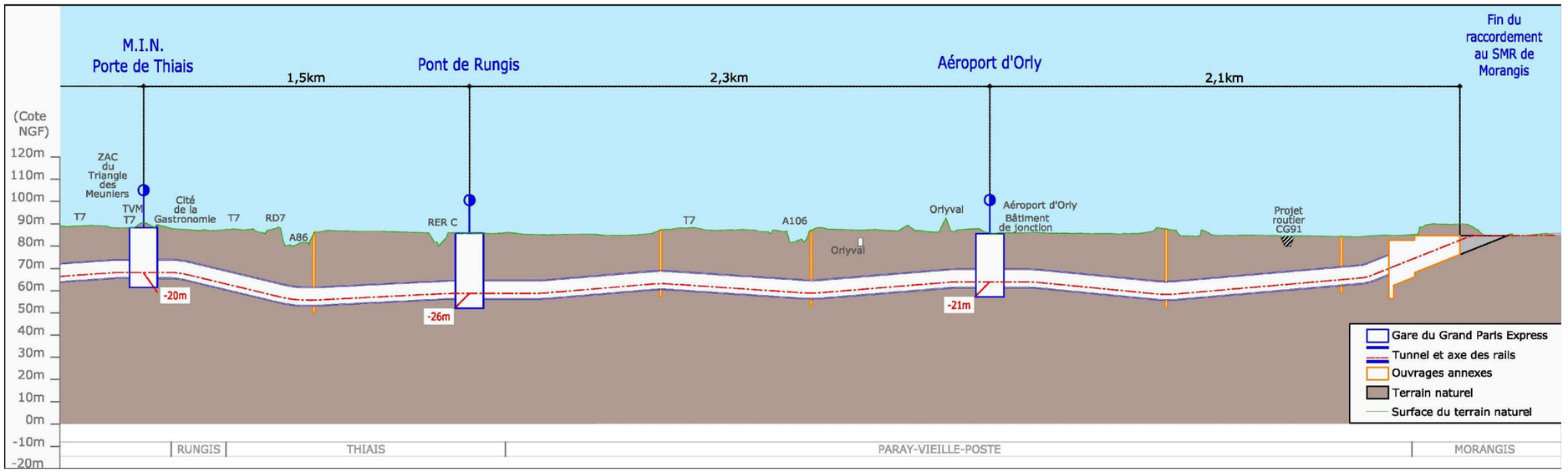
Ces infrastructures existantes ou projetées avant la réalisation des tunnels ont contraint l'orientation de la gare Orly Aéroport suivant un axe Nord-Sud.

1.2.3.8. Aéroport d'Orly – SMR Morangis

En sortie de la gare Aéroport d'Orly, le tunnel d'arrière-gare se prolonge vers le Sud, sous le futur bâtiment de jonction puis sous le taxiway (voie de circulation pour avions dans l'aéroport). Il s'incurve ensuite nettement vers le sud-ouest afin d'éviter de passer sous la piste de décollage de l'aéroport.

Le tunnel remonte ensuite progressivement sur environ 800m, en effectuant une première courbe serrée vers le Sud puis une seconde plus large vers l'Ouest. Il s'inscrit sous des réseaux concessionnaires importants (Aqueduc de la Vanne et du Loing, réseau TRAPIL) et sous un projet de voirie de contournement de Paray-Vieille Poste porté par le Conseil général de l'Essonne. Il se raccorde au SMR Morangis situé au niveau du terrain naturel par une rampe d'accès d'environ 300m en tranchée couverte puis ouverte.





Profil en long de la Ligne 14 Sud entre la gare M.I.N. Porte de Thiais et le SMR Morangis

1.3. Présentation des ouvrages

1.3.1. Caractéristiques générales des gares

Les gares du tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly sont toutes souterraines, avec des voies ferrées situées à des profondeurs allant de 20 mètres à 36 mètres environ sous le niveau du terrain naturel. Les quais permettent d'accueillir des trains d'une longueur de 120 mètres.

Chacune des gares a été positionnée de façon à établir la meilleure correspondance possible avec les réseaux de transport en commun existants et futurs, tout en permettant une desserte cohérente des quartiers dans lesquels elle s'insère et en accompagnant le développement urbain. En outre, les enjeux environnementaux et techniques ont été pris en considération afin d'ajuster le positionnement des gares et d'en limiter les éventuels impacts ainsi que les contraintes constructives.

Les gares du tronçon sont dotées d'émergences qui assurent l'accès des voyageurs et peuvent également accueillir des locaux d'exploitation. La forme de ces émergences, conçues en lien avec l'environnement urbain, peut varier : il s'agit le plus souvent de bâtiments (ou d'édicules) jouant un rôle de signal et portant l'identité du réseau. Les espaces publics aux abords des gares font par ailleurs l'objet d'aménagements de qualité, assurant de bonnes conditions d'intermodalité et d'irrigation de la ville.

Les gares bénéficient toutes d'un hall d'accueil, en surface ou au premier sous-sol. Il s'agit d'un espace adapté à une mixité d'activités et capable d'évoluer avec les usages. Celui-ci organise à la fois l'accueil, l'information des voyageurs, la vente des titres de transport ainsi qu'une offre de commerces et de services adaptée à chaque territoire.

Les gares sont conçues pour faciliter les parcours de tous les voyageurs entre la ville et les trains, et pour privilégier des échanges courts et optimisés avec les modes en rabattement (tram, bus, vélos). Les services, les quais et les trains sont en particulier entièrement accessibles aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR). En outre, il est prévu que les cheminements d'accès et de correspondance soient systématiquement mécanisés : la mécanisation est alors assurée par des ascenseurs et/ou par des escaliers mécaniques. De plus, les espaces sont conçus afin de faciliter leur usage par des personnes souffrant d'un handicap sensoriel ou cognitif.

Le dimensionnement des espaces (quais, salles d'accueil…) comme des équipements (escaliers mécaniques, ascenseurs…) est étudié afin de garantir un usage fluide du réseau, y compris aux périodes de pointe.

Les aménagements des gares devront créer une ambiance accueillante et apaisante. Ils seront avant tout sobres, facilement nettoyables et maintenables, participant ainsi au confort d'accès des usagers. Des interventions culturelles et artistiques pourront également venir enrichir le parcours des voyageurs.

Les gares proposeront par ailleurs une offre de services et de commerces définie en fonction des besoins des voyageurs, mais aussi des habitants et des personnes qui travaillent sur les territoires desservis. Les objectifs poursuivis sont de faciliter le quotidien des voyageurs, ainsi que de renforcer la vie commerciale, en favorisant au mieux les effets de complémentarité entre l'offre proposée dans la gare et l'offre existante ou envisagée à ses abords. L'offre de services et de commerces en gare est structurée en trois composantes, qui chercheront à être partagées par l'ensemble des gares et calibrées en fonction de leur potentiel :

- Les services essentiels répondent à quatre fonctions principales, liées à la mobilité :
  - Une fonction d'accueil, assurée en toutes circonstances, y compris en situation de perturbations : cette fonction garantit une présence humaine dans toutes les gares,
  - Une fonction de vente de tout titre de transport urbain,
  - Une fonction d'information sur le transport, les services de la gare et ceux de la ville,
  - Une fonction de commerce de dépannage, avec une offre repère, présente sur l'ensemble du réseau (presse, snacking, retrait-colis, etc.).
- Les services complémentaires de facilitation, liés étroitement aux flux de la gare, offrent des services et commerces pratiques, situés sur les parcours des voyageurs et leur permettant de gagner du temps dans les tâches du quotidien (par exemple : offre de restauration rapide, pharmacie, vente d'accessoires, cordonnerie, pressing,…).
- Les services complémentaires de destination répondent aux besoins de chaque territoire desservi en proposant des commerces et des activités adaptés aux attentes des habitants, de la ville et des entreprises. Il pourra s'agir, au sein des espaces de la gare, de commerces de grande destination ou d'activités spécifiques telles qu'offres médicales (laboratoires, cabinets, etc.), crèches, centres de télétravail, espaces de sport et de loisirs…

Ces orientations renvoient aux recommandations formulées par le comité stratégique de la Société du Grand Paris[3]. Les espaces de commerces et de services respecteront par ailleurs les exigences visant à garantir la sécurité du public dans les gares ; chaque local ou activité qui s'implantera aura obtenu au préalable les autorisations réglementaires nécessaires. Des autorisations d'exploitation commerciale seront également, le cas échéant, obtenues.

1.3.2. Les gares

1.3.2.1. Station Maison Blanche – Paris XIIIe

La station de Maison Blanche – Paris XIIIe est implantée le long de l'avenue d'Italie, entre la Tour Super-Italie à l'est et le tunnel de la ligne de métro 7 à l'ouest. Elle s'inscrira dans un tissu urbain dense marqué par des bâtiments de grande hauteur qui présente une mixité fonctionnelle importante (habitat résidentiel, bureaux, commerces).

La réalisation de la nouvelle gare nécessitera une modification des accès de la station de la ligne 7 existante mais offrira à terme trois accès communs aux deux lignes de part et d'autre de l'avenue d'Italie. Elle disposera d'un parvis qui permettra une connectivité optimale avec les différentes lignes de transport en commun du secteur : la ligne 7 du métro, plusieurs lignes de bus, ainsi que le tramway T3 dont la station « Porte d'Italie » est située à environ 250 m au sud.

Le potentiel de desserte est estimé à 50 000 habitants et emplois.

[3] *Le comité stratégique de la Société du Grand Paris constitue un laboratoire d'idées et d'échanges entre les élus des collectivités d'Ile-de-France et les partenaires de la Société du Grand Paris. Il est actuellement composé de 123 membres : représentants des communes et des établissements publics de coopération intercommunale traversés par le réseau, parlementaires, représentants des chambres de commerce et d'industrie d'Ile-de-France ainsi que de la chambre régionale des métiers et de l'artisanat, membres du conseil économique, social et environnemental d'Ile-de-France.*

1.3.2.2. Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

La gare du Kremlin-Bicêtre Hôpital est implantée sur le territoire de la commune du Kremlin-Bicêtre, le long de la rue Gabriel Péri et de l'autoroute A6b récemment couverte. Située devant l'entrée principale du CHU Bicêtre, elle renforcera l'accessibilité de l'hôpital et de la faculté de médecine avec la station ligne 7.

La gare est située dans une zone en reconversion urbaine le long des rives de l'autoroute A6b avec, à terme, l'aménagement du parvis de la gare ainsi qu'un réaménagement de la voirie et des lignes de bus. Plusieurs projets de requalification du secteur sont prévus, parmi lesquels l'éco-quartier « entrée de ville sud-ouest » au Kremlin-Bicêtre et la ZAC du Coteau à Arcueil.

A terme, l'aménagement du parvis de la gare et un réaménagement du parcours des lignes de bus (pôle bus) desservant le secteur permettront une correspondance entre la ligne 14 du réseau de transport public du Grand Paris et l'ensemble de ces lignes.

La réalisation de la gare nécessitera la démolition du bâtiment Claude Bernard (abritant les locaux de l'INSERM), du Poste de Contrôle Sécurité Incendie (PCSI) de l'hôpital, du bâtiment d'ancienne consultation (ou local 30). Le PCSI sera reconstruit dans l'emprise du CHU Bicêtre avant le début des travaux de la gare.

1.3.2.3. Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

La gare Grand Paris Express Villejuif Institut Gustave Roussy est localisée sur le territoire de la commune de Villejuif, dans le parc départemental des Hautes Bruyères. La gare est située devant l'entrée de l'Institut Gustave Roussy, au cœur de la ZAC Campus Grand Parc, et non loin du pôle bus.

Cette gare, permet la correspondance avec la ligne 15 (ligne rouge) du réseau de transport Grand Paris Express. Elle sera réalisée dans le cadre des travaux de la ligne 15 sud (tronçon Pont-de-Sèvres – Noisy- Champs).

Cette gare emblématique du Grand Paris Express vient renforcer l'image de l'Institut Gustave Roussy, centre de lutte contre le cancer de renommée internationale, qui conduit actuellement le projet de ZAC Campus Grand Parc afin de développer le pôle de santé, de recherche et de développement économique sur le cancer.

1.3.2.4. Gare Chevilly « Trois Communes »

La gare de Chevilly « Trois Communes » est implantée sur le territoire de la commune de l'Haÿ-les-Roses au croisement de la rue de Bicêtre, de la rue de Lallier et de la rue Paul Hochart. Elle s'accompagne d'un parvis qui s'ouvre sur la rue de Bicêtre.

L'insertion de la gare dans ce secteur permet d'envisager un renforcement des aménagements du réseau de transports existant afin de créer, à terme, une plateforme d'intermodalité autour de cette gare, intégrant des correspondances avec plusieurs lignes de bus. La gare s'inscrit également dans une logique d'amélioration de la desserte locale du quartier actuellement peu irrigué par les transports en commun lourd.

L'insertion de la gare dans une zone d'habitat dense en cours de requalification permet la création d'une nouvelle centralité, et accompagne le Programme de Renouvellement Urbain proposé sur les quartiers des Sorbiers, de la Saussaie à Chevilly-Larue, de Lallier-Bicêtre, du Jardin Parisien à l'Haÿ-les-Roses, et de Sainte-Colombe à Villejuif.

La gare se situe également à proximité de plusieurs zones d'activité et d'emploi sur le territoire des trois communes concernées et de la partie sud de l'opération « Campus Grand Parc ».

1.3.2.5. Gare M.I.N. Porte de Thiais

La gare M.I.N. Porte de Thiais est localisée sur la commune de Chevilly-Larue, au sud de la ZAC du Triangle des Meuniers. Implantée sous l'avenue de la Cité et la rue de Thiais, elle présente un double accès de part et d'autre des voiries, afin d'offrir un accès au Marché d'Intérêt National (MIN) de Rungis tout en maintenant une intermodalité optimale avec le tramway T7, le Trans-Val-de-Marne (Tvm) ainsi qu'avec les lignes de bus du secteur et à la Cité de la Gastronomie.

La gare s'inscrit dans un territoire attractif (MIN de Rungis, centre commercial Régional Belle Epine) mais morcelé par des ruptures urbaines. Dans le cadre de l'Opération d'Intérêt National Orly Rungis Seine-Amont, de nombreux projets en cours ont vocation à reconstituer un tissu urbain cohérent : la ZAC Anatole France, la ZAC du Triangle des Meuniers, ainsi que d'autres projets actuellement à l'étude comme la requalification de la RD7, la rénovation du centre commercial régional Belle-Epine et la Cité de la Gastronomie.

1.3.2.6. Gare Pont de Rungis

La gare Pont de Rungis est localisée sur le territoire de la commune de Thiais. Elle est implantée selon un axe nord-sud, entre les voies du RER C et l'avenue du Docteur Marie. La gare permet la correspondance avec le RER C et s'inscrit dans une logique de réorganisation de la desserte locale par la création d'un pôle multimodal, intégrant :

- les échanges avec le réseau de bus existant ;
- les projets de transport dont le prolongement de la ligne de bus en site propre Sénia-Orly ;
- une gare TGV si ce site est préféré à celui de l'aéroport d'Orly dans le cadre du projet d'interconnexion sud des LGV.
- Le besoin d'un parc relais de trois cent places a été identifié sur le secteur d'implantation de la gare (hors maîtrise d'ouvrage SGP).

L'insertion de la gare dans ce secteur soutient le développement de la zone Sénia et permet d'accompagner efficacement son réaménagement impulsé par plusieurs projets d'aménagement : projet de ZAC Thiais, requalification de la RD7, etc.

1.3.2.7. Gare Aéroport d'Orly

La gare Aéroport d'Orly est localisée sur le territoire de la commune de Paray-Vieille-Poste, dans l'enceinte de l'Aéroport Paris-Orly. Elle doit permettre une amélioration significative de la desserte de l'aéroport en transport en commun, actuellement assurée à 80% par la route. Elle est implantée au niveau de l'actuelle extension du parking P0, à proximité immédiate du futur bâtiment de jonction (projet ADP[4]) qui reliera les terminaux Sud et Ouest.

Il s'agit d'une gare double, accueillant les terminus des Lignes 14 et 18.

[4] *ADP : Aéroports De Paris*

La gare constitue un point d'entrée majeur au réseau du Grand Paris Express, autour duquel s'organise un véritable pôle multimodal de transport destiné à offrir une correspondance avec le T7, les lignes de bus qui desservent le territoire et le TGV, si ce site est préféré à celui de Pont de Rungis dans le cadre du projet d'interconnexion sud des LGV.

Il accueille des abris à vélo et consignes Véligo, des emplacements pour deux roues motorisées, dépose-minute et taxis, ainsi que plusieurs arrêts de bus.

1.3.3. Les sites industriels

1.3.3.1. Le Centre de Dépannage Rapide (CDR)

Une mise en service en deux phases étant initialement prévue, un centre de dépannage et de remisage provisoire à Villejuif IGR a été étudié, le site des Docks ne pouvant accueillir la maintenance de tous les trains supplémentaires tant que la ligne 14 n'est pas prolongée jusqu'à Orly et raccordée au SMR de Morangis.

Cet ouvrage spécifique serait réalisé en souterrain à proximité immédiate de la gare de Villejuif IGR, au sud. Composé d'une voie d'accès depuis la ligne 14, et du centre de dépannage rapide / voie d'évitement à proprement parler, il serait aménagé pour assurer l'entretien courant du matériel roulant de la ligne, ses réparations et ses révisions générales, en complément des opérations de maintenance conduites dans le site de maintenance et de remisage (SMR) des Docks de Saint-Ouen et dans l'attente du site de maintenance à Morangis lors du prolongement à Orly.

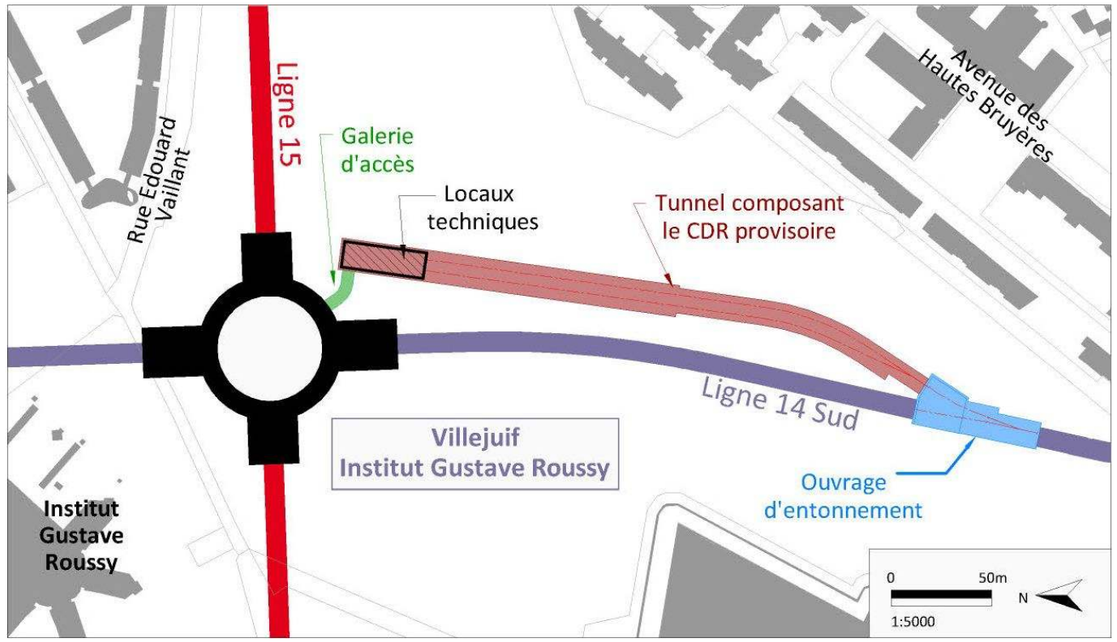
La jonction vers le tunnel principal en extrémité Sud du CDR se ferait par l'intermédiaire d'un ouvrage d'entonnement.

A son extrémité nord, l'ouvrage comporterait également des locaux techniques et une galerie d'accès vers l'ouvrage de la gare de Villejuif IGR (permettant l'accès depuis la surface) se connectant au niveau de la mezzanine des quais de la ligne 15 Sud.

Son utilisation évoluerait en fonction de la mise en service progressive du prolongement de la ligne 14 au sud. Dès la mise en service de la ligne 14 jusqu'à l'Aéroport d'Orly, l'activité serait transférée sur le SMR de Morangis et le CDR serait transformé en voies d'évitement.

Une voie d'évitement est une voie supplémentaire parallèle à celles existantes et de longueur suffisante pour garer un train en cas de panne ou pour des besoins d'exploitation. Elle peut servir pour le garage de trains de travaux ou constituer une réserve d'exploitation pour renforcer le service de manière ponctuelle. Son utilisation a pour but de maintenir une circulation fluide sur l'ensemble de la ligne, pendant toute la durée d'exploitation du réseau.

Dans la perspective d'une mise en service unique du prolongement jusqu'à Orly à l'horizon 2024, la réalisation du CDR n'est pas nécessaire. La réalisation d'une voie d'évitement entre Olympiades et Maison Blanche se ferait à l'emplacement de l'atelier Tolbiac Nationale 2.



1.3.3.2. Site de Maintenance et de Remisage (SMR)

A l'horizon cible, **la gestion et l'exploitation de la ligne 14 s'articuleront autour de deux sites de maintenance et de remisage** (SMR) :

- le SMR des Docks, au nord de la ligne, qui est prévu d'être réalisé lors de la mise en service du prolongement de la ligne 14 jusqu'à la station Mairie de Saint-Ouen,
- **le SMR de Morangis**, au sud de la ligne, présenté ci-après.

Ces deux SMR seront conçus de manière complémentaire, et avec une vision globale du projet de la ligne 14. Il est prévu que le SMR de Morangis soit achevé un an avant l'horizon cible de mise en service, dans le but de permettre la réception des voitures et la constitution des trains.

Organisation spatiale

Le site retenu pour l'implantation du SMR au sud de la ligne 14 est une parcelle située au sud-ouest de l'aéroport d'Orly, en dehors de la zone d'activités aéroportuaires, sur la commune de Morangis, dans le département de l'Essonne (91).

Le choix de sa localisation résulte de la prise en compte des éléments suivants :

Du point de vue du *fonctionnement* de la ligne :

- un accès direct des trains depuis le SMR vers la ligne et à la station terminus Aéroport d'Orly
- une localisation du SMR au plus près du terminus de la ligne Aéroport d'Orly
- un tracé de tunnel de raccordement compatible avec les pistes et l'activité aéroportuaire

Du point de vue de l'insertion urbaine :

- un site disponible d'une taille d'environ 5 hectares d'un seul tenant permettant d'installer l'ensemble des aménagements et équipements nécessaires à la maintenance et au remisage des trains
- une insertion qualitative et au niveau du sol
- la proximité d'une voirie (la RD118) facilitant les approvisionnements notamment du chantier
- la compatibilité avec la présence de réseaux concessionnaires
- une conception architecturale avec une ambition affirmée de qualité en termes d'insertion urbaine, environnementale et paysagère. Il fera l'objet d'un programme spécifique en dialogue avec une charte architecturale transversale, qui accompagnera les études de conception à venir en valorisant une architecture industrielle durable.

Fonctionnalités

Le site de maintenance et de remisage (SMR) des trains de la ligne 14 à Morangis est relié à la ligne par un tunnel de raccordement d'une longueur d'environ 2,1 km. Ce site est conçu pour accueillir les opérations suivantes en vue de satisfaire les besoins globaux d'exploitation de la ligne : la maintenance, le nettoyage, le remisage et la livraison du matériel roulant.

Pour cela, il est composé :

- d'un atelier de maintenance courante ;
- de voies dédiées au grand nettoyage des navettes (en intérieur) ;
- de locaux administratifs (encadrement, locaux sociaux) ;
- de locaux logistiques et techniques ;
- d'une machine à laver les trains (en extérieur) ;
- de 4 positions de remisage (dont 2 pouvant accueillir chacune un train de travaux RATP-GI)

Les méthodes de réalisation du bâtiment industriel

Les méthodes de réalisation du bâtiment industriel seront fortement impactées par les restrictions imposées par les servitudes aéronautiques. Aussi, le niveau général du site proche de celui des voiries alentours facilitera l'évacuation des déblais et les approvisionnements du chantier.

Emprise de la parcelle occupée par du site de maintenance et de remisage de Morangis de la ligne 14 (bleue)

Activités

Le SMR de la ligne 14 Sud, génèrera environ cent emplois. Pour les utilisateurs réguliers (encadrants, opérateurs de maintenance, prestataires …), le site doit être accessible et ouvert 24 heures / 24 heures, 365 jours par an. Compte tenu de la diversité des activités et des utilisateurs du site, les modalités d'accès et de fonctionnement diffèrent d'un espace et d'une entité à l'autre.

1.3.3.3. Les ouvrages de service

Définition

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après.

Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et par exemple être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Accès de secours

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre.

Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes.

Compte tenu des contraintes de tracé, plusieurs de ces puits ont une profondeur supérieure à 30m, ce qui impose de les équiper d'ascenseurs permettant le transport d'un brancard.

Ventilation / désenfumage

La ventilation du tunnel assure plusieurs fonctions essentielles :

- D'une part, elle permet de maintenir une température de confort dans l'ouvrage en évacuant l'air chaud issu de l'échauffement du tunnel,
- D'autre part, elle permet le renouvellement de l'air,
- Enfin, elle permet le balayage et l'évacuation de la fumée en cas d'incendie dans le tunnel, cette dernière fonction s'avérant dimensionnant pour la conception de cet ouvrage.

Les caractéristiques des ouvrages et performances des équipements sont conformes à la réglementation, en particulier l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

Les ouvrages de ventilation/désenfumage sont équipés de deux ventilateurs permettant l'extraction ou l'insufflation d'air dans le tunnel. L'air est extrait vers la surface via des gaines de ventilation et des grilles de rejet. Celles-ci ont une surface de l'ordre de 30 à 40m^2 en cas de circulation possible, 20m^2 lorsqu'elles sont protégées et inaccessibles au public.

Généralement, les ouvrages de ventilation/désenfumage sont mutualisés avec les ouvrages d'accès pompiers.

Ces ouvrages seront mutualisés et implantés en fonction du programme technique de la ligne mais aussi en fonction du contexte urbain dans lequel ils s'insèrent afin de limiter toute nuisance sur leur environnement immédiat.

Décompression

Pour réduire les phénomènes liés aux effets de pression dus à la circulation des trains en tunnel à des vitesses élevées, des ouvrages de décompression sont prévus dans l'ensemble des gares du projet.

Sous cette configuration :

- Les pressions ressenties par les passagers dans les trains lors de l'entrée en tunnel et lors du croisement des trains sont acceptables,
- Les pressions sur les équipements en tunnel sont à des niveaux acceptables.

Epuisement

Les ouvrages d'épuisement sont destinés à recueillir les eaux d'infiltration et de ruissellement du tunnel en vue de les recueillir à un point bas du tunnel puis les rejeter au moyen d'une pompe dans le réseau d'assainissement local.

Ils sont autant que possible mutualisés avec les puits d'accès des secours. Ces derniers sont alors implantés aux points bas du tracé.

Postes de redressement et postes éclairage force

Les postes de redressement permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en courant continu de 750 volts, utilisé pour l'alimentation des trains de la Ligne 14. En règle générale, ils sont intégrés dans les espaces des gares. Quelques postes de redressement sont implantés en ligne, entre deux gares.

Les postes éclairage force permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en énergie électrique basse tension alternative (230/400 V) destinée à alimenter les installations électriques dans les gares et dans les ouvrages annexes.

1.3.3.4. Le type de tunnelier utilisé

Aspects généraux

La Ligne 14 Sud est réalisée au tunnelier, principalement afin de limiter les impacts sur la ville en termes de risques et de nuisances chantier.

L'approvisionnement du tunnelier est assuré par le train suiveur. Long d'environ 100 mètres, c'est une véritable usine essentielle pour le bon fonctionnement de la machine (cabine de pilotage, cuve à huile, cuve à mortier, container de survie, etc.).

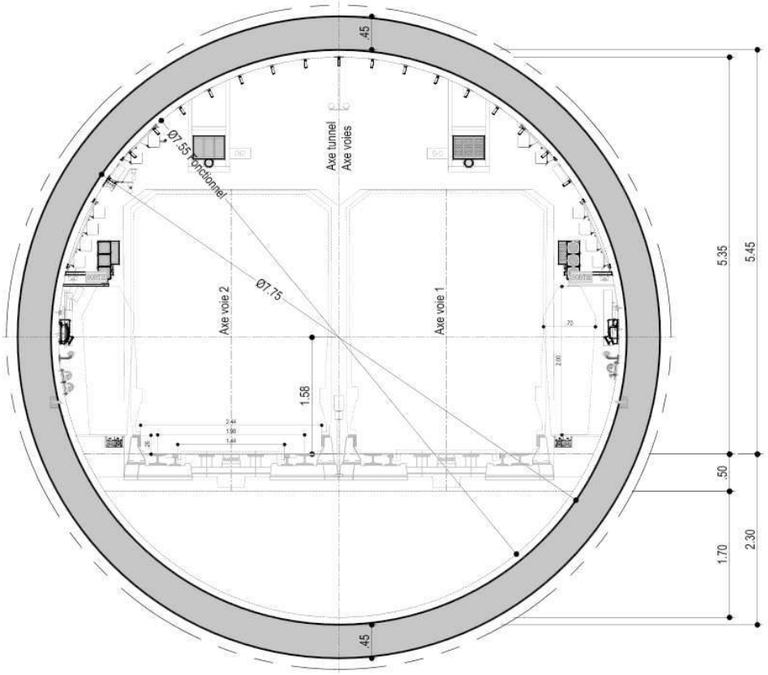
Deux systèmes peuvent être utilisés pour assurer la stabilité du front d'attaque à l'avancement du creusement : système à pression de boue ou système à pression de terre. Les contraintes du sous-sol déterminent le système préférentiellement utilisé.

Dans la partie nord de la Ligne 14 Sud, un critère est particulièrement dimensionnant sur cette décision : la présence de carrières souterraines. Il est alors conseillé face à des cavités d'utiliser un Système à pression de terre plutôt qu'un système à pression de dont la perte de la pression de confinement sera immédiate.

Bien qu'un système à pression de boue soit plus adapté et assure un meilleur contrôle des pressions de confinement en front mixte, présent sur un bon linéaire de la partie Nord de la ligne (remontée des couches géologiques du Bassin Parisien), l'importante couverture présente sur ce tronçon incite à croire qu'il est tout à fait envisageable d'obtenir la même limitation des tassements avec un système à pression de terre sous condition de fonctionner en mode fermé avec une chambre totalement pleine.

Dans la partie sud, les bonnes caractéristiques géo-mécaniques et l'homogénéité du front de taille sur tout le linéaire du tronçon permettent d'envisager l'utilisation d'un système à pression de terre EPB.

Aussi, au stade d'avancement des études techniques (menées parallèlement à la présente étude d'impact), le choix du tunnelier s'est donc arrêté sur l'utilisation d'un tunnelier à pression de terre.



Coupe type du tunnel bivoie en alignement droit

Aspects techniques de fonctionnement

Les boucliers à confinement de terre sont des tunneliers où le confinement est assuré par la mise en pression des matériaux excavés. Ces derniers sont utilisés pour le soutènement du front de taille et la résistance aux charges hydrostatiques, et la tête de coupe sert elle-même de support.

La tenue du front est contrôlée par le marinage lui-même, stocké dans la chambre d'abattage et ensuite évacué par un convoyeur à vis dont le réglage de la vitesse de rotation, et par conséquent celui du débit, permet de maîtriser la pression à l'amont du bouclier. Si nécessaire, des additifs peuvent être ajoutés pour rendre le mélange plus malléable et pâteux.

Après leur passage dans la vis, les déblais sont évacués par un dispositif de décharge permettant de ramener les matériaux extraits de la pression de confinement à la pression atmosphérique.

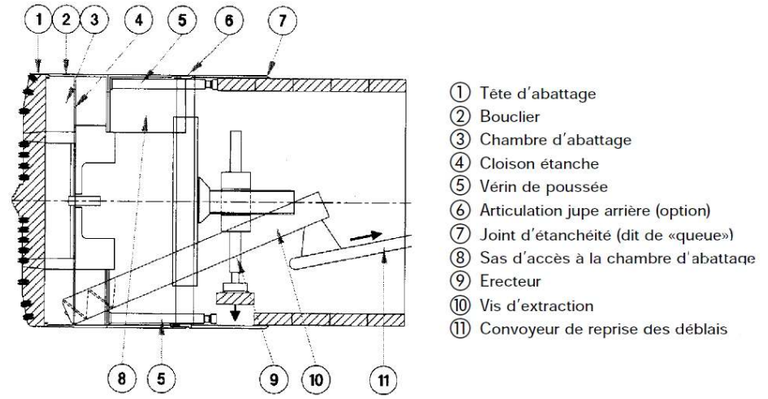


Schéma de principe de fonctionnement du tunnelier à pression de terre (Source : Société du Grand Paris)

1.3.3.5. Caractéristiques d'exploitation de la ligne

Système de transport et matériel roulant

L'ensemble de la ligne sera équipé d'un matériel roulant à conduite automatique sans conducteur dans les trains. Le matériel roulant ne possèdera ainsi pas de loge de conduite : la conduite manuelle restera cependant possible en situation très exceptionnelle. Pour assurer la sécurité des voyageurs en gare et contribuer à la régularité du service, des « façades de quai » (portes vitrées en bordure de quai) seront installées dans toutes les gares.

Ce mode de conduite présente de nombreux avantages et a fait ses preuves sur la ligne 14 : adaptabilité de l'offre à la demande, régularité optimisée et bonne adéquation des coûts de fonctionnement.

De manière générale, le STIF, en tant qu'autorité organisatrice des transports en Ile-de-France, financeur et propriétaire *in fine* du matériel roulant, est étroitement associé aux étapes successives de définition des besoins et d'acquisition des trains circulant sur les infrastructures du Grand Paris Express.

Le matériel roulant circulant sur la ligne 14 sera compatible avec les caractéristiques de la ligne aujourd'hui exploitée entre Olympiades et Saint-Lazare. Il s'agit d'un matériel à roulement pneu, possédant un gabarit de type « métro parisien » (environ 2,45 m de large). De même, la RATP qui assure les phases d'acquisition du matériel roulant sera étroitement associée.

Les principales caractéristiques du matériel roulant de la ligne 14, à l'horizon de son prolongement à Aéroport d'Orly, seront les suivantes :

- Le gabarit des trains sera de l'ordre de 2,45 m de large et 120 m de long. A l'horizon cible, le matériel roulant de la ligne 14 sera composé de trains de huit voitures de quinze mètres

chacune environ, en cohérence avec la demande de transport prévisionnelle attendue sur la ligne 14 prolongée.

- La capacité unitaire visée est de plus de 960 voyageurs par train (capacité calculée avec la norme de confort standard de 4 voyageurs/m²).
- La fluidité des circulations dans les rames sera favorisée. Comme aujourd'hui, les trains présenteront une intercirculation entre les voitures d'une même rame.
- L'aménagement intérieur sera conçu de telle manière qu'il pourra être adapté si nécessaire afin de modifier la capacité des rames, selon l'évolution constatée des besoins.
- Les trains seront accessibles aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) et aux Usagers en Fauteuil Roulant (UFR), qui disposeront d'emplacements adaptés dans les rames. L'accessibilité sera optimale, grâce au plancher du train au même niveau que les quais et à des lacunes réduites entre le quai et le train.

Ce matériel roulant est prévu pour atteindre, comme aujourd'hui, une vitesse maximale de 80 km/h. Cette vitesse apparaît adaptée au contexte d'insertion de la ligne 14.

Récapitulatif des caractéristiques principales du système de transport pour la ligne 14

Olympiades – Aéroport d'Orly	
Roulement	pneu
Largeur du matériel roulant	environ 2,45 m
Longueur du train	environ 120 m
Composition des trains	8 voitures
Longueur des voitures	environ 15 m
Vitesse de pointe	80 km/h
Capacité à 4 voyageurs/m^2	960

1.4. Déroulement de la phase chantier

1.4.1. Principes généraux

La mise en œuvre de la Ligne 14 Sud se découpe en trois grandes phases.

Pour l'heure, les éléments présentés ci-dessous restent des éléments de principes successifs de réalisation. Les études concernant ces différents travaux sont en cours.

1.4.1.1. Réalisation des travaux préparatoires

Préalablement à tous travaux de génie civil, le terrain doit être préparé de façon à éliminer un maximum d'obstacles susceptibles de retarder les phases suivantes.

Plusieurs opérations sont à mener :

- Repérage de l'implantation des réseaux existants (gaz, électricité, télécoms, etc.),
- Diagnostics archéologiques,
- Dépollution des sols,
- Démolitions éventuelles d'ouvrages ou de bâtiments existants,
- Dévoiements de réseaux,
- Mise en place des installations de chantier, réalisation des puits de chantier pour le tunnel et les gares,
- Dans les zones sensibles, référés préventifs (constat par un expert désigné par un juge de l'état des ouvrages avoisinants).

1.4.1.2. Réalisation des travaux de génie civil

Les travaux de génie civil sont des opérations lourdes nécessitant la mise en œuvre de moyens matériels et humains importants. Ils consistent en la réalisation de travaux de gros œuvre pour:

- Le tunnel en partie courante (réalisation au tunnelier à « pression de terre »),
- Les six nouvelles gares de la Ligne 14 Sud,
- Les 13 ouvrages annexes en ligne (hors OA Tolbiac Nationale 2 déjà existant),
- Le CDR de Villejuif Institut Gustave Roussy ainsi que sa voie de connexion à la Ligne 14 Sud,
- L'ouvrage d'entonnement de connexion du CDR de Villejuif Institut Gustave Roussy à la Ligne 14 Sud,
- Environ 140m de tunnel au nord de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe réalisés en méthode traditionnelle,
- La tranchée couverte puis ouverte (longueur totale d'environ 300m) relative à la rampe d'accès au SMR Morangis, à l'Ouest de l'OA Sud-Orly.

1.4.1.3. Réalisation des travaux d'équipements

Cette étape consiste à mettre en place l'ensemble des équipements nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de la ligne.

Elle comprend les travaux :

- de pose de voie,
- de signalisation,
- d'installations électriques d'alimentation de la ligne : Poste Eclairage Force (PEF), Poste de redressement (PR),
- d'installations de ventilation et de désenfumage,
- d'installations de sécurité,
- d'aménagement des gares.

1.4.2. Mise en œuvre du tunnel en tunnelier

1.4.2.1. Cinématique de mise en œuvre du tunnelier

Les éléments présentés ci-après sont des scénarios d'étude pour l'échéance de mise en service en 2024. Ils pourront évoluer dans le cadre des études ultérieures d'Avant-Projet et de Projet.

Trois tunneliers sont utilisés simultanément pour la réalisation du tunnel.

Quatre puits seront aménagés sur l'ensemble de la ligne afin de permettre l'entrée et la sortie des tunneliers :

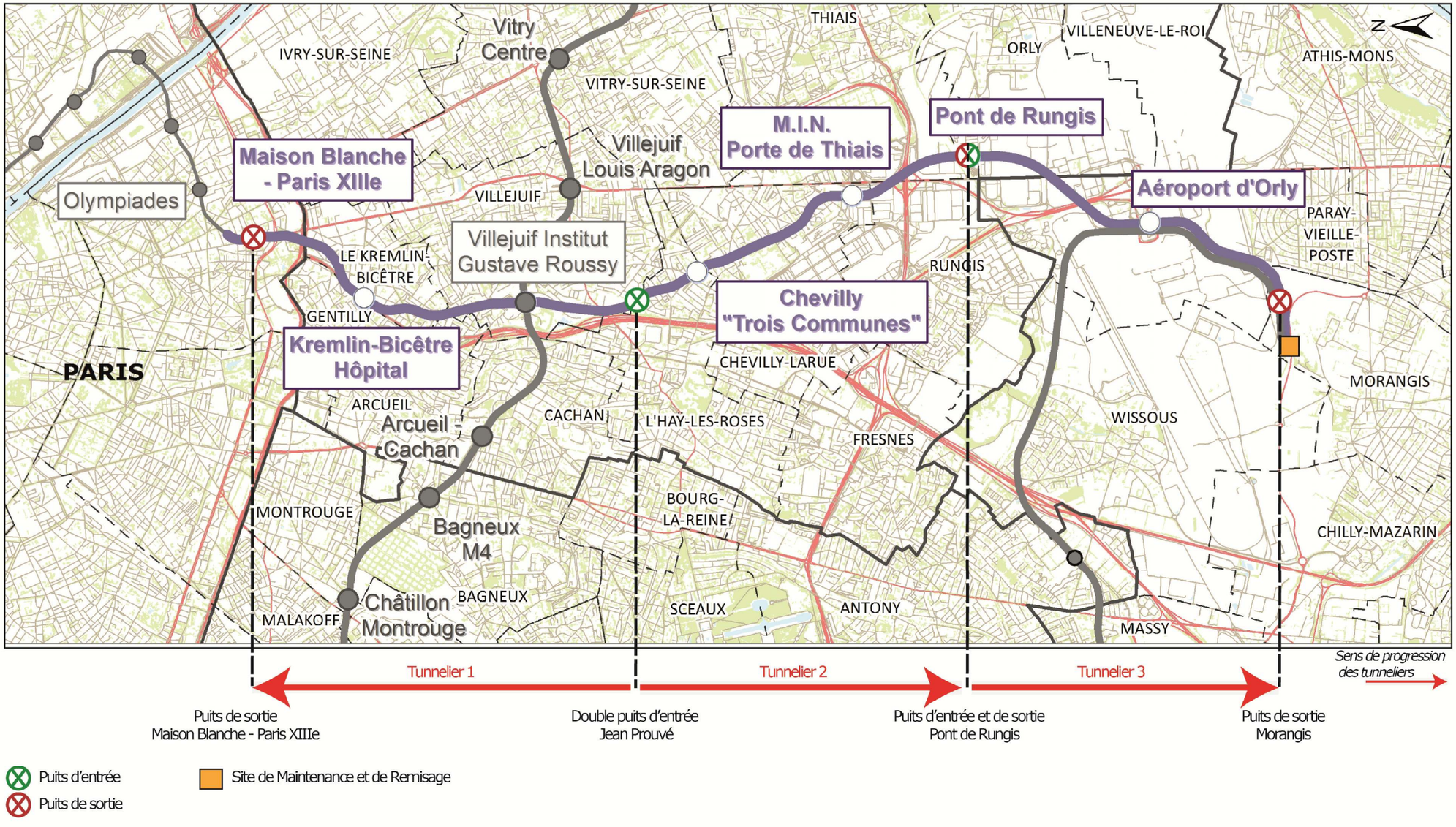
- L'ouvrage annexe « Jean Prouvé » est un double puits d'entrée
- La gare « Pont de Rungis » est un puits d'entrée et de sortie
- La gare « Maison Blanche – Paris XIII » est un puits de sortie
- Un puits de sortie est aménagé entre l'ouvrage annexe « Sud-Orly» et le SMR Morangis.

Le tunnelier 1 est introduit à l'ouvrage annexe « Jean Prouvé » et creusera le tunnel vers le nord jusqu'au puits de sortie dans la gare « Maison Blanche ».

Le tunnelier 2 est introduit à l'ouvrage annexe « Jean Prouvé » et creusera le tunnel vers le sud jusqu'au puits de sortie dans la gare « Pont de Rungis ».

Le tunnelier 3 est introduit à la gare « Pont de Rungis » et creusera le tunnel vers le sud jusqu'au puits de sortie devant le SMR Morangis.

Lors de la phase de creusement, l'évacuation des déblais de creusement et l'approvisionnement du tunnelier (en voussoir notamment) nécessiteront des emprises chantiers importantes.



1.4.2.2. Creusement du tunnel

Le tunnelier mis en œuvre pour le forage de la ligne 14 Sud produit à l'avancement un tube de béton étanche et ancré dans les terrains. Une fois le tunnelier ressorti, le tunnel est terminé et les gares et ouvrages annexes peuvent y être raccordés.

L'alimentation du tunnelier en énergie, produits et matériaux (eau, béton, voussoirs) se fait par le puits d'attaque, de même que l'évacuation des déblais. La base chantier associée au puits d'attaque doit donc permettre de gérer les flux d'alimentation et de déblais du tunnelier.

En pratique, les opérations de réalisation du tunnel sont les suivantes :

- Creusement du puits d'attaque et des puits de sortie :
    - mise en place de la paroi moulée : cette opération nécessite l'injection de béton dans des excavations dont l'ensemble forme la paroi d'une boîte. Les excavations sont descendues à un niveau géologique peu perméable, variable selon la géologie locale. Si la paroi moulée a un rôle structurel, la méthode de construction est adaptée à ce rôle,
    - la boîte est vidée de ce qu'elle contient, la perméabilité de la paroi étant ajustée à la baisse si nécessaire. Elle est également vidée de son eau par pompage si une nappe souterraine y est présente,
    - si nécessaire la perméabilité du fond de la boîte est abaissée par la mise en place d'un bouchon injecté ou une technique équivalente en fonction des débits résiduels observés,
    - les matériels et ouvrages pour la construction du tunnel peuvent alors être mis en place, en particulier pour la construction du tunnelier.
- Construction du tunnelier au fond du puits d'attaque (45j de réalisation en moyenne). Le tunnelier est construit en place. La longueur moyenne est d'environ 100 m :
    - de la tête portant l'organe de coupe (la roue tournante), le poste de pilotage et les éléments permettant son fonctionnement,
    - à la partie postérieure de « l'usine » permettant la gestion des flux de matériaux arrivant et partant de la zone de coupe,
- Creusement du tunnel par le tunnelier :
    - l'amorce du tunnel nécessite un appareillage spécial permettant l'appui du tunnelier. Cet appui est fourni par le tunnel en place une fois la vitesse de croisière atteinte.
    - la vitesse d'avancement est de 10 à 12m par jour selon la géologie rencontrée.
    - sauf imprévu de parcours, le tunnelier creuse le tunnel d'une traite. Les ruptures dans l'avancement peuvent être dues à :
        - La rencontre d'irrégularités géologiques non identifiées au préalable, en particulier des cavités ;
        - Une variation significative des paramètres géotechniques du sol susceptibles d'engendrer des désordres et non gérable directement au niveau de la machine.
- démontage du tunnelier : il se fait au niveau du puits de sortie (Maison Blanche – Paris XIIIe et à l'ouest de l'OA Sud-Orly),
- adaptations des puits, s'ils sont utilisés pour des ouvrages annexes ou gare. A défaut, rebouchage de ces derniers. C'est notamment le cas pour le puits de sortie en proximité du SMR Morangis.
- remise en état de la surface du sol. En cas de rebouchage, la surface du sol est rendue à l'usage initial ou l'usage prévu dans le projet.

1.4.2.3. Puits d'attaque et de sortie associé à la mise en œuvre du tunnel

Ces puits particuliers sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 20 à 35 mètres selon l'altimétrie du tunnel. Leur section en travers est de taille variable. En effet, certains de ces puits ont vocation à devenir en phase d'exploitation, des gares ou des ouvrages annexes d'accès et de ventilation.

Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce et par convoi spécial jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage. Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation du tunnel sur une section prédéfinie.

Le puits d'attaque sert, durant la phase de forage du tunnelier :

- à l'approvisionnement du tunnelier,
- à l'évacuation des terres excavées.

À l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite déplacé par convoi spécial et peut être remonté dans un nouveau puits d'attaque si nécessaire.

1.4.3. Réalisation des gares par méthode dite de « Parois Moulées »

Pour chaque phase de terrassement depuis la surface, la zone d'excavation est délimitée par une enceinte étanche. La technique privilégiée est celle « des parois moulées » utilisée pour l'ensemble des gares de la Ligne 14 Sud.

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 et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

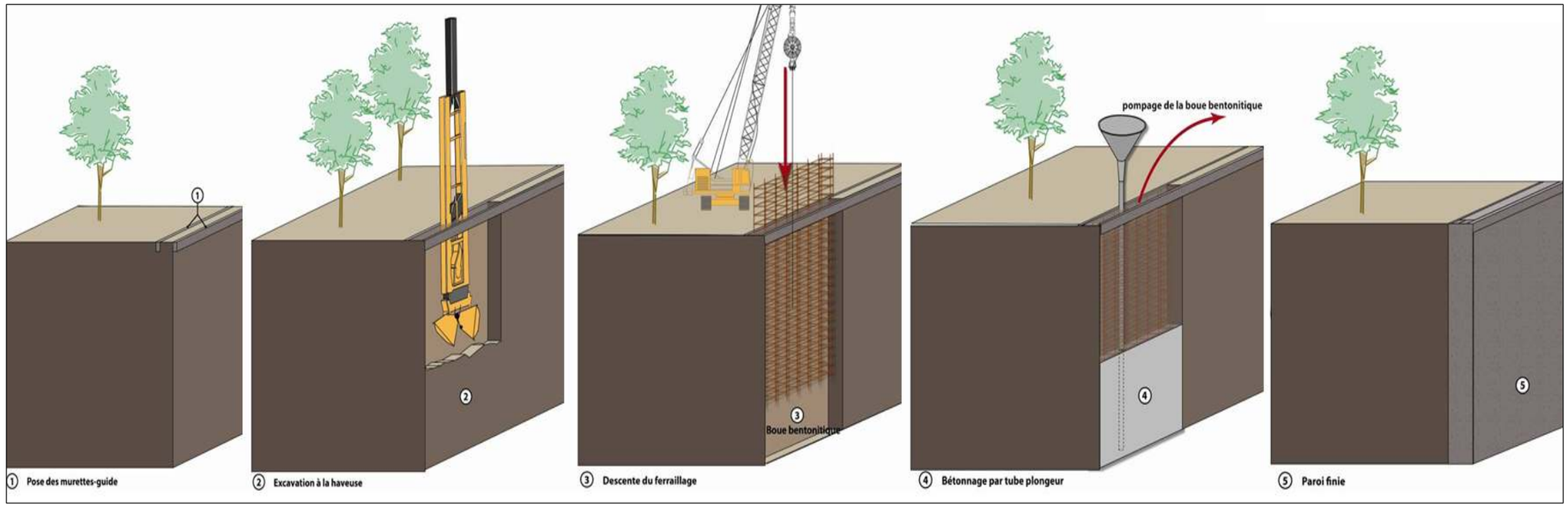
La première étape de réalisation d'une paroi moulée consiste à exécuter des murettes-guides. Ces deux murets en béton armé permettent de guider l'outil de forage et de caler les cages d'armature.

L'excavation du sol est réalisée par panneaux de longueur limitée, variable selon le type de sol et la sensibilité des avoisinants.

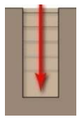
La stabilité des fouilles réalisées est assurée en substituant aux terres excavées une boue bentonitique dans la tranchée, au fur et à mesure du creusement de celle-ci. Ce fluide permet d'appliquer une pression hydrostatique aux parois, et ainsi d'en empêcher l'éboulement.

Une fois l'excavation d'un panneau achevée, la cage d'armatures est mise en place dans la tranchée remplie de boue. Le bétonnage est ensuite effectué à partir du fond à l'aide d'un tube plongeur. En remontant, le béton chasse la boue bentonitique, qui est évacuée par pompage au fur et à mesure.

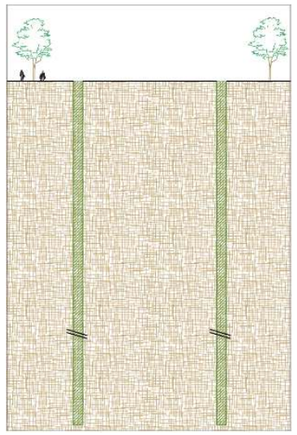
Méthode de réalisation de paroi moulée



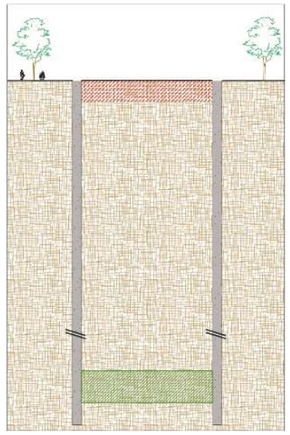
Gare en tranchée couverte, « radier premier »



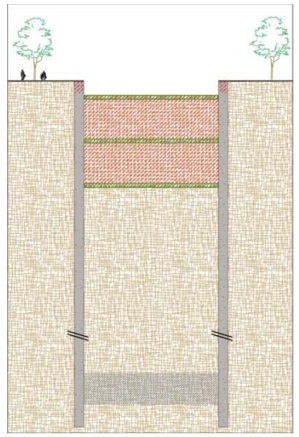
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



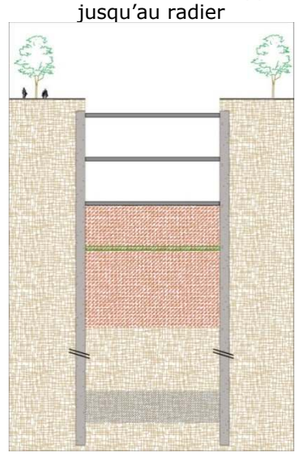
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des premiers terrassements



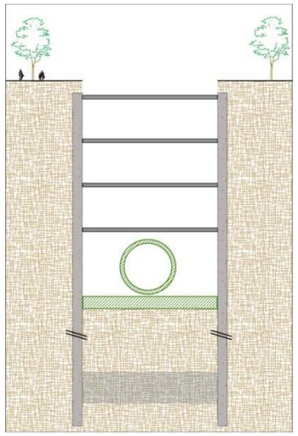
Phase 3 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert, butonnage à ciel ouvert et recépage des parois moulées



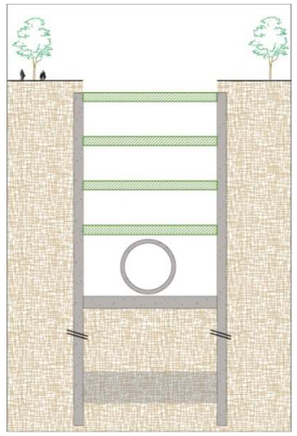
Phase 4 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert et mise en place de lits de butons supplémentaires, jusqu'au radier



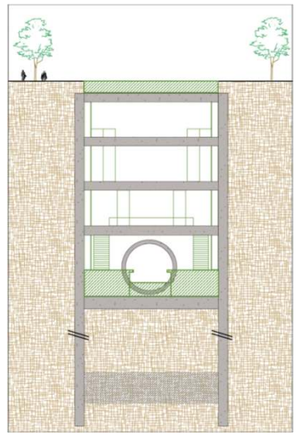
Phase 5 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



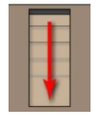
Phase 6 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement de butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



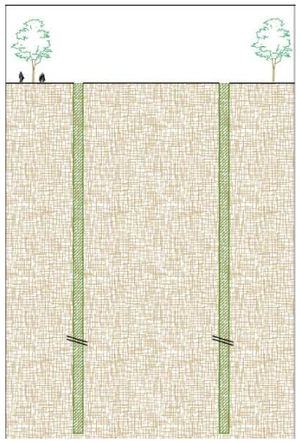
Phase 7 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare, remblai et réfection de voirie



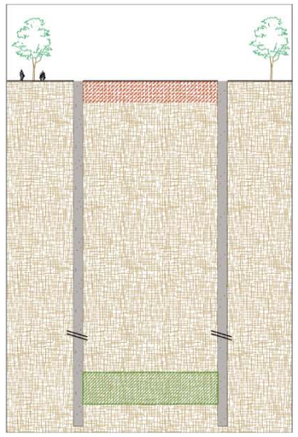
Gare en tranchée couverte, « couverture première »



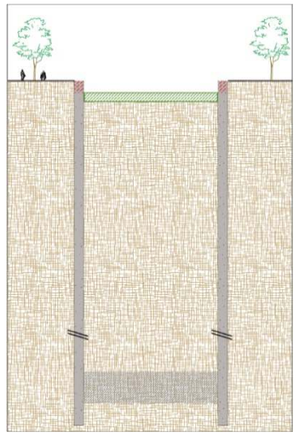
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



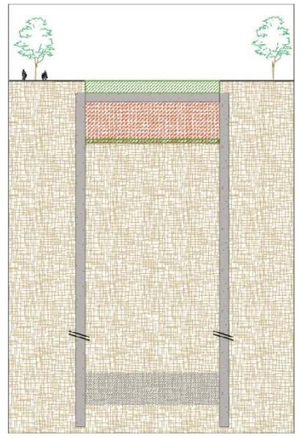
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



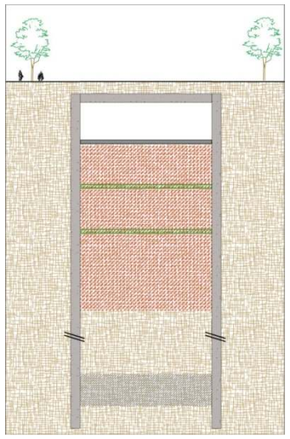
Phase 3 : Réalisation de la dalle de couverture et recépage des parois moulées



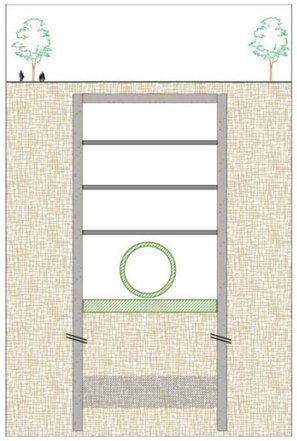
Phase 4 : Première phase de terrassement en sous-œuvre, mise en place des premiers butons provisoires et reconstitution de la voirie existante



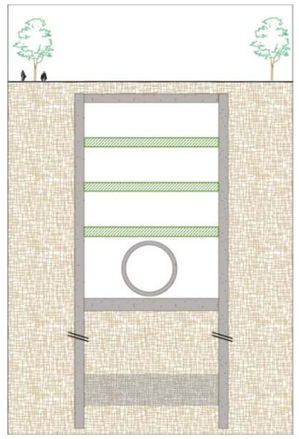
Phase 5 : Poursuite des terrassements en sous-œuvre jusqu'au radier et mise en place de lits de butons provisoires supplémentaires par palier, selon la profondeur de la gare



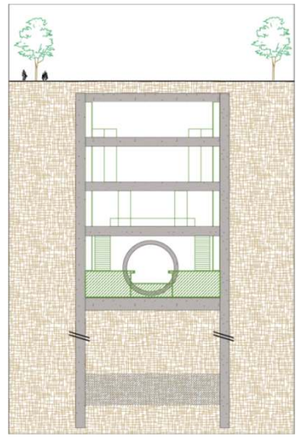
Phase 6 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



Phase 7 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



Phase 8 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare



2. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu

Conformément aux articles L122-3 et R122-5 du code de l'environnement, l'étude d'impact expose une esquisse des principales solutions de substitution qui ont été examinées par le Maître d'ouvrage et les raisons pour lesquelles le projet a été retenu sous sa forme présentée et étudiée.

L'approche retenue au sein de la présente partie permet :

- d'appréhender les différents scénarios étudiés lors des réflexions préalables à l'établissement de la présente étude d'impact. Les variantes concernant l'implantation du tracé (tunnel), des gares, mais également de certains des ouvrages annexes, dont l'insertion a parfois été rendue délicate en raison des contraintes environnementales locales qui se sont présentées,

- de rappeler les objectifs à atteindre en termes d'insertion environnementale de l'infrastructure et les contraintes rencontrées en termes de conception technique des ouvrages,

- de définir en quoi certains des scénarios étudiés ont permis de limiter les effets dommageables sur l'environnement et la santé humaine, sur la base d'une analyse multicritère.

Cette partie s'appuiera en grande partie sur les travaux de la Société du Grand Paris au stade des études préliminaires techniques.

2.1. Processus de choix du projet

2.1.1. Processus général

Les gares qui jalonnent l'itinéraire de la Ligne 14 Sud sont définies par le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, approuvé par décret en Conseil d'État le 24 août 2011.

De façon générale, la réflexion sur cette ligne a été orientée en priorité sur l'implantation des gares, points d'entrée du réseau Grand Paris Express, avant d'adapter le tracé en fonction.

L'évaluation environnementale du projet, la recherche des zones de pôles générateurs de trafic et la volonté de développer les liens intermodaux ont permis d'établir la structure globale de la Ligne 14 Sud, et plus largement, de l'ensemble des lignes composants le réseau de transport public du Grand Paris.

Ainsi, le tracé retenu et l'implantation des gares de la Ligne 14 Sud résultent d'une évolution itérative entre l'évaluation environnementale, la thématique des gares et la thématique du tracé. Cette méthodologie a permis d'affiner le choix du parti d'aménagement et d'optimiser la desserte des communes traversées tout en validant la pertinence et la faisabilité du tracé.

Une première phase d'études a permis de retenir l'implantation préférentielle des gares dans leur contexte urbain et de bâtir un premier scénario de tracé.

Dans sa décision du 6 mars 2013, le Premier Ministre a réaffirmé la réalisation intégrale du Grand Paris Express et présenté ses orientations pour sa mise en œuvre, avec notamment l'affichage d'un phasage avec des objectifs de mise en service ainsi que la structuration des lignes avec une nouvelle dénomination, tout en demandant que soient étudiées certaines optimisations permettant d'en réduire le coût. L'objectif des optimisations est de sécuriser le financement du projet et donc sa réalisation en réduisant son coût global de l'ordre de 3 milliards d'euros (conditions économiques 2012) pour respecter un coût d'objectif arrêté à 22,625 milliards d'euros.

Les optimisations ne se sont pas faites particulièrement ressentir au niveau de la Ligne 14 Sud étant donné que :

- cette dernière semblait contrainte à une réalisation en concordance avec le fonctionnement de l'actuelle Ligne 14 du métro parisien : matériel roulant sur pneumatiques,

- le tracé proposé initialement et issu des études préliminaires s'identifie comme une radiale particulièrement directe entre l'actuelle gare d'Olympiades et la future gare d'Aéroport d'Orly.

2.1.2. Contraintes de tracé

Le tracé emprunté par le tunnel est confronté à de nombreux obstacles avec lesquels il doit composer, dans l'objectif de proposer une solution de tracé répondant aux objectifs généraux du projet, économique, compatible avec les délais impartis, respectueuse de l'environnement et faisable techniquement.

Ainsi, la définition du tracé retenu pour la réalisation de la Ligne 14 Sud résulte d'une recherche approfondie de compromis entre les principes de base de conception du tracé cités au paragraphe précédent et les contraintes suivantes :

- Les contraintes géologiques, hydrogéologiques et géotechniques : la nature du terrain, et plus précisément la qualité des sols traversés, sont étudiées avec soin. En particulier, les zones aquifères[5] sont localisées. Les zones d'anciennes carrières d'exploitation sont également repérées et autant que possible évitées.

- La topographie du terrain naturel.

- Les passages sous bâti : un approfondissement du tracé peut s'avérer nécessaire pour éviter les désordres que le bâti pourrait subir en cas de tassement important en surface ou d'incidents lors du creusement du tunnel. De plus, certains bâtiments sont construits sur fondations profondes que le tracé doit éviter.

- Les réseaux de transport existants (routier ou ferroviaire) et ouvrages d'art : ces obstacles peuvent nécessiter de détourner le tracé et/ou de l'approfondir.

- Les réseaux d'assainissement existants : les principaux réseaux ayant un impact sur le tracé sont les gros collecteurs d'assainissement. En effet, ils sont gravitaires et peuvent donc difficilement être déviés. De plus, ils sont de taille importante en région parisienne (diamètre de plusieurs mètres) et profondément enterrés, en particulier le réseau interdépartemental géré par le SIAAP[6].

[5] *Aquifère : Couche de terrain ou roche suffisamment poreuse pour contenir une nappe d'eau souterraine.*
[6] *SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne.*

2.1.3. Critères retenus pour la comparaison des scénarios

Les paragraphes qui suivent présentent l'ensemble des critères retenus pour la comparaison des scénarios.

Sont ensuite présentés, gare par gare, du Nord vers le Sud, les différents scénarios ayant fait l'objet d'études détaillées dans le cadre des études préliminaires, les principaux arguments ressortant de l'analyse multicritères menée pour aboutir au choix du scénario retenu.

Pour chaque scénario, une analyse multicritère a permis de déterminer le projet préférentiel, en concertation avec les acteurs locaux et le Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF). Cette analyse évalue les impacts des différentes implantations vis-à-vis des critères suivants :

2.1.3.1. Critères de fonctionnalités

Tracé et exploitation du réseau

Ce critère apprécie les incidences de l'implantation de la « boîte » de la gare du Grand Paris (infrastructure gare) sur la performance du tracé de la ligne, tant au niveau du temps de parcours que par rapport aux ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier, etc.) nécessaires. Il est évalué au regard des sous-critères suivants :

- Compatibilité avec le tracé,
- Compatibilité avec le programme.

Efficacité de la gare

Il s'agit là d'analyser les possibilités d'organisation du fonctionnement de la gare : tant au regard de son contexte urbain (position par rapport au quartier qu'elle dessert et au réseau viaire) que de son fonctionnement propre (organisation simple, claire et fonctionnelle). Les sous-critères suivants sont analysés:

- Facilité d'accès par la voirie,
- Simplicité fonctionnelle et clarté de l'organisation de la gare Grand Paris.

Connectivité de la gare

Ce critère apprécie l'efficacité de la correspondance entre la future gare et les modes ferrés existants, ainsi que le potentiel d'organisation ou de réorganisation des modes de transport non ferrés pour créer ou améliorer l'intermodalité. Ce critère est évalué au regard des sous-critères suivants :

- Facilité à organiser la correspondance avec les modes ferrés existants,
- Pertinence pour organiser la correspondance avec les modes bus et tramway,
- Pertinence pour organiser la correspondance avec les modes motorisés individuels.

Insertion urbaine

Ce critère évalue la « création de valeur » engendrée par la gare étudiée. Il s'agit d'évaluer la qualité de l'insertion de la gare dans le tissu urbain environnant, c'est-à-dire l'opportunité que représente son arrivée pour :

- Créer de nouveaux services et commerces dans l'enceinte de la gare,
- Permettre une valorisation urbaine du périmètre d'insertion de la gare et, le cas échéant, soutenir plus largement les projets de renouvellement ou développement urbain,
- Desservir de façon attractive les polarités actuelles et futures du secteur (lieux publics, équipements et générateurs de flux particuliers).

Les sous-critères retenus sont les suivants :

- Pertinence en termes de création de services et de commerces à l'intérieur de la gare,
- Pertinence en termes de projets de valorisation urbaine,
- Pertinence en termes d'apport pour l'environnement local et la desserte du quartier.

2.1.3.2. Critères techniques et environnementaux

En premier lieu, cet ensemble de critères apprécie la facilité de construction du scénario d'implantation de la gare au regard des difficultés techniques identifiées. Les points durs d'insertion (proximité de réseaux souterrains, qualité des terrains, etc.), ainsi que les difficultés liées à la méthode constructive prévue sont analysés.

Ensuite, cet ensemble de critères apprécie l'impact du scénario d'implantation de la gare du Grand Paris et du tracé local associé sur l'environnement, au regard des enjeux et risques suivants :

- Respect des enjeux de préservation de la nature ou de la biodiversité,
- Respect du paysage urbain,
- Préservation des ressources en eau,
- Risques technologiques,
- Risques naturels (mouvements de terrain, inondations…),
- Pollutions des sols.

Enfin, cet ensemble de critères apprécie la facilité de gestion du chantier de la gare du Grand Paris et du tracé local associé, vis-à-vis des riverains et activités voisines. Les contraintes considérées sont les suivantes :

- Emprises du chantier sur des espaces, publics ou privés, très fréquentés ou sensibles,
- Nécessité de modifier le plan de circulation automobile (avec gestion de phases provisoires),
- Nécessité de déplacer une gare routière, une correspondance mode lourd / mode de surface, ou de détourner une ligne de bus (avec gestion de phases provisoires),

- Risques de nuisances sonores,
- Risques de vibrations,
- Gestion des déblais,
- Impacts sur les réseaux de transport existants,
- Toute autre contrainte technique de nature à complexifier la gestion du chantier et impacter les riverains et activités voisines.

2.1.3.3. Coûts

Ce critère évalue la maîtrise des coûts sur l'infrastructure (c'est-à-dire la gare et le tracé entre la gare précédente et la gare suivante) par rapport au scénario le plus économique.

2.1.3.4. Délais

Ce critère évalue la maîtrise des délais de réalisation selon les deux sous-critères suivants :

- Tenue des délais par rapport aux contraintes techniques,
- Tenue des délais par rapport aux risques administratifs du projet. Ceux-ci peuvent notamment concerner le relogement des occupants expropriés, la dépollution des sols, les acquisitions foncières, etc.

Le présent dossier n'aborde pas la totalité des scénarios envisagés lors des études préalables. En effet, certaines solutions ont été rapidement écartées car elles présentaient des contraintes rédhibitoires. Seuls les scénarios ayant nécessité une étude approfondie sont analysés ci-après.

Sur les sept gares concernées :

- La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est calée dans le cadre de la Ligne 15 Sud,
- Les gares de Kremlin Bicêtre Hôpital, Chevilly Trois Communes, MIN Porte de Thiais, Pont de Rungis et Aéroport d'Orly font l'objet de variantes d'implantation de gare,
- La gare de Paris XIII fait l'objet de deux variantes de tracé et d'implantation de gare.

Exemple d'analyse multicritère des scénarios d'implantation de gare

Critère	Scénario 1	Scénario 2
1. Critères de fonctionnalités		
1.1 Tracé et exploitation du réseau		
1.2 Efficacité de la gare		
1.3 Connectivité de la gare		
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)		
2. Critères techniques et environnementaux		
3. Critères de coûts		
4. Critères de délais		

Très favorable	Favorable	Défavorable	Très défavorable

2.2. Analyse comparative des variantes

2.2.1. Section Olympiades – Kremlin-Bicêtre Hôpital

Le tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly de la Ligne 14 s'inscrit en prolongement de la Ligne 14 existante. Au-delà de la gare Olympiades existante se trouve le site de maintenance de la Ligne 14 à savoir « Tolbiac Nationale 2 » (TN2).

Le site de maintenance TN2 est relié au terminus Olympiades de la Ligne 14 existante par un tunnel de raccordement, et il est prolongé vers le Sud par un tunnel.

Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, la gare Maison Blanche - Paris XIIIe permettrait de desservir un secteur dense de Paris et, le cas échéant, d'assurer une correspondance avec la Ligne 7 du métro.

Les deux scénarios de tracés et de gare envisagés sont les suivants :

- <u>Scénario 1 – Maison Blanche – Paris XIIIe</u> (en bleu sur le schéma ci-après)
    - Reprise du tunnel de raccordement au site de maintenance TN2 (en arrière-gare de la station Olympiades), puis création d'un linéaire neuf de tunnel orienté vers le Sud débouchant sur la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe.
    - Implantation de la station au droit de la station de métro 7 « Maison-Blanche ». La profondeur de la gare est de **<u>21m</u>** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.
    - Les fonctionnalités du site de maintenance TN2 sont adaptées en phase chantier, puis supprimées en phase d'exploitation.

- <u>Scénario 2 – Place de Rungis – Paris XIIIe</u> (en pointillé bleu sur le schéma ci-après)
    - Reprise d'une partie du tunnel de raccordement au site de maintenance TN2 (en arrière-gare de la station Olympiades), puis prolongement sous la rue de Tolbiac et bifurcation vers le Sud.
    - Implantation de la station au droit de la place de Rungis. La profondeur de la gare est de **<u>41m</u>** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.
    - Les fonctionnalités du site de maintenance TN2 sont ainsi conservées.

Les deux tracés se rejoignent sur le territoire de la commune du Kremlin-Bicêtre, sous l'avenue Gabriel Péri, aux abords du Centre Hospitalier Universitaire de Bicêtre.

Scénarios de tracés pour la section Olympiades – Kremlin-Bicêtre Hôpital

Critères	Scénario 1	Scénario 2
1. Critères de fonctionnalités		
1.1 Tracé et exploitation du réseau	Très favorable	Défavorable
1.2 Efficacité de la gare	Favorable	Défavorable
1.3 Connectivité de la gare	Très favorable	Défavorable
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)	Très favorable	Très favorable
2. Critères techniques et environnementaux	Défavorable	Très défavorable
3. Critères de coûts	Favorable	Très défavorable
4. Critères de délais	Défavorable	Très défavorable

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de tracé et de gare du tronçon Olympiades – Kremlin-Bicêtre Hôpital

Le scénario 1 Maison Blanche – Paris XIIIe permet une connectivité optimale avec la Ligne 7 et des gains de temps de 5 à 15 min pour les val-de-marnais ; il dessert un potentiel de 50 000 habitants et emplois[7] (mais déjà équipés en transports en commun « lourds »). Il permet en outre une réutilisation des infrastructures souterraines existantes au sud de la gare Olympiades et suit le tracé le plus direct vers la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital. S'inscrivant en grande partie sous voirie, cette implantation présente de ce fait moins de risques vis-à-vis des constructions existantes et nécessitera de mobiliser des techniques constructives adaptées au tissu urbain dense et à la présence de la petite ceinture. Ce scénario permet de maintenir le fonctionnement des lignes existantes (Ligne 14 à Olympiades et Ligne 7 à Maison Blanche) pendant la durée des travaux.

Les travaux de réalisation de la gare de Maison Blanche sont complexes du fait des emprises réduites et nécessitent une reprise complète de la salle des billets existante pour assurer le fonctionnement de la Ligne 7, ainsi que la création d'une salle des billets provisoire. De plus, la sortie simple existante au nord de la station sera transformée en entrée et sortie, l'accueil des voyageurs et la vente des titres de transport seront reportées en surface et une issue de secours sera créée à l'extrémité sud des quais.

D'un point de vue environnemental, le scénario 1 :

- Propose un tracé inscrit en dehors du fond de la vallée de la Bièvre, dans une zone où les carrières ont été identifiées par les services de l'IGC[8],
- S'inscrit en proximité d'un forage d'eau industriel et du réseau d'assainissement Bièvre-Watt,
- Implique des modifications de fonctionnement de l'Avenue d'Italie durant les phases de travaux.

Le scénario 2 Place de Rungis – Paris XIIIe permet de desservir un total de 40 000 habitants et emplois dont un quart ne sont aujourd'hui desservis par aucun mode lourd de transports en commun ; il permet en outre de réutiliser le site de maintenance TN2 pour remisage en milieu de ligne.

En outre, il augmente la longueur du tracé reliant Olympiades à la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital de 600 m, ce qui allonge le temps de parcours de la ligne (de 25 secondes), nécessite la réalisation d'un kilomètre de tunnel supplémentaire (ainsi que d'un ouvrage annexe supplémentaire), nécessite l'approfondissement de la gare Kremlin-Bicêtre de 10m et entraîne un surcout significatif par rapport à l'implantation Maison Blanche (implantation dont le coût de réalisation est déjà élevé du fait de sa complexité). De plus, la création de l'ouvrage de raccordement à la Ligne 14 existante s'avère particulièrement complexe. Elle entraine des impacts très forts sur le fonctionnement de la rue de Tolbiac pendant 3 ans et nécessite la prise de mesures particulièrement complexes et contraignantes pour garantir le fonctionnement de la Ligne 14 pendant la durée des travaux. L'allongement de parcours de la Ligne 14 de 600m environ par rapport au scénario desservant Maison Blanche entraine également des surcoûts d'exploitation (+2%)

D'un point de vue environnemental, le scénario 2 :

- Propose un tracé inscrit en fond de la vallée de la Bièvre, avec de possible interactions importantes du tunnel vis-à-vis des eaux souterraines
- S'inscrit dans une zone où les carrières ont été identifiées par les services de l'IGC,
- Intercepte de nombreux réseau et implique un passage sous l'A6b, d'où une profondeur accrue du tunnel,
- Entraine des excavations de déblais plus importantes en raison de la profondeur de tunnel,
- Entraine une fermeture temporaire de la rue de Tolbiac,
- Implique un passage au droit de l'unique site BASOL répertorié au sein du fuseau,
- S'inscrit en proximité de l'hôpital des Peupliers, établissement de soins.

Scénario retenu :

Le scénario retenu est le tracé passant par la gare de Maison Blanche, soit le scénario 1 Maison Blanche – Paris XIIIe. Il est en effet plus favorable que le scénario 2 sur la quasi-totalité des critères de comparaison, en particulier sur :

- La connectivité au réseau de transport ferré existant,
- La longueur du tracé,
- L'exploitation du réseau,
- Les coûts de mise en œuvre,
- Les impacts environnementaux : tunnel en dehors du fond de vallon de la Bièvre et moins profond que dans l'autre scénario donc impliquant moins de déblais.

[7] *Potentiel populations et emploi : Nombre de riverains et d'emploi potentiellement desservis par la gare*
[8] *IGC : Inspection Générale des Carrières*

2.2.2. Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital vise à améliorer la desserte du CHU de Bicêtre et de la faculté de médecine et à accompagner les projets d'aménagement urbains. Elle constitue une gare intercommunale du Kremlin-Bicêtre, de Gentilly et d'Arcueil.

Ainsi, sa localisation est envisagée à l'Ouest de l'hôpital, à proximité de l'entrée principale de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre ; répondant à la station existante « Kremlin-Bicêtre » de la Ligne 7, diamétralement opposée sur un axe Est-Ouest, les deux extrémités de l'hôpital sont par conséquent desservies.

La gare est limitrophe de l'A6b (Autoroute du Soleil) qui a été récemment couverte pour offrir une meilleure connexion entre les villes de Gentilly et du Kremlin-Bicêtre situées de part et d'autre de l'autoroute. De plus, le réaménagement de la rue Gabriel Péri s'accompagne d'une requalification du bâti dans le secteur de Gentilly plus particulièrement.

Quatre scénarios d'implantation de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital ont été étudiés :

Scénario 1 – Stalingrad (en rouge sur le schéma ci-après) : l'implantation de la gare se fait le long de la rue Gabriel Péri, au niveau du carrefour Stalingrad. La profondeur de la gare est de **26m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel ;

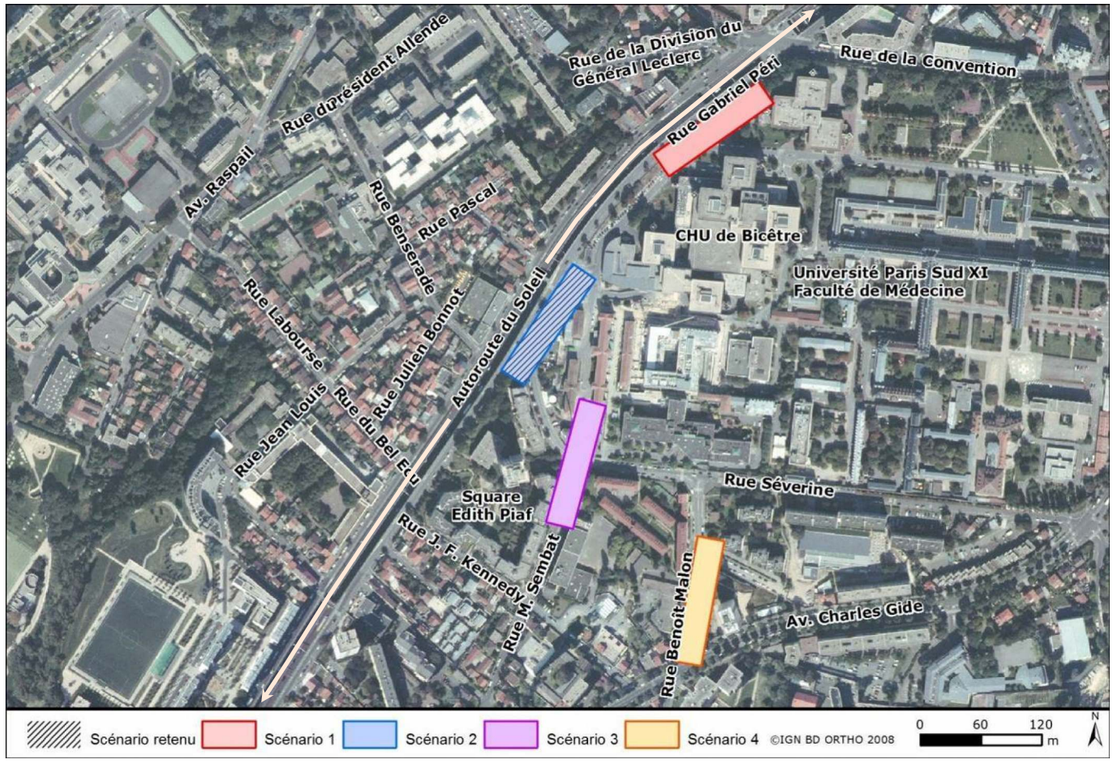
Scénario 2 – Gabriel Péri (en bleu sur le schéma ci-après) : l'implantation de la gare se fait le long de la rue Gabriel Péri, à proximité de l'entrée principale du CHU. La profondeur de la gare est de **26m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel ;

Scénario 3 – Marcel Sembat (en violet sur le schéma ci-après) : l'implantation de la gare se fait le long de la rue Marcel Sembat, au Sud du CHU. Elle est localisée à **35m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel ;

Scénario 4 – Benoît Malon (en jaune sur le schéma ci-après) : l'implantation de la gare se fait le long de la rue Benoît Malon, au Sud du CHU. La profondeur de la gare est de **32m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Pour les trois premiers scénarios, des traitements de sols liés à la présence de carrières sont préalablement nécessaires.

Ces quatre scénarios sont accessibles depuis la gare Maison-Blanche- Paris XIIIe (voir ci-avant la comparaison des deux scénarios de tracé sur la section Olympiades – Kremlin-Bicêtre Hôpital), tandis que seuls les scénarios 2 et 3 sont accessibles depuis la gare Place de Rungis, et à une profondeur plus importante d'environ 10 mètres.



Scénarios de gares à Kremlin-Bicêtre Hôpital

Critères	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
1. Critères de fonctionnalités				
1.1 Tracé et exploitation du réseau				
1.2 Efficacité de la gare				
1.3 Connectivité de la gare				
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)				
2. Critères techniques et environnementaux				
3. Critères de coûts				
4. Critères de délais				

Très favorable	Favorable	Défavorable	Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

Dans le scénario 1 – Stalingrad, la position de la gare permet une bonne desserte des villes de Gentilly et du Kremlin-Bicêtre, mais est trop éloignée de l'entrée principale du CHU et présente un dénivelé défavorable notamment aux personnes à mobilité réduite. Son emplacement pourrait de plus contraindre l'extension future de la faculté de médecine prévue en 2015. Enfin, la proximité des ouvrages réalisés dans le cadre de la couverture de l'A6b rend très complexe sa réalisation technique. Les quais de la gare sont implantés à **26m** en-dessous du terrain naturel.

Dans le scénario 2 – Gabriel Péri, la gare offre une excellente desserte du CHU, des villes de Gentilly, du Kremlin-Bicêtre et du nord d'Arcueil. Ce scénario s'inscrit largement dans le projet urbain visant à « recoudre » les territoires grâce à la couverture de l'A6b dont la proximité immédiate contraint la conception de la gare. L'intégralité du foncier du site d'implantation de la future gare appartient au CHU, dont trois bâtiments seraient impactés ; le projet suppose leur démolition (démolition du bâtiment 30, déplacement de l'évaporateur et déménagement de l'INSERM). Le Poste Central de Sécurité Incendie de l'hôpital serait également impacté puisqu'il devrait être déplacé et restitué dans l'enceinte du CHU avant le début des travaux de la gare. L'organisation des travaux présente un enjeu particulier puisqu'elle doit permettre de maintenir un accès piétons et véhicules à l'hôpital depuis la rue Gabriel Péri, ainsi que la circulation des véhicules le long de cet axe. Les quais de la gare sont implantés à **26m** en-dessous du terrain naturel.

Le scénario 3 – Marcel Sembat assure une bonne desserte de l'entrée de l'hôpital et de la ville du Kremlin-Bicêtre, mais la gare est implantée à l'écart des axes structurants intercommunaux. Les emprises travaux sont extrêmement contraintes ce qui rend la construction très compliquée. Enfin, l'acquisition du foncier est peu aisée. Les quais de la gare sont implantés à **35m** en-dessous du terrain naturel.

La localisation de la gare pour le scénario 4 – Benoît Malon est favorable à la desserte de la partie sud de la ville du Kremlin-Bicêtre ; elle est en revanche peu utile pour l'accès à la ville de Gentilly et au CHU (desserte d'une entrée secondaire uniquement). Ce scénario ne tire par ailleurs pas profit de la couverture de l'A6b et de la recomposition urbaine entre les deux villes. Cette localisation permet de s'affranchir de la zone de carrières souterraines entre la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital et la gare Villejuif Institut Gustave Roussy. Les quais de la gare sont implantés à **32m** en-dessous du terrain naturel.

Scénario retenu :

Le scénario 2, Gabriel Péri**,** est retenu car il offre une desserte optimale de l'entrée principale du CHU, assure la desserte du plus grand nombre d'habitants des trois communes (Le Kremlin-Bicêtre, Gentilly, Arcueil) directement à pieds où grâce à une bonne intermodalité vélos et bus.
Son emplacement offre une bonne visibilité à la gare et l'espace disponible permet la création d'un bâtiment voyageur et d'aménagements intermodaux, notamment pour organiser l'offre de transports en commun. De plus, la profondeur raisonnable des quais permet un accès efficace depuis la surface.
Enfin, l'emplacement de la gare aux pieds de la couverture de l'A6b permettra de renforcer la « couture » urbaine entre Gentilly et le Kremlin-Bicêtre.

D'un point de vue environnemental, les différents scénarios d'implantation de la gare Kremlin Bicêtre sont presque similaires en termes d'impacts et de nuisances générés. Toutefois, le scénario 2 permet :

- De positionner le tunnel le plus proche du TN avec une côte rail à -26m,
- D'éviter un passage sous les bâtis du CHU Bicêtre (notamment le bâtiment Pierre Testas), générant potentiellement des impacts plus importants en termes de vibrations et de bruit solidien,
- D'éviter le passage sous l'immeuble d'habitation 67-69-71 rue Séverine,
- S'inscrire la gare au plus proche de l'A6b est ainsi de concentrer les nuisances sonores et vibrationnelles dans un seul secteur.

2.2.3. Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (pour mémoire gare traitée dans le dossier de demande de déclaration d'utilité publique DUP de la ligne 15 Sud)

La gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) est implantée sur le territoire de la commune de Villejuif. Il s'agit d'une gare double en correspondance entre deux lignes du Réseau de Transport du Grand Paris, les lignes Bleue et Rouge.

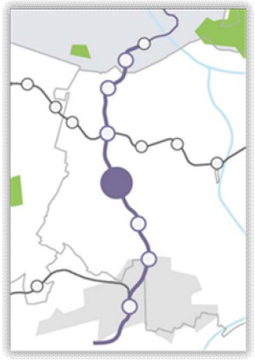
La réalisation de cette gare se fera dans le cadre des travaux relatifs au tronçon Pont-de-Sèvres / Noisy Champs du réseau Grand Paris Express aussi bien pour les quais de la ligne rouge que pour ceux de la ligne bleue, ainsi que le grand fût permettant l'accès aux deux lignes depuis la surface. Le choix de l'emplacement de la gare a donc été effectué lors des études relatives à la définition du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs du réseau Grand Paris Express.

Dans le dossier de DUP de la Ligne 15 Sud, trois scénarios d'implantation ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère.

Scénario retenu :

Le scénario retenu dans le dossier de DUP de la ligne 15 Sud permet la meilleure desserte de l'Institut Gustave Roussy et de la ZAC Campus Grand Parc, et garanti une excellente correspondance entre les lignes rouge et bleue.

2.2.4. Gare Chevilly « Trois Communes »



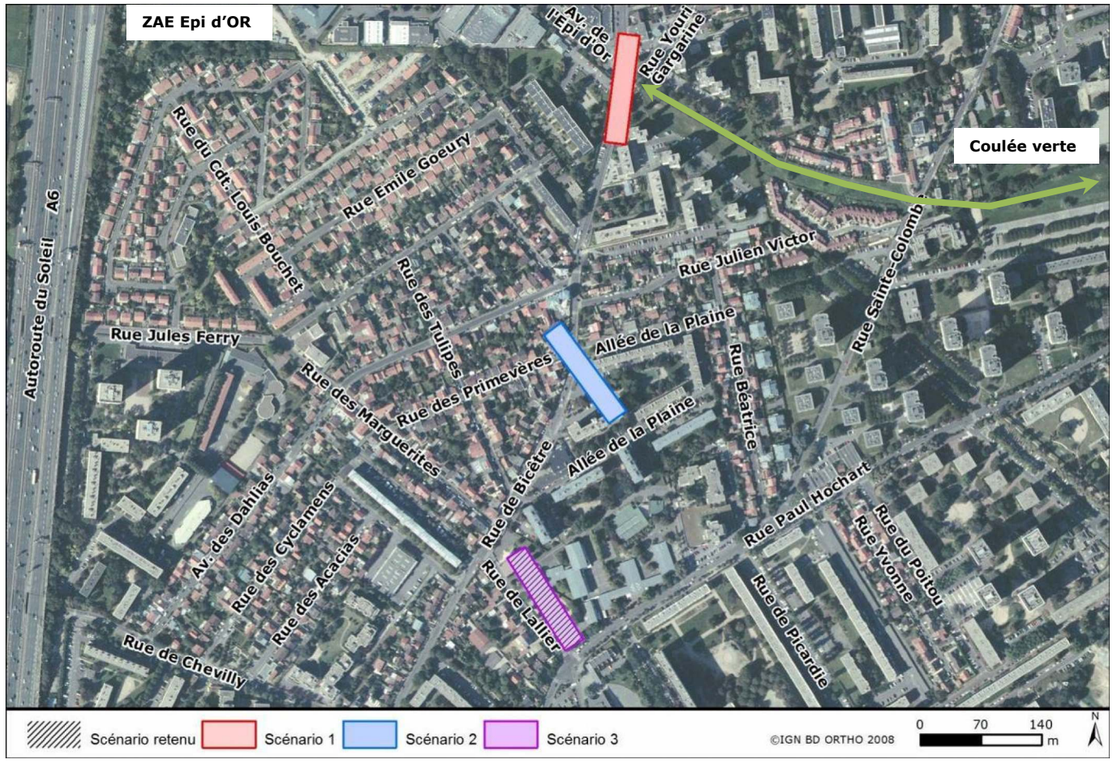
Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, cette gare, située au sud du site de projet « Campus Grand Parc », permettrait de desservir l'un des secteurs d'habitat les plus denses entre Paris et Orly, aujourd'hui dépourvu de modes lourds de transport en commun, et de le relier aux bassins d'emplois traversés par le réseau de transport du Grand Paris.

Trois scénarios d'implantation ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère :

- Scénario 1 – Epi d'Or (en rouge sur le schéma ci-contre) : la gare est implantée sous la rue de Chevilly au droit du débouché de la coulée verte et de la rue de l'Epi d'Or. La profondeur de la gare est de **24m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel ;

- Scénario 2 – Bicêtre (en bleu sur le schéma ci- contre) : la gare est implantée au droit du carrefour rue de Bicêtre / rue des Primevères et l'émergence se situe dans les emprises du bâtiment 110 rue Bicêtre, démoli dans le cadre du projet I3F, et de pavillons. La profondeur de la gare est de **21m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel ;

- Scénario 3 – Lallier (en violet sur le schéma ci- contre) : la gare est implantée le long de la rue Lallier, au droit d'une chapelle et d'une parcelle communale, occupée par un espace vert et une maison de quartier. La profondeur de la gare est de **21m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel



Scénarios de gare à Chevilly « Trois Communes »

Critère	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1. Critères de fonctionnalités			
1.1 Tracé et exploitation du réseau			
1.2 Efficacité de la gare			
1.3 Connectivité de la gare			
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)			
2. Critères techniques et environnementaux			
3. Critères de coûts			
4. Critères de délais			

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de la gare de Chevilly « Trois Communes »

Le scénario 1 – Epi d'Or, implantation la plus proche de la ZAC Campus Grand Parc, présente un fort enjeu en termes d'insertion urbaine, car il permet de renforcer l'attractivité de la ZAE de l'Epi d'Or et d'accompagner son développement. Cependant, la zone de desserte de ce scénario se recoupe avec celles des gares Villejuif IGR (Ligne 15 sud) et Villejuif Louis Aragon (Lignes 7, 15 Sud et T7) du fait de leur proximité. De plus, cette implantation est contrainte dans la mesure où le volume souterrain de la gare est situé en grande partie sous voirie, et notamment sous un carrefour ; le maintien du fonctionnement du carrefour oblige à un phasage complexe des travaux ce qui implique un surcoût par rapport aux deux autres scénarios. La profondeur des quais de la gare de 24 m est moins favorable que celles des autres scénarios.

La longueur du tracé lié à ce scénario est supérieure de 100 mètres à celle des deux autres scénarios, ce qui implique notamment un temps de parcours légèrement supérieur.

Enfin, la friche accueillant l'émergence de la gare doit être dépolluée (présence antérieure d'une station-service), et les emprises du projet sont concernées par le passage de la conduite d'eau d'Orly et d'un réseau géothermique.

Dans le scénario 2 - Bicêtre, la gare se retrouve au cœur du projet de renouvellement urbain du quartier Lallier. Cette implantation a donc été étudiée en synergie avec le projet de démolition / reconstruction du bâtiment d'habitation à proximité de la rue de Bicêtre. La gare est relativement peu profonde (niveau des quais à -21 m) et permet donc de bonnes conditions d'accès.

L'accessibilité en transports en commun de la station est moyenne car la desserte se fait uniquement par la rue de Bicêtre ; la réussite de ce scénario est donc soumise à la création d'un axe nord-sud complémentaire en transports en commun et à l'expropriation de pavillons.

Dans le scénario 3 - Lallier, la gare se situe à une intersection importante à l'échelle du quartier rue de Bicêtre, rue de Lallier et rue Paul Hochart ; ce scénario permet ainsi la création d'une centralité dans le quartier car la gare est placé idéalement à l'intersection de deux axes routiers existants intercommunaux : un axe Ouest-Est qui dessert pleinement le centre-ville de L'Haÿ-les-Roses et rejoint Chevilly-Larue et un axe Nord-Sud qui rejoint les villes de Chevilly-Larue et de Villejuif. La gare est relativement peu profonde (niveau des quais à -21 m) et permet donc de bonnes conditions d'accès. Son implantation au cœur d'une parcelle de grande dimension permet la création d'un large parvis de gare et donc de mise en place d'une excellente intermodalité avec les bus et les modes doux. C'est cette excellente intermodalité qui permettra cette gare de desservir le maximum d'habitants des trois communes (L'Haÿ-les-Roses, Chevilly-Larue et Villejuif).

Scénario retenu :

Le scénario retenu est le scénario 3 dit Lallier ; il permet de desservir le plus grand nombre d'habitants des trois communes (L'Haÿ-les-Roses, Chevilly-Larue et Villejuif) car il permet la création d'un large parvis idéalement placé à l'intersection de deux axes routiers existants empruntés par des lignes de bus. Il dispose d'un plus grand potentiel en termes de valorisation urbaine et de pertinence d'insertion offrant la possibilité de créer une nouvelle polarité urbaine. De plus, cette solution présente des conditions de réalisation moins contraignantes en termes de délais que le scénario 2 (solution Bicêtre) conditionnée par la démolition et l'expropriation des pavillons adjacents.

Enfin, d'un point de vue environnemental, la réalisation du scénario 3 :

- Entraîne des déblais plus réduits que dans le cas du scénario 1 en raison de l'inscription à -21m des rails,

- Limite les impacts sur les bâtis existants puisque seuls 2 bâtis devront être démolis (chapelle et maison de quartier). En effet, la gare s'inscrit sur une bande d'espaces verts publics en bordure d'un bâti élevé (R+9) et d'un groupe scolaire.

  A noter que la gare du scénario 2 n'aurait été entreprise qu'après déconstruction du bâti d'habitation le long de la rue de Bicêtre, prévue dans le cadre du projet de renouvellement urbain du quartier Lallier.

Aussi d'un point de vue environnemental, les scénarios 2 et 3 sont proches l'un de l'autre. Le critère environnemental n'est pas discriminant.

2.2.5. Gare M.I.N. Porte de Thiais

Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, la gare MIN Porte de Thiais doit desservir le Marché d'Intérêt National (M.I.N.) de Rungis et être en correspondance avec le Trans-Val-de-Marne (Tvm) et le futur tramway T7.

Ce secteur est caractérisé par la présence de deux pôles d'attractivité :

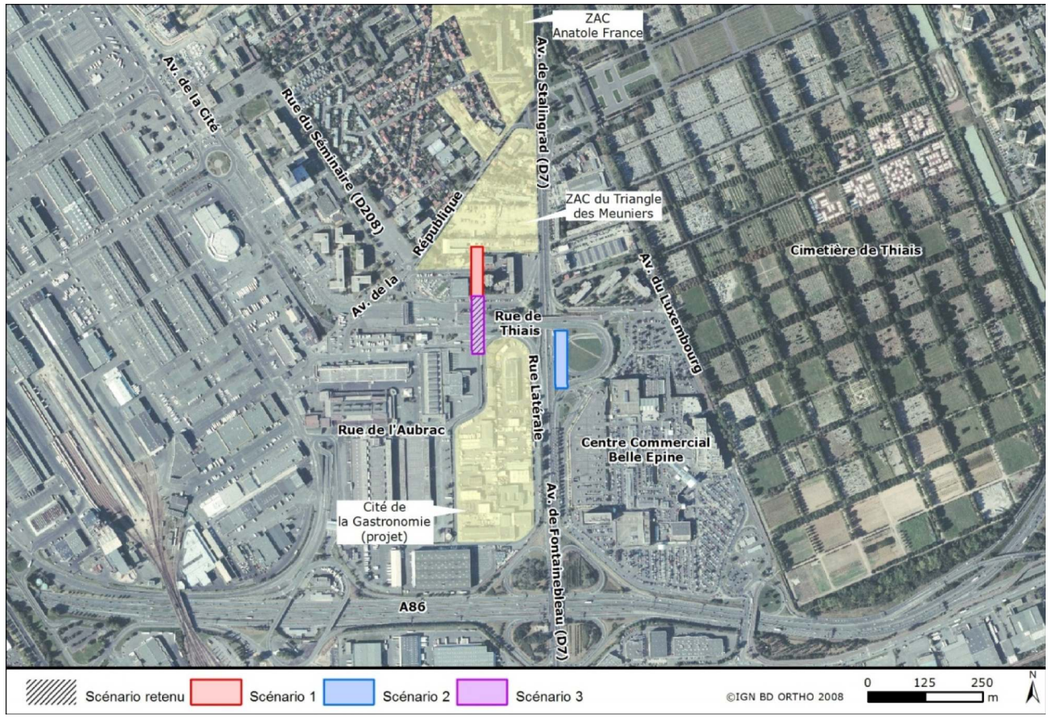
- Le M.I.N. de Rungis,
- Le Centre Commercial Régional Belle Epine et de nombreux projets d'aménagements : la Cité de la Gastronomie, la ZAC du triangle des Meuniers et Anatole France.

Trois scénarios d'implantation ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère :

- Scénario 1 – M.I.N. Porte de Thiais (en rouge sur le schéma ci-dessus) : la gare est implantée au Sud de la ZAC du Triangle des Meuniers. Ce scénario est principalement tourné vers les quartiers Nord résidentiels existants et en projet de la commune de Chevilly-Larue (ZAC Triangle des Meuniers, ZAC Anatole France), ainsi que vers la zone d'emploi du M.I.N.

- Scénario 2 – Cor de Chasse (en bleu sur le schéma) : la gare est implantée au Sud-Est de l'échangeur routier. Ce scénario est principalement tourné vers le centre commercial Régional Belle Epine.

- Scénario 3 – Porte de Thiais – Cité de la Gastronomie (en violet sur le schéma) : la position de la gare estdécalée vers le Sud par rapport au scénario 1 et se situe ainsi entièrement sous les voiries d'accès au M.I.N., et sous la plateforme du T7. Ce scénario permet la desserte des quartiers Nord résidentiels existants et en projet de Chevilly-Larue, la zone d'emploi du M.I.N., la future cité de la gastronomie, et indirectement le C.C.R. Belle Epine.



Scénarios de gare à Porte de Thiais

Critère	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1. Critères de fonctionnalités			
1.1 Tracé et exploitation du réseau			
1.2 Efficacité de la gare			
1.3 Connectivité de la gare			
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)			
2. Critères techniques et environnementaux			
3. Critères de coûts			
4. Critères de délais			

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de la gare Porte de Thiais

Dans le scénario 1**– M.I.N. Porte de Thiais -** Cette position de gare permet de créer un pôle compact avec le T7 et le TVM, et garantit une excellente correspondance entre la gare et le T7, ce qui est très important pour la desserte des territoires et en particulier la zone du SILIC (plus grand parc tertiaire d'Europe). La profondeur de la gare est de 20m (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Dans le scénario 2**– Cor de Chasse -** Ce scénario est plus proche du Centre Commercial Régional Belle-Epine, mais son aire d'influence est réduite, la correspondance avec le T7 est très défavorable, et le lien avec la future cité de la gastronomie peu efficace. La gare étant enclavée au cœur d'un échangeur routier, ce scénario nécessite un nombre important d'aménagements de surface dont le financement n'est pas garanti (suppression d'une bretelle de l'échangeur et mise à plat du Cor de Chasse, modification de la voirie et sécurisation des mouvements piétons). La profondeur de la gare est de 22 m (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Dans le scénario 3**– Porte de Thiais – Cité de la Gastronomie** Cette implantation comporte une double émergence de part et d'autre des voies, permettant ainsi de créer une excellente correspondance avec le T7 et le TVM, de desservir les quartiers Nord de Chevilly-Larue ainsi que la zone d'emploi du M.I.N, et également de créer un accès dédié à la future Cité de la Gastronomie. Cet accès Cité de la Gastronomie permettra également d'améliorer significativement le lien vers le centre commercial Belle Epine par rapport au scénario 1, en traversant la Cité de la Gastronomie pour accéder au centre commercial par la passerelle récemment construite ou à niveau lorsque la RD7 sera pacifié par le CG94. La profondeur de la gare est de 20 m (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Scénario retenu :

Le scénario 3**– Porte de Thiais – Cité de la Gastronomie** a été retenu car il est celui qui dessert le mieux la population actuelle et future, garantit un très bon maillage avec le T7 et le Tvm, et dessert le mieux la future cité de la gastronomie.

D'un point de vue environnemental, le scénario 3 permet :

- (à l'image du scénario 1) de réduire la création de surface imperméabilisé ce qui n'est pas le cas pour le scénario 2,

- De limiter les acquisitions foncières au niveau notamment du concessionnaire Volkswagen,

- D'éviter le passage du tracé sous les bâtiments de la ZAC du triangle des Meuniers, réduisant ainsi les nuisances vibratoires et acoustiques notamment. Le tracé s'inscrit en effet sous la trame viaire de la ZAC du triangle des Meuniers,

- De limiter la recomposition urbaine sur les voiries existantes et les cheminements modes doux.

2.2.6. Gare Pont de Rungis

Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, « la gare Pont de Rungis permet de se raccorder au RER C, de s'inscrire dans une logique de réorganisation de la desserte locale de création d'un pôle multimodal et de soutenir le développement du secteur Sénia, aujourd'hui en pleine mutation ».

Elle pourrait également être en correspondance avec la future gare TGV dans le cas où l'implantation à l'aéroport d'Orly ne serait pas retenue.

Deux scénarios d'implantation pour cette gare du Grand Paris Express ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère :

Scénario 1 – Nord (en rouge sur le schéma ci-contre) : la gare est implantée parallèlement au Nord du faisceau de voies ferrées (RER C, TGV, fret, etc) dans la zone Sénia. La profondeur de la gare est de **22m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Scénario 2 – Sud (en bleu sur le schéma ci-contre) : la gare également dans la zone Sénia, est implantée au Sud du réseau de voies ferrées suivant un axe Nord/Sud, au niveau d'un parking privé (Air France) face à l'entrée de la gare existante du RER C. La profondeur de la gare est de **26m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel.

Scénarios d'implantation de la gare Pont de Rungis

Critère	Scénario 1	Scénario 2
1. Critères de fonctionnalités		
1.1 Tracé et exploitation du réseau		
1.2 Efficacité de la gare		
1.3 Connectivité de la gare		
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)		
2. Critères techniques et environnementaux		
3. Critères de coûts		
4. Critères de délais		

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de la gare de Pont de Rungis

Dans le scénario 1- Nord, la gare est parallèle à la voie du RER C. Ce scénario nécessite la réalisation d'un ouvrage de franchissement de la voie pour permettre une connexion avec la gare RER C existante. Il est également très dépendant du calendrier de réalisation des projets de développement urbain pilotés par l'EPA ORSA (ZAC Thiais).

Le scénario 2 – Sud présente une connexion optimisée avec le RER C et permet une desserte locale (secteur résidentiel de la cité jardin). De plus, les emprises disponibles non bâties permettent d'envisager la création d'un véritable pôle d'échanges multimodal de surface. Son implantation au cœur d'un large espace actuellement non bâti, permet de bien articuler la gare avec les projets de transport et de développement urbain qui pourraient voir le jour dans le secteur.

Scénario retenu :

Le scénario 2 – Sud est retenu car il répond plus favorablement aux enjeux de transport et de développement urbain du secteur. Il permet une bonne correspondance avec le RER C et les emprises disponibles non bâties aux abords immédiats permettront d'intégrer les projets de transport et d'accompagner les projets de développement urbain.

D'un point de vue environnemental, la réalisation du scénario 2 permet :

- De réduire les volumes de matériaux nécessaires pour permettre la correspondance entre la Ligne 14 Sud et le RER C. En effet, aucun franchissement de l'infrastructure n'est nécessaire,
- De mutualiser plus efficacement le parking existant du RER C avec la Ligne 14 Sud,
- D'éviter la destruction de bâtis existants au Nord de la voie RER C,

2.2.7. Gare Aéroport d'Orly

Conformément aux objectifs énoncés dans l'acte motivé, « à Orly**,** l'enjeu est de permettre une amélioration significative de la desserte de l'aéroport en transport en commun, actuellement assurée à 80 % par la route. La gare terminus de la ligne 14 (bleue) s'articule ainsi avec celle de la ligne 18 (verte), mais aussi avec l'ensemble des projets de transport envisagés à terme. Le développement des liaisons en site propre (tramway ou bus à haut niveau de service) permettra également de compléter le maillage avec une desserte de proximité irriguant, depuis l'aéroport, l'ensemble des territoires proches, notamment dans le Val-de-Marne et l'Essonne. Par ailleurs, à ce véritable pôle de transport pourrait s'ajouter la future gare TGV associée à l'interconnexion Sud, dans l'hypothèse où celle-ci serait implantée sur la plate-forme aéroportuaire.

Quel que soit le scénario retenu, la gare Aéroport d'Orly est une gare double Ligne 14 (bleue) / Ligne 18 (verte).

Deux variantes d'implantation ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère.

- Scénario 1 – bâtiment de jonction (en rouge sur le schéma ci-contre) : Les deux lignes 14 et 18 sont côte à côte selon un tracé Nord-Sud. La gare est implantée au sud de l'extension du parking P0, face au terminal Orly Ouest et au futur bâtiment de jonction qui reliera les deux terminaux ouest et sud. La profondeur de la gare est de **21m** en-dessous du terrain naturel pour la Ligne 14 (bleue) et la Ligne 18 (verte).

- Scénario 2 – terminal Sud (en bleu sur le schéma ci-contre) : La ligne 18 arrive de l'ouest et la ligne 14 de l'Est. Les deux lignes sont superposées au droit de la gare. La gare est implantée devant le terminal sud à proximité de l'actuelle gare routière. La profondeur de la gare est de **26m** (niveau quai) en-dessous du terrain naturel pour la Ligne 14 (bleue) et de 50m (niveau quai) en-dessous du terrain naturel pour la Ligne 18 (verte).

Scénarios d'implantation de la gare Aéroport d'Orly

Critère	Scénario 1	Scénario 2
1. Critères de fonctionnalités		
1.1 Tracé et exploitation du réseau		
1.2 Efficacité de la gare		
1.3 Connectivité de la gare		
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)		
2. Critères techniques et environnementaux		
3. Critères de coûts		
4. Critères de délais		

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritère des scénarios de la gare d'Aéroport d'Orly

Le scénario 1 – bâtiment de jonction permet une desserte de qualité de l'Aéroport, son implantation étant face au futur bâtiment de jonction des deux terminaux qui constituera à terme le centre de gravité pour l'accès aux avions. Un accès direct de la gare double au bâtiment de jonction pourra ainsi être réalisé. L'implantation de la gare double au sein de l'extension du parking P0, immédiatement à l'Est du parking P0, permet également de créer un accès dédié vers la gare routière d'Orly Ouest afin d'assurer une bonne intermodalité aux lignes de bus actuelles et futures. Cette bonne intermodalité permettra notamment la desserte des territoires autour de l'Aéroport.

Par ailleurs, son implantation permet la création d'une correspondance dédiée avec le projet de gare TGV Interconnexion Sud.

La connexion ligne 14 (bleue)/ ligne 18 (verte) est très optimisée car les tunnels sont côte à côte et offrent une correspondance quai à quai dans le sens Paris-Saclay. De plus, l'orientation des tracés permet de minimiser la profondeur de la gare et permet de prolonger le tunnel de la ligne 14 au sud des pistes et d'implanter le site de Remisage à Morangis en limite de parcelle ADP.

Ce scénario présente cependant une correspondance avec le T7 non optimale car elle nécessite un long cheminement (environ 450 m), mais un accès dédié Orly Sud – T7 et un aménagement du parcours permettant d'atténuer cet inconvénient.

Très éloigné de l'aéroport (Bâtiment de jonction et Orly Ouest, le **scénario 2 – Terminal sud** ne permet pas de connecter efficacement la gare double avec le futur centre de L'implantation de la gare au Nord de l'Orlyval est très contrainte techniquement et sa réalisation aura des impacts importants sur les fonctionnalités aéroportuaires (voies de sortie de l'Aéroport).

D'autre part, de par l'exiguïté de l'emprise en surface ce scénario ne permet pas d'implanter des lignes de bus ce qui empêche la création d'une bonne intermodalité avec les futures lignes, mais permet en outre une correspondance efficace vers le T7.

Ce scénario implique que la gare soit de grande profondeur, du fait notamment des contraintes de tracé. La qualité de la correspondance entre les lignes 14 (bleue) et 18 (verte) en est affectée car elle ne peut pas se faire quai à quai (profondeurs des quais respectives des lignes 14 et 18 : 26 m et 50 m).

L'orientation des tracés implique de positionner le SMR de la ligne 14 au cœur des infrastructures aéroportuaires, ce qui rend sa réalisation et son exploitation très complexes.

Scénario retenu :

Le scénario retenu est le scénario 1 – bâtiment de jonction correspondant à une implantation de la gare entre les deux terminaux, au droit du parking P0, avec un impact modéré sur l'extension du parking P0.

Il offre :

- Un accès direct au bâtiment de jonction qui reliera les deux terminaux de l'aéroport (projet One-Roof) et accueillera les flux de voyageurs les plus importants.
- Une très bonne connexion Ligne 14 (bleue) / Ligne 18 (verte),
- Une bonne correspondance avec la gare routière Orly Ouest,
- Une compatibilité avec l'implantation d'une gare TGV si le site d'Orly venait à être retenu.

D'un point de vue environnemental, le scénario 1 permet de réduire la profondeur de la gare et donc les déblais associés.

3. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieu physique – Sous-sol

3.1. Les impacts du projet : Géologie

3.1.1. Méthodologie retenue et maitrise des risques

La méthodologie mise en place dans le cadre de l'obtention de l'état initial est succinctement rappelée ci-après, et complétée afin de faire montrer le lien entre les études de conception et les mesures mises en place, mais également amendée des principes qui seront mis en place en phase travaux :

Rappel sur le but des investigations géotechniques :

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires permettent donc :

- 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 de plus 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 un des axes de la maitrise des risques mise en place par la Société du Grand Paris.

Quelles sont 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 valide les hypothèses géotechniques, et dimensionne les ouvrages géotechniques. Le maître d'œuvre fournit 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 documents produits par les entreprises qui sont en outre déjà visés par le Maitre d'œuvre.

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. Toutefois, il n'est pas le seul, 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 le domaine de la géologie - hydrogéologie, de la géotechnique, des travaux souterrains, des travaux de confortements et traitements des terrains. Le but de ce comité est d'expertises 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.

La Ligne 14 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.

3.1.2. Les impacts du projet sur les anciennes carrières

3.1.2.1. Rappel des enjeux liés aux anciennes carrières

Les carrières à proximité du projet se divisent en deux principales familles :

- les **carrières à ciel ouvert**, remblayées après leur exploitation par du tout-venant,
- les **carrières souterraines** avec plusieurs techniques de confortement possibles :
    - 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 gypse et le calcaire grossier ont été exploités dans d'anciennes carrières souterraines dont les galeries peuvent être nombreuses et parfois étendues sur plusieurs étages.

Ces carrières ont potentiellement eu des évolutions variées :

- Comblement total ou partiel avec des matériaux divers : certaines galeries ont servi de décharge et présentent des matériaux pollués,
- Restauration patrimoniale,
- Abandon et action de l'érosion de l'eau.

Ces confortements quels qu'ils soient, et quelle qu'en soit la qualité de réalisation, laissent des vides.

Du fait de l'évolution de certaines carrières, certaines ont fait récemment l'objet de comblements notamment par injection.

Rappels sur la localisation des carrières le long du fuseau de la ligne 14 Sud :

Le service de l'Inspection Générale des Carrières (IGC) est chargé du recensement de ces anciennes carrières et un zonage spécial a été intégré à certains plans de prévention des risques (PPR) pour prendre en compte ce risque d'effondrement.

- Cas des carrières de gypse :

  Sur le linéaire de la Ligne 14 Sud, les zones d'exploitation souterraine du gypse sont uniquement localisées sur la commune de Villejuif.

  Néanmoins, cette cartographie n'est pas exhaustive concernant les carrières d'exploitation du gypse. Par conséquent, au risque lié aux galeries elles-mêmes, s'ajoute un risque lié aux incertitudes sur l'existence de carrières non connues. Des études de sols complémentaires (mission G12) ont été réalisées récemment, les résultats de ces dernières pourront être pris en compte dans la phase d'avant-projet, réduisant notablement ce point.

- Cas des carrières de Calcaire Grossier :

  La problématique de carrière existe également pour les anciennes carrières de calcaire grossier souterraines et à ciel ouvert. Le projet traverse cette strate géologique uniquement dans la partie nord de la Ligne 14 Sud, jusqu'à l'ouvrage d'art OA Cuchets. Les sondages réalisés ont permis de confirmer les cartes de l'IGC.

  Les communes concernées par ce risque sont Paris, le Kremlin-Bicêtre, Gentilly et Arcueil.

- Cas des carrières de Sables de Fontainebleau :

  Les carrières à ciel ouvert de Sables de Fontainebleau sont très localisées, et se situent au droit de la butte de Villejuif au niveau de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy. Les sondages ont confirmé leur présence sur une épaisseur de 10 à 16 m de profondeur.

Quels sont les enjeux d'un projet de type métro souterrain liés à la présence de carrières ?

Dès la fin de leur exploitation, ces carrières ont été le siège de mouvements verticaux pouvant entraîner des cloches de décompressions dans les terrains sus-jacents, voire dans le cas extrême la formation de fontis (effondrement remontant 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 médiocres, sous-consolidés pour la réalisation d'un projet de type métro souterrain. D'une part, la traversée de ces terrains meubles peut perturber le bon avancement du tunnelier. D'autre part, le passage du tunnelier dans des terrains sous-consolidés peut engendrer des tassements en surface difficilement compatibles avec le bâti de surface. L'enjeu est donc d'autant plus fort en présence de bâtis denses ou d'ouvrages particuliers.
- **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.

3.1.2.2. Prise en compte des prescriptions et règles liées aux anciennes carrières

Des prescriptions réglementaires s'appliquent, notamment 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 (englobant les communes du Val-de-Seine concernées par le projet) – Permis de Construire – Mesures de Sécurité.

L'Arrêté stipule que dans ces zones d'anciennes carrières, « les projets de constructions doivent 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 prend bien en compte cette règle pour les ouvrages concernés : Gare Maison Blanche – Paris XIIIe, OA Paul Bourget, OA Jules Guesde, Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital, OA Marcel Sembat, OA Cuchets, Gare Villejuif Institut Gustave Roussy.

Par ailleurs, en cas d'approbation du Plan de Prévention des Risques actuellement en cours dans le Val-de-Marne, les éventuelles prescriptions seront respectées.

3.1.2.3. Prise en compte des anciennes carrières dans la conception du projet

Le meilleur moyen de supprimer les risques liés à la présence de 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.

De façon générale, le tracé en plan du projet cherche 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 :

- 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 médiocre de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains peuvent être mis en place. Les études à venir permettront d'identifier et de caractériser ces remblais afin d'adapter au mieux le passage du tunnelier dans ces zones.

- 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 ou la base du tunnel et le toit des carrières soit suffisante afin de préserver l'intégrité des carrières. Cette distance sera ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de « bon » terrain au-dessus ou au-dessous du tunnel. Les hypothèses prises en compte en études préliminaires seront à confirmer dans les études à venir qui permettront d'affiner l'identification et la caractérisation des terrains situés en dessous ou au-dessus des carrières afin de définir la bonne distance à retenir entre le projet et les carrières.

  Si la carrière s'avérait en trop mauvais état ou si la distance entre la voûte et la base de la carrière était trop faible, des traitements pourront être mis en place, afin que la stabilité d'ensemble du massif soit préservée.

3.1.2.4. Mesures retenues pour les anciennes carrières

Les mesures à mettre en œuvre pour supprimer le risque de désordre sur les bâtis et les ouvrages souterrains dans la zone d'influence du projet et des carrières sont les suivantes:

<u>En phase études :</u>

- **Investigations des anciennes carrières avant le chantier** (bibliographie, visites, inspections, sondages, essais, mesures in situ) afin de reconnaître leurs limites, leurs épaisseurs, la nature des remblais de comblement et de définir l'état de la carrière. Ces investigations ont pour objet de caractériser le massif et ainsi définir les zones et les volumes à traiter, ainsi que le type de traitement à mettre en place.

- **Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar** qui permettent de détecter les mouvements de surface pouvant ainsi être le reflet de mouvements des carrières instables. L'utilisation de cette méthode permettra de cibler les reconnaissances de terrain de façon optimale.

L'ensemble des zones répertoriées ci-dessus a déjà fait l'objet d'études et de reconnaissances, dont notamment la visite de certaines carrières en compagnie de l'Inspection Générale des Carrières en phase d'études préliminaires. Ces reconnaissances vont se poursuivre, les résultats obtenus seront intégrés aux études à venir et permettront ainsi de définir avec précision :

- les zones à traiter, tant en termes de surface que de volume au cas par cas,

- les techniques de comblement et/ou de confortement à mettre en œuvre,

L'Inspection Générale des Carrières sera à nouveau sollicitée lors des études à venir.

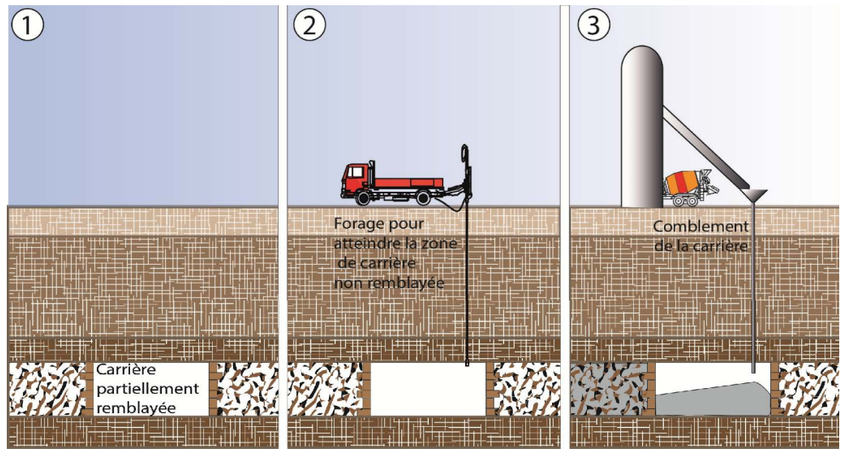
<u>En phase travaux, pour les zones où les études ont montré la nécessité d'un traitement de carrières :</u>

Pour la section courante se situant en zone de carrières *:* des injections ou comblements des carrières (à ciel ouvert ou souterraines) nécessitant un confortement pourront être mis 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, etc... Deux grandes techniques existent :

- **Injection depuis la surface ou une galerie réalisée spécifiquement pour ces travaux grâce à des forages afin de combler les carrières** avant la réalisation du tunnel ;

- **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.

Dans le cas de carrières situées à proximité ou dans l'emprise d'une fouille (tranchée, gare, puits…) et présentant des extensions sous des parcelles mitoyennes *:* Les études à venir détermineront l'extension du périmètre à traiter, ainsi que, comme pour la section courante, le volume et le type de traitement à mettre en place.



Principe d'injection d'une ancienne carrière souterraine

Afin de vérifier l'efficacité du renforcement des carrières, des sondages de contrôle des traitements des carrières seront réalisés.

Par ailleurs, une méthode observationnelle sera mise en place. Elle se décompose en deux phases :

- **Étude de vulnérabilité du bâti** *:* elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de confirmer les méthodes constructives à retenir. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.

- **Mise en place de l'auscultation de surface** *:* cette auscultation dans les zones reconnues comme sensibles aux tassements 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.

Pour les zones de carrières où le tunnel se situe en-dessous ou au-dessus du niveau des carrières, la méthodologie générale sera appliquée, à savoir traitement éventuel des carrières par injection ou comblement à pied d'œuvre dans les zones où la stabilité des carrières ne serait pas avérée.

<u>Présentation des mesures de stabilisation des carrières de calcaires grossiers au niveau de la zone sensible de Villejuif :</u>

La principale zone de traversée des carrières se situe au niveau de l'intergare « Kremlin Bicêtre Hôpital – Villejuif Institut Gustave Roussy ».

Le scenario proposé consiste à réaliser au préalable au passage du tunnelier, des injections de confortement dans les couches des Marnes et Caillasses (couche située au-dessus de celle des Calcaires Grossiers où résident les carrières) à partir de puits réalisés depuis la surface. A cet effet, l'OA Cuchets permet un accès direct dans les carrières, au centre de la zone à traiter. Ce puits sert de puits de reconnaissance des couches des Marnes et caillasses et des Calcaires Grossiers.

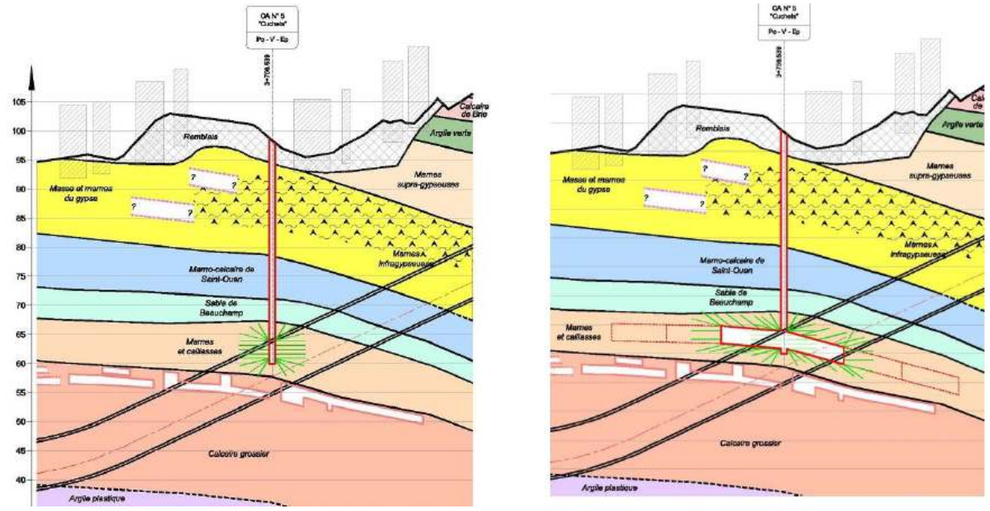
Deux autres puits similaires sont ensuite réalisés, depuis la surface, pour assurer la sécurité des travaux (plusieurs issues possible), l'approvisionnement et l'évacuation des hommes et du matériel, le respect du planning… Ils se limitent à atteindre la couche des Marnes et Caillasses.

Réalisation d'une galerie de travail dans les Marnes et Caillasses, permettant entre autre :

- **D'injecter à l'avancement** les Marnes et Caillasses à partir de la galerie

- **D'inspecter visuellement** les Marnes et Caillasses à l'avancement sur la totalité de la zone traversée par le tunnelier

Cette galerie dans les Marnes et Caillasses est décalée en plan par rapport au projet pour ne pas cumuler les tassements en surface liés à l'excavation de cette galerie et de ceux liés au tunnel.



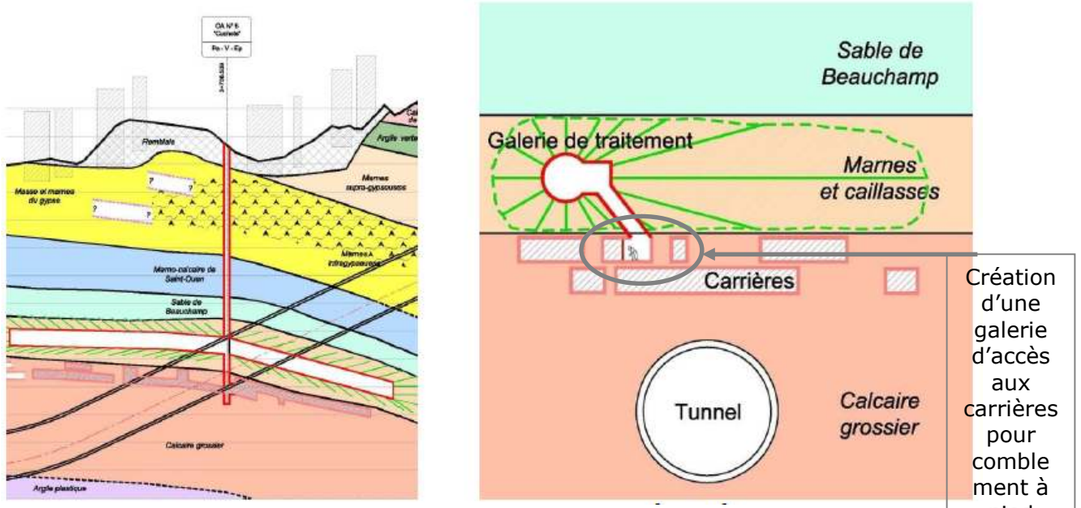
Scénario de la galerie de travail et injection dans les Marnes et Caillasses

Le remplissage des carrières peut se faire de deux manières, soit par comblement à pied d'œuvre, soit par injection. Chacune de ces méthodes est détaillée ci-après dans le contexte particulier de la traversée des carrières.

<u>Principe de comblement des carrières à pied d'œuvre :</u>

Le comblement à pied d'œuvre des carrières est réalisé par substitution des matériaux de bourrage.

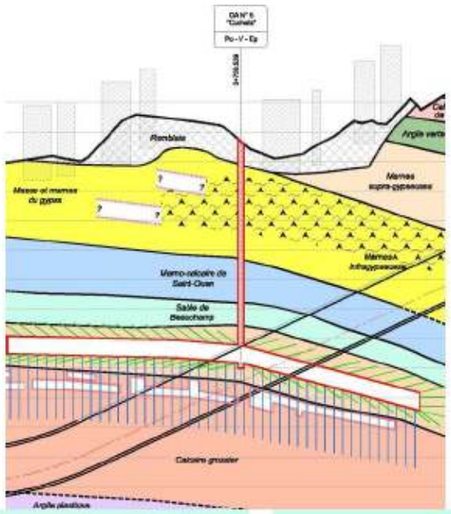
Pour la solution de traitement des carrières par substitution, des galeries d'accès de 10m² environ sont réalisées à partir de la galerie souterraine. Ces galeries permettent d'effectuer une analyse visuelle de la carrière et de choisir le traitement le plus approprié selon l'état des carrières (bourrages, vides,…).

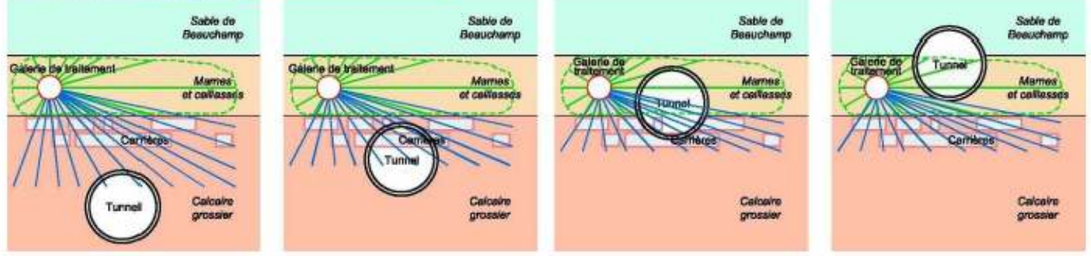


Principe de la substitution des carrières à pied d'œuvre

Principe de comblement des carrières par injection :

Dans le cas où le comblement à pied d'œuvre n'est pas possible un comblement par injection peut être réalisé. Ces injections (et donc forages) sont réalisées depuis la galerie de travail située dans les Marnes et Caillasses, selon une maille suffisamment serré pour reconnaitre des vides de moins de 3m^3.





Forages verts : injection des M&C
Forage bleus : Comblement des carrières par injection

Principe du comblement par injection à partir de la galerie

Après passage du tunnelier, la galerie souterraine et les puits d'accès seront comblés avec un matériau inerte (gros béton ou autres…) et condamnant définitivement l'entrée des puits d'accès à cette galerie.

Mesures d'accompagnement prévues pour ce secteur sensible :

Afin de vérifier l'efficacité du renforcement des carrières, des sondages de contrôle des traitements des carrières seront réalisés.

Par ailleurs, une méthode observationnelle sera mise en place. Elle se décompose en deux phases :

- **Etude de vulnérabilité du bâti** *:* elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de confirmer les méthodes constructives à retenir. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.

- **Mise en place de l'auscultation de surface** *:* cette auscultation dans les zones reconnues comme sensibles aux tassements 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.

3.1.3. La prise en compte du gypse

3.1.3.1. Rappels des enjeux liés à la dissolution 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 (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).

La dissolution du gypse se produit lorsqu'il est soumis à un apport d'eau « non chargée en sulfate » par infiltration de la pluie ou mise en communication avec une nappe d'eau souterraine non chargée. Selon le type de cristallisation du gypse et sa densité dans le massif encaissant, ce phénomène peut entraîner soit une dégradation diffuse des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, soit la création de cavités souterraines appelées vides de dissolution, de dimensions variables.

La dissolution du gypse s'accompagne alors de décompressions des terrains sus-jacents et/ou, dans le cas extrême, d'apparition de fontis.

- *Rappels sur la localisation des zones potentiellement sujettes à la dissolution du gypse le long du fuseau de la ligne 14 Sud*

Le gypse est présent au sein de plusieurs formations concernées par le projet :

- Dans la formation géologique des Marnes supra-gypseuses et Masses et Marnes du Gypse : cette formation contient du gypse sous forme de marnes gypseuses et de gypse cristallisé. La majorité de la Ligne 14 Sud s'insère dans cette formation, à partir du coteau nord du Plateau de Villejuif jusqu'à l'extrémité sud de la Ligne et plus précisément :

  - Lors de la remontée du tunnel sur le coteau nord du Plateau, il traverse la formation des Masses et Marnes du Gypse sur un linéaire d'environ 400 mètres, au sud de l'ouvrage d'art OA Cuchets.

  - Au sud de cette zone, la totalité du tunnel de la ligne 14 sud s'insère au sein des marnes supra-gypseuses. Le gypse est intégré à cette formation dont l'épaisseur et la profondeur est quasiment constante à l'échelle du linéaire (environ 30 m sur l'ensemble de la butte).

- Dans les formations sous-jacentes, du Calcaire de Saint-Ouen, des Sables de Beauchamp et des Marnes et Caillasses, sous forme d'imprégnation des matrices calcaires, sableuses et marneuses et de nodules, parfois contenant du gypse cristallisé. Ces formations sont présentes à partir de la gare du Kremlin-Bicêtre Hôpital et sont interceptées par le tunnel,

ponctuellement, lors de la remontée du tunnel, soit sur une portion totale d'environ 450 mètres).

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de dissolution du gypse en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraines dans des zones marquées par la présence de gypse.

La présence de zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol peuvent être à l'origine de mouvements de terrain (tassements, fontis…) 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.

3.1.3.2. Impacts et mesures retenues concernant le gypse

Le tunnel rencontre plusieurs couches géologiques susceptibles de contenir du gypse ou des inclusions de gypse : Marnes supra-gypseuses et Masses et Marnes du Gypse, Calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et Caillasses entre Villejuif Institut Gustave Roussy et Aéroport d'Orly.

Toute circulation d'eau, quelle que soit son origine (naturelle, fuites dans les réseaux,…) peut contribuer à accentuer le phénomène de dissolution du gypse. Il convient donc de prendre les mesures appropriées afin de prévenir ce risque.

Afin de maîtriser les effets de la présence de gypse, les mesures suivantes seront mises en œuvre dans les zones concernées :

- **Reconnaissances adaptées avant le chantier**, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques…) : le but est de caractériser le massif et de repérer d'éventuelles décompressions ou vides.

- **Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar** qui permettent de détecter les mouvements de surface pouvant ainsi être le reflet de dissolution antérieures ou en cours. L'utilisation de cette méthode permettra de cibler les reconnaissances de terrain de façon optimale.

- Si des anomalies étaient repérées lors de la construction de l'infrastructure du métro (tunnel, tranchée, gare, ouvrage annexe), **il pourrait être nécessaire de traiter les vides par injection**, selon leur taille et la sensibilité de la zone d'influence du creusement (présence de bâti, d'ouvrage sensible, etc.) : cela consiste en la réalisation de forages depuis la surface permettant de remplir les cavités par injection gravitaire de mortier ou de coulis.

<u>Choix de la technique du tunnelier pour la construction du tunnel</u> :

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.

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. De plus, la mise sous pression de la chambre d'abattage en tête de tunnelier permet d'éviter les arrivées d'eau à l'intérieur de l'ouvrage.

Par ailleurs, lors du creusement au tunnelier, le vide situé entre le terrain et les voussoirs tout autour de la paroi du tunnel (vide annulaire) est immédiatement injecté par un mortier de bourrage sous pression.

La technique du tunnelier limite de manière très importante les impacts potentiels de la construction du tunnel sur la circulation d'eaux souterraines et donc sur les phénomènes de dissolution de gypse.

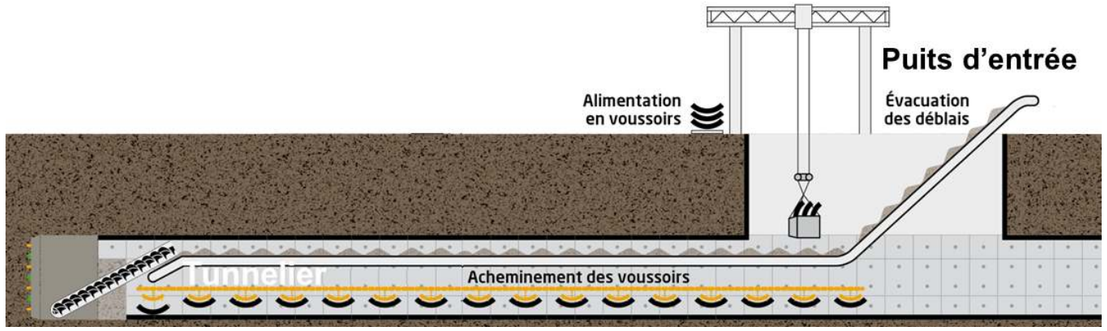
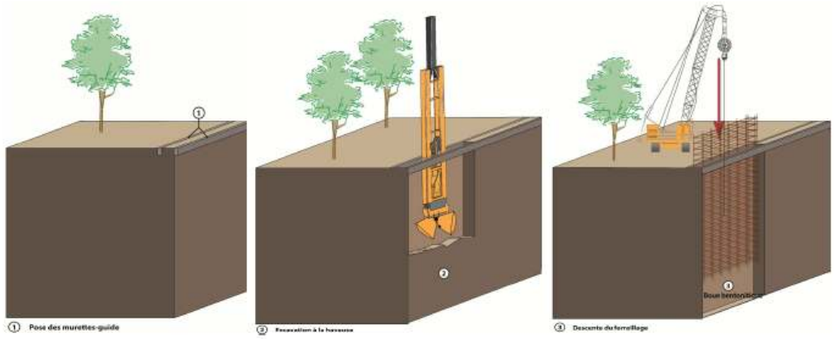


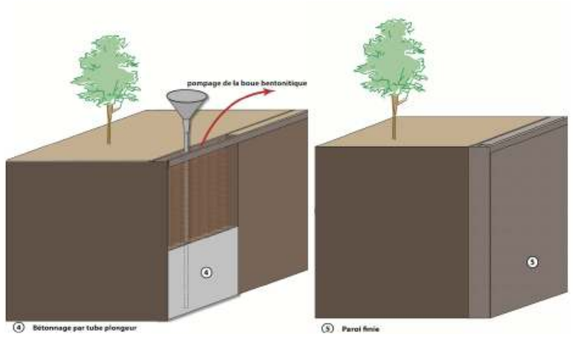
Schéma de principe du fonctionnement d'un tunnelier

Choix de techniques adaptées pour les ouvrages concernés par la présence de gypse :

L'ensemble des gares, et certains ouvrages de sécurité seront réalisés à ciel ouvert à l'abri d'une enceinte en parois moulées. Certains ouvrages de sécurité seront construits avec d'autres méthodes constructives mais qui permettent également d'assurer l'étanchéité par rapport aux eaux souterraines.

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 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

Cette disposition constructive permet en particulier de s'affranchir des venues d'eau horizontales, en créant un écran de protection imperméable, autour de la zone de terrassement.

Elle permet également d'éviter toute action de rabattement de nappes ou de pompages des eaux souterraines. En phase d'exploitation, il s'agit uniquement de gérer les faibles volumes d'eaux d'infiltration à l'intérieur des boîtes gare.

La réalisation des gares avec cette méthode permettra de réduire de manière très importante les impacts potentiels de la phase de construction, et en phase d'exploitation, et donc sur les phénomènes de dissolution du gypse.

Suivi des effets des mesures :

Pour vérifier que les mesures mises en œuvre en cas d'injection notamment sont efficaces, des sondages de contrôle des traitements seront réalisés.

Par ailleurs, une méthode observationnelle sera mise en place. Elle se décompose en deux phases :

- **Étude de sensibilité intrinsèque et étude de vulnérabilité du bâti** *:* elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de consolider les méthodes constructives ainsi que les traitements à mettre en place en cas de terrains décomprimés. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.

- **Mise en place de l'auscultation de surface** *:* 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.

3.1.4. La prise en compte des argiles

3.1.4.1. Rappels des enjeux liés aux argiles

L'argile est une roche sédimentaire à grains fins présente dans différentes couches géologiques.

L'argile voit sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Elle est dure et cassante lorsqu'elle est desséchée, elle 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 formations géologiques principalement concernées sont celles des argiles vertes et des marnes supra-gypseuses qui ont une forte proportion en argile

La plupart du tracé est situé en zone d'aléa faible.

Les secteurs les plus sensibles sont les suivants :

- Nord du fuseau : les communes de Kremlin-Bicêtre, de Villejuif, de l'Haÿ-les-roses, de Cachan et d'Arcueil.
- Au sud de la gare Aéroport d'Orly, une zone d'environ 600 mètres de long, sur la commune de Paray-Vieille-Poste.

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.

En effet, l'apport ou le retrait d'eau (pompages, remontées de nappe, etc.) dans des zones marquées par la présence d'argile est susceptible de modifier leur état hydrique et donc de les faire gonfler lorsqu'elles passent d'un état sec à un état humide ou d'activer leur « retrait » lorsqu'elles passent d'un état humide à un état sec.

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.

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 (en champ libre, c'est-à-dire si l'argile n'est pas contrainte) ou des sur-contraintes (pression de gonflement sous un radier de gare par exemple).

En général, ces phénomènes se produisent à proximité de la surface, où la teneur en eau des argiles est soumise à de fortes variations, liées à la météorologie (périodes de sécheresse notamment), mais aussi à la végétation (système racinaire) ou à l'activité humaine (imperméabilisation des surfaces, pompages ou arrosages…).

3.1.4.2. Prise en compte des enjeux dès la conception

Les Argiles Vertes sont situées dans la partie haute de la série ; les gares traversent cette couche et s'ancrent plus bas. Par conséquent, du fait des méthodes constructives retenues (parois moulées), les Argiles Vertes ne sont jamais exposées aux intempéries météorologiques Les impacts liés au retrait/gonflement des Argiles Vertes est donc réduit sur la ligne 14 sud aux gares situées au sud de Villejuif Institut Gustave Roussy et aux quelques ouvrages annexes situés dans cette partie du linéaire. Quant à la partie courante, le tunnel s'inscrit systématiquement sous cette couche, l'impact est donc également nul.

3.1.4.3. Impacts et mesures concernant les argiles

Impacts potentiels directs :

Au vu des caractéristiques des ouvrages du projet, les effets de retrait/gonflement des argiles ne représentent pas un enjeu pour le projet. Le dimensionnement des ouvrages (gares, tunnel, ouvrages de sécurité) permettra de résister à des mouvements du sol, notamment liés à ce phénomène.

Impacts potentiels indirects :

Il convient également de s'assurer que la construction de l'infrastructure n'entraine pas de phénomène de retrait/gonflement des argiles pour les sites et bâtis présents à proximité du réseau.

Mesures proposées pour limiter ces impacts potentiels indirects :

Les techniques de construction retenues pour les différents ouvrages et présentés dans la rubrique sur les impacts du projet sur le Gypse permettent d'éviter tout effet sur le fonctionnement des nappes souterraines, et donc d'éviter d'agir sur l'état hydrique des argiles présentes autour des ouvrages.

Il s'agit notamment de la construction du tunnelier avec la technique du tunnelier, ou la construction des gares avec la méthode des parois moulées.

Le projet avec la mise en place de ces techniques ne présente pas d'impact sur les argiles.

En phase chantier, **des dispositions constructives spécifiques** pourront être mises en œuvre afin de préserver ces matériaux sensibles de toute venue d'eau. En particulier, les fonds de fouilles des ouvrages fondés dans une couche argileuse pourront bénéficier de mesures spécifiques afin de ne pas exposer ces sols aux conditions météorologiques (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des géosynthétiques par exemple).

3.1.5. Les autres risques : glissements et mouvements de terrain

Aucun risque de glissement de terrain n'est identifié dans l'aire d'étude de la Ligne 14 Sud, (État initial de l'étude d'impact - pièce G1).

Le projet ne présente pas d'impact sur ces aléas, aucune mesure n'est nécessaire.

3.1.6. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie et la géotechnique

Éléments concernés	*Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial*	*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*
Anciennes carrières	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy	Présence d'anciennes carrières	Tunnel, gares et ouvrages annexes	Déstabilisation éventuelle du sol	Fort	• **Investigations des anciennes carrières avant le chantier** • **Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar** • **Injection afin de combler les carrières** • **Comblement à pied d'œuvre** • **Stabilisation approfondie au niveau du secteur sensible de Villejuif** • **Suivi en cours de chantier**	Faible	néant
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis			Aucun impact potentiel	Pas d'impact	Pas de mesure nécessaire	néant	
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis							
Présence de gypse dans le sous-sol	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy	Présence de zones de gypse dans le sous-sol	Tunnel, gares, ouvrages…	Modifications du fonctionnement des eaux souterraines induisant la dissolution du gypse et l'apparition de cavités dans le sous-sol	Modéré	• **Recours à la technique du tunnelier :** elle limite les impacts potentiels de la construction du tunnel sur la circulation d'eaux souterraines et donc sur les phénomènes de dissolution de gypse. • **La réalisation des gares avec la méthode des parois moulées** qui évite d'impacter les eaux souterraines et donc les phénomènes de dissolution **Mesures de suivi :** • **Étude de sensibilité intrinsèque et étude de vulnérabilité du bâti** • **Mise en place de l'auscultation de surface**	néant	néant
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis							
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis							
Aléa retrait/gonflement des argiles	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy	Présence d'argiles dans le sol		Mouvement du sol	Faible	• **Dimensionnement des ouvrages** permettant de résister à ces mouvements dans le sol • **Techniques de construction** (tunnel et ouvrages) qui permettent d'éviter des modifications du fonctionnement des eaux souterraines à proximité • **Dispositifs spécifiques** pour protéger les fonds de fouille en cas de sensibilité identifiée pendant la phase travaux	néant	néant
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis	Pas d'enjeu Argiles notable						
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis	Présence d'argiles dans le sol		Mouvement du sol	Faible			

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

3.1.7. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse au risque géologique

3.1.7.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Mise en œuvre de missions géotechnique G2, G3 et G4	Fonction des marchés publics contractés
Stabilisation des carrières de calcaires grossiers au Sud de Kremlin-Bicêtre Hôpital	Intégré au coût des travaux
Gestion de la problématique du gypse	A définir dans les phases d'études post-DUP afin de conforter/compléter les missions de reconnaissances des sols déjà opérées (mission G1 notamment).
Gestion des glissements et mouvements de terrain	
Gestion des risques de mouvements latéraux liés aux parois de soutènement dans les zones de travaux à ciel ouvert	
Suivi des travaux par un maître d'œuvre spécialisé	Fonction des marchés publics contractés

3.2. Hydrogéologie

La réalisation d'un projet souterrain, de type métro, est susceptible de modifier les écoulements d'eau et ainsi d'impacter la (ou les) nappe d'eau souterraine qu'il recoupe.

La présente partie consiste à présenter les différents types d'impacts induits par le projet sur le contexte hydrogéologique du secteur d'étude en distinguant les impacts en phase travaux et ceux en phase exploitation.

3.2.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant l'hydrogéologie

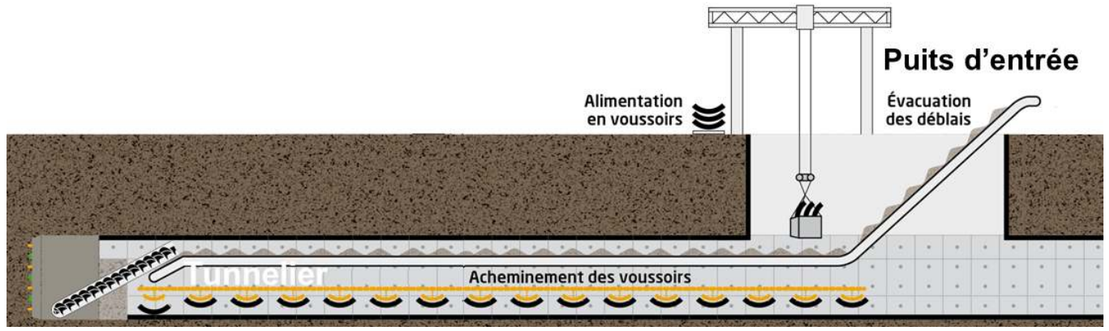
A l'échelle du projet, l'évaluation des impacts potentiels en phase chantier a été réalisée en distinguant le tunnel et les gares. En effet, d'un point de vue hydrogéologique, la mise en place des gares apparaît beaucoup plus contraignante que le creusement du tunnel impactant une épaisseur de terrain limitée à la hauteur du tunnelier.

Le projet s'inscrit entièrement en souterrain, ce qui nécessite l'implantation d'ouvrages en sous-sol (gares, ouvrages annexes, tunnels…). Leur construction est susceptible pour certains ouvrages de nécessiter des opérations de pompage des eaux souterraines, notamment en phase travaux.

3.2.1.1. Les impacts liés à la construction du tunnel

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier, méthode qui ne nécessite aucun pompage, la pressurisation du front de taille faisant 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.



La construction du tunnelier avec la technique du tunnelier ne nécessite pas de rabattement de nappe, ni de pompage. La construction du tunnel ne présente pas d'impact sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Mise en communication des nappes :

La mise sous pression de la chambre d'abattage en tête de tunnelier permet d'éviter les arrivées d'eau à l'intérieur de l'ouvrage.

Par ailleurs, lors du creusement au tunnelier, le vide situé entre le terrain et les voussoirs tout autour de la paroi du tunnel (vide annulaire) est immédiatement injecté par un mortier de bourrage sous pression.

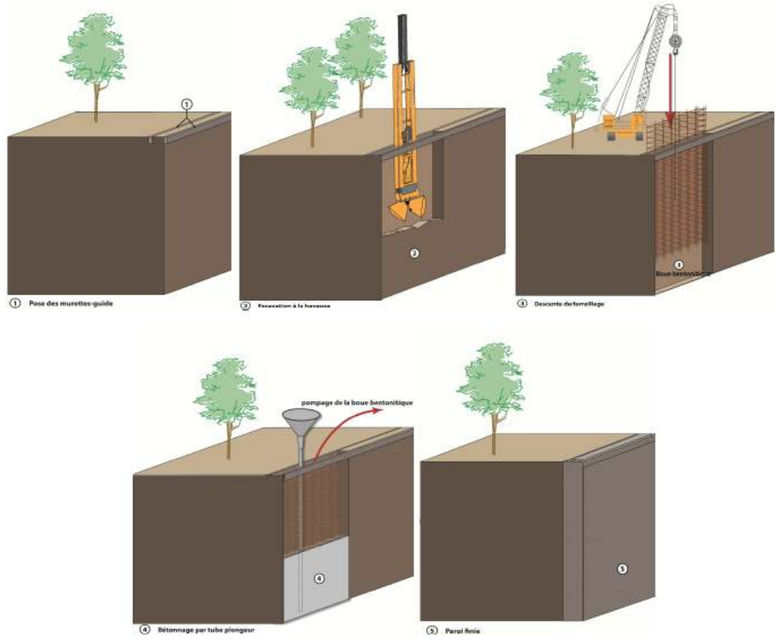
La technologie utilisée de forage au tunnelier limite donc le risque de communication entre nappes, l'impact est considéré comme faible.

3.2.1.2. Les impacts liés à la construction des ouvrages

La présence de nappes souterraines productives sur ce territoire nécessite, pour l'implantation des gares en tranchée couverte, la mise en œuvre de dispositifs techniques spécifiques afin de limiter à terme le recours à des pompages d'eau dans la gare.

La Société du Grand Paris prévoit pour l'ensemble des gares de recourir à la technique des parois moulées.

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 et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

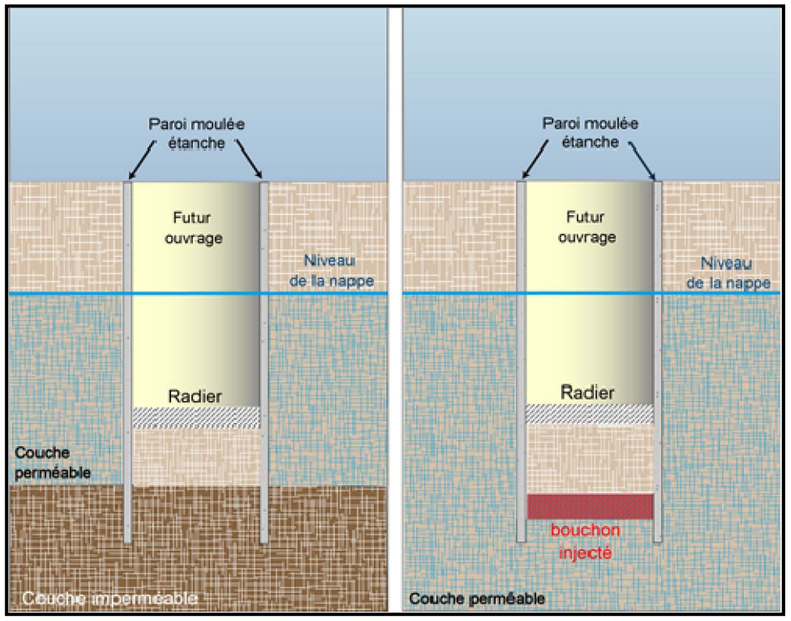


Principe général de mise en œuvre de parois moulées

Les parois moulées créent un obstacle aux circulations d'eau horizontales.

Pour limiter l'entrée d'eau par le fond de fouille pendant les travaux, plusieurs configurations sont possibles :

- Les parois de l'ouvrage sont ancrées dans une couche de sol de nature peu perméable : l'enceinte de la gare est alors quasiment imperméable dès la phase travaux. Hormis le pompage initial de l'eau dans le volume de la gare, la mise hors d'eau de l'ouvrage n'aura pas d'impact sur les eaux souterraines (pompage des infiltrations résiduelles).
- La couche géologique peu perméable est située à une profondeur plus importante que celle nécessaire pour la paroi moulée (stabilité mécanique assurée) : des fiches hydrauliques (prolongement des parois moulées) peuvent être mises en place et assurer ainsi la fermeture de la boîte d'un point de vue hydraulique.
- Les parois de l'ouvrage sont ancrées dans une couche géologique perméable sous nappe : la mise en œuvre d'un bouchon injecté entre parois moulées (traitements de terrain) permet alors de limiter les remontées d'eau dans l'enceinte de l'ouvrage. Il peut subsister des venues d'eau résiduelles ; leur évacuation est toutefois non significative au regard du niveau de la nappe baignant l'ouvrage.



Parois moulées ancrées dans une couche imperméable ou ajout d'un bouchon injecté

La mise en œuvre des parois moulées constitue une boîte étanche. Cette technique de construction permet d'éviter tout rabattement des nappes souterraines.

La construction des ouvrages ne présente pas d'impact sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Mise en communication des nappes :

À l'échelle du projet, les gares sont réalisées le plus souvent dans plusieurs nappes superposées. La technique des parois moulées utilisée pour chacune des gares permet de limiter grandement les échanges entre les nappes grâce à la mise sous pression de la fouille par la boue bentonitique au moment du creusement.

L'impact lié à cette technique est considéré comme faible.

Gestion des eaux d'infiltration dans les boîtes gare en phase travaux :

Les procédés de mise en œuvre présentés ci-dessus permettent de rendre « quasiment » imperméable les boîtes gares. Le terme « quasiment » est utilisé pour rendre compte d'éventuelles infiltrations résiduelles à travers la structure. Un assèchement en continu durant les travaux sera nécessaire, pour des débits estimés à ce stade des études très faibles.

Ces volumes résiduels seront évalués de manière détaillée dans le cadre de la phase suivante, sur la base des études conduites par le futur maître d'œuvre qui aura en charge les études d'Avant-Projet (AVP). Ces éléments seront présentés dans le cadre du Dossier Loi sur l'Eau qui sera élaboré pour la ligne 14 Sud.

La gestion de ces eaux sera définie en prenant en compte les orientations nationales qui visent à privilégier dans un 1er temps la réinjection des eaux dans la nappe, dans un 2nd temps vers le milieu naturel et enfin vers les réseaux locaux existants.

Cette gestion prendra également le niveau de pollution de ces eaux, défini sur la base des données bibliographiques disponibles et sur les résultats des sondages qui seront conduits par la Société du Grand Paris.

Usages des eaux souterraines :

Le projet ne présentant pas d'impact sur le fonctionnement des nappes souterraines, il n'entraine pas d'impact sur les captages d'eaux souterraines.

3.2.1.3. La prise en compte des phénomènes de remontée de nappe

Les secteurs où la nappe phréatique est parfois sub-affleurante ne sont pas intégrés aux zones PHEC. Ils correspondent toutefois à des zones pouvant être submergées ce qui pourrait compromettre la pérennité des activités de chantier.

L'enjeu pour les ouvrages s'implantant en sensibilité forte à très forte de remontées de nappe, à savoir :

- L'OA Tolbiac Nationale 2 (sensibilité très forte).
- La gare de Maison Blanche – Paris XIIIe (nappe sub-affleurante),
- L'OA Paul Bourget (sensibilité très forte),
- L'OA Jules Guesde (sensibilité forte),
- L'OA Pistes-Orly (sensibilité forte),
- L'OA Sud-Orly (sensibilité forte / nappe sub-affleurante).

Ces zones de sensibilités fortes et très fortes correspondent à des zones d'urbanisation importante, où les risques de remontées de nappe sont essentiellement dus :

- Pour le secteur Nord de la Ligne 14 Sud : à la présence de la vallée de Bièvre, dont le cours d'eau et aujourd'hui canalisé,

- Pour le secteur Sud de la Ligne 14 Sud : à la présence du toit de nappe (Calcaires de Brie et Sables de Fontainebleau).

Les impacts se définissent principalement par :

- Des dégâts éventuels sur les ouvrages et matériels de chantier : non placés hors d'eau ou non évacués.
- Des risques d'interventions sur chantier pour les ouvriers.

Les coupes en pages suivantes permettent d'indiquer les enjeux et l'évaluation d'impacts au niveau de chacune des gares du projet.

3.2.1.4. Les effets des travaux sur les usages des eaux souterraines

Les ouvrages potentiellement concernés sont :

- Les puits géothermiques profonds, captant le Dogger, dans le secteur de la gare Chevilly « Trois Communes ». Ces ouvrages sont cependant positionnés en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 14 Sud.

  Aucun enjeu concernant les puits géothermiques peu profonds n'a été relevé au stade du rapport 1/3 en raison de la distance les séparant des ouvrages de la Ligne 14 Sud. De fait, aucun impact n'est attendu sur ces derniers.

- Les puits industriels ponctuels, captant des ressources moins profondes. Ces derniers sont identifiés dans le secteur de l'OA TN2, de l'OA Jules Guesde et de la gare Pont de Rungis. Hormis celui positionné près de l'OA TN2 (environ 50m), les autres puits sont relativement distants du projet (minimum 350 à 400m).

Les travaux réalisés pour la mise en œuvre du tunnel permettent de s'affranchir d'incidences notables du projet sur le niveau des nappes souterraines :

- Le tunnel, par la méthode de mise en œuvre en tunnelier, permet d'éviter les échanges entre l'intérieur et l'extérieur de la structure, limitant de fait les modifications du niveau des nappes traversées,

- Les gares et OA, réalisés par une méthode de parois moulées, permettent de s'affranchir des phénomènes de rabattement de nappes. Seuls des pompages des eaux résiduels dans les structures sont opérés, n'ayant ainsi aucune incidence notable sur les caractéristiques des nappes traversées.

De fait, et au stade d'avancement des études de conception, l'impact du projet sur les puits existants est considéré comme nul.

Gare Maison Blanche - Paris XIIIe

Synthèse générale :

- **Gare ancrée dans les argiles plastiques de l'Yprésien**
- **Boite gare interceptant la nappe de l'Yprésien et du Lutétien**

(aquifère multicouche de l'Eocène inférieur à moyen)

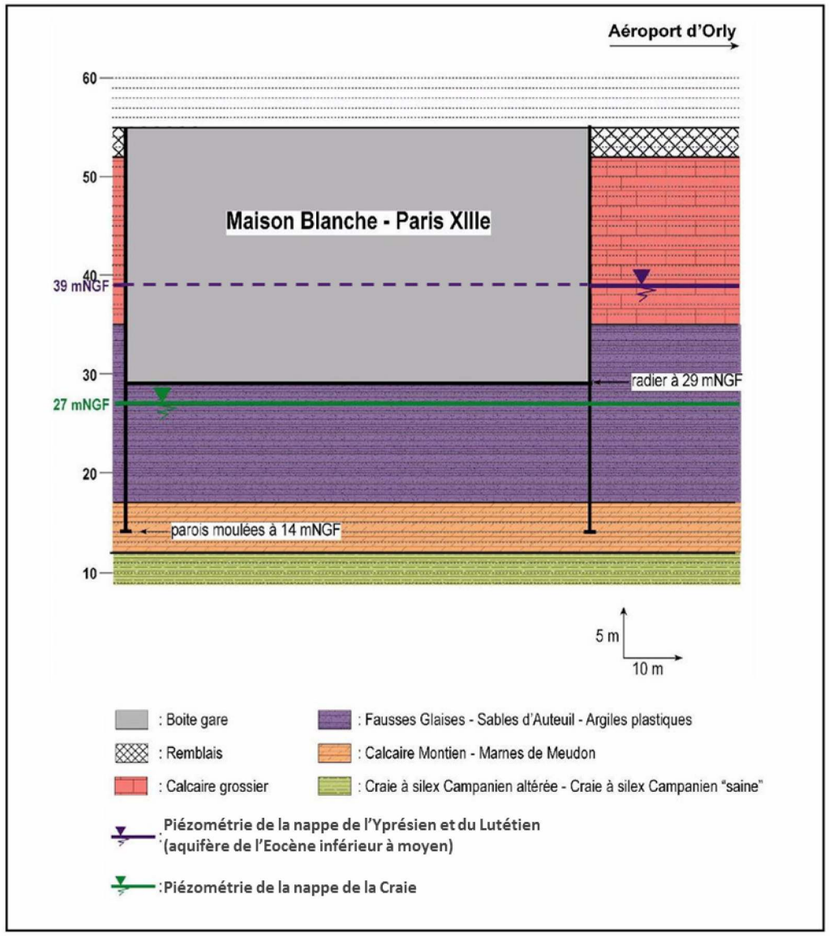
→ estimation de l'effet barrage par modélisation : effets calculés acceptables

- **Parois moulées recoupant la nappe du Montien et de la Craie**

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+55 m NGF	
Cote approximative du radier	+29 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-3 m : Remblais	Perméabilité variable
	3-19 m : Calcaires grossiers	Aquifère à perméabilité de fissure ($K = 10^{-4}$ m/s)
	19-38 m : Argiles plastiques	Très peu perméables
	38-43 m : Marnes de Meudon	Rattaché à l'aquifère de la Craie, peu perméable sous couverture tertiaire
	À partir de 43 m : Craie	
Cote approximative de la nappe	Environ 39 m NGF : nappe de l'Eocène inférieur à moyen Environ 27 m NGF : nappe du Montien et de la Craie	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement faible voire nul Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté à priori (argiles plastiques très peu perméables) Débit résiduel potentiellement faible voire nul	
Effet barrage	Effet barrage acceptable d'après les estimations issues de la modélisation	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Pollution potentielle des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Maison Blanche – Paris XIIIe

Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

Synthèse générale :

- **Gare ancrée dans les argiles plastiques de l'Yprésien**
- **Boite gare interceptant la nappe de l'Yprésien et du Lutétien**

(aquifère multicouche de l'Eocène inférieur à moyen)

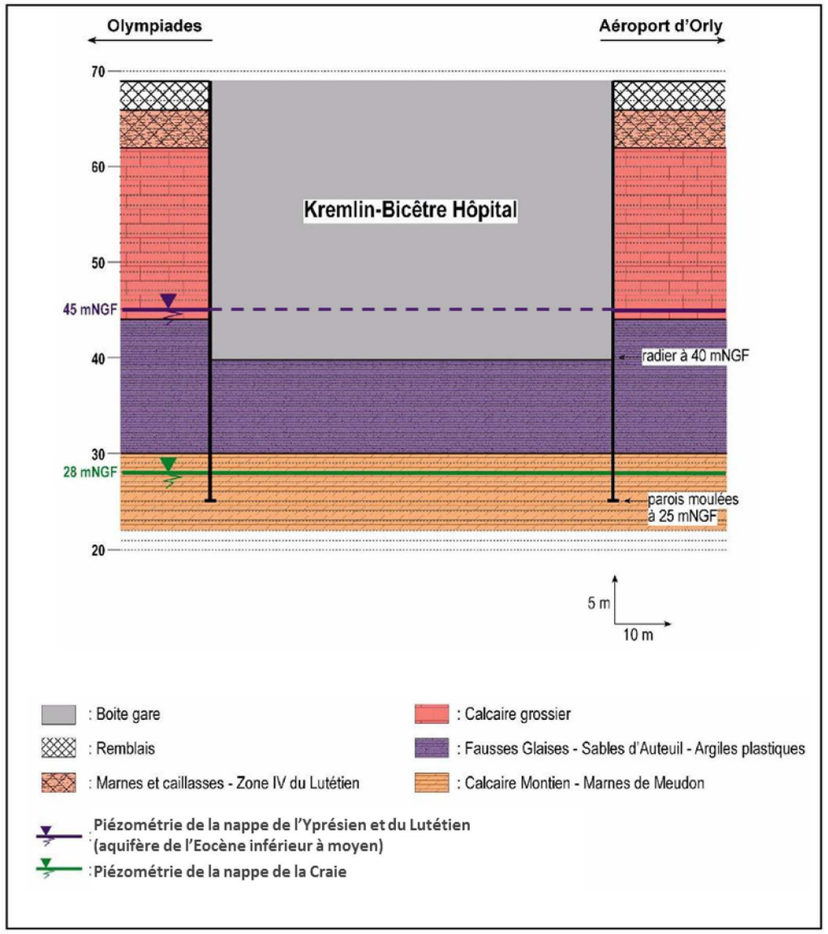
→ estimation de l'effet barrage par modélisation : effets calculés acceptables

- **Parois moulées recoupant la nappe du Montien et de la Craie**

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	Environ + 69 m NGF	
Cote approximative du radier	+40 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-3 m : Remblais	Perméabilité variable
	3-7 m : Marnes et caillasses	Semi-perméable
	7-25 m : Calcaires grossiers	Aquifère à perméabilité de fissure ($K = 10^{-4}$ m/s)
	25-39 m : Argiles plastiques et Sables de l'Yprésien	Très peu perméable
	À partir de 39m : Marnes de Meudon	Rattaché à l'aquifère de la Craie, peu perméable sous couverture tertiaire
Cote approximative de la nappe	Environ 45 m NGF : nappe de l'Eocène inférieur à moyen Environ 28 m NGF : nappe de du Montien et de la Craie	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement de la nappe du Montien et de la Craie faible Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant (argile plastiques très peu perméables) Débit résiduel nul (hors suintement au travers de la paroi moulée)	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage forte (cf. modèle)	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Pollution probable des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

Synthèse générale :

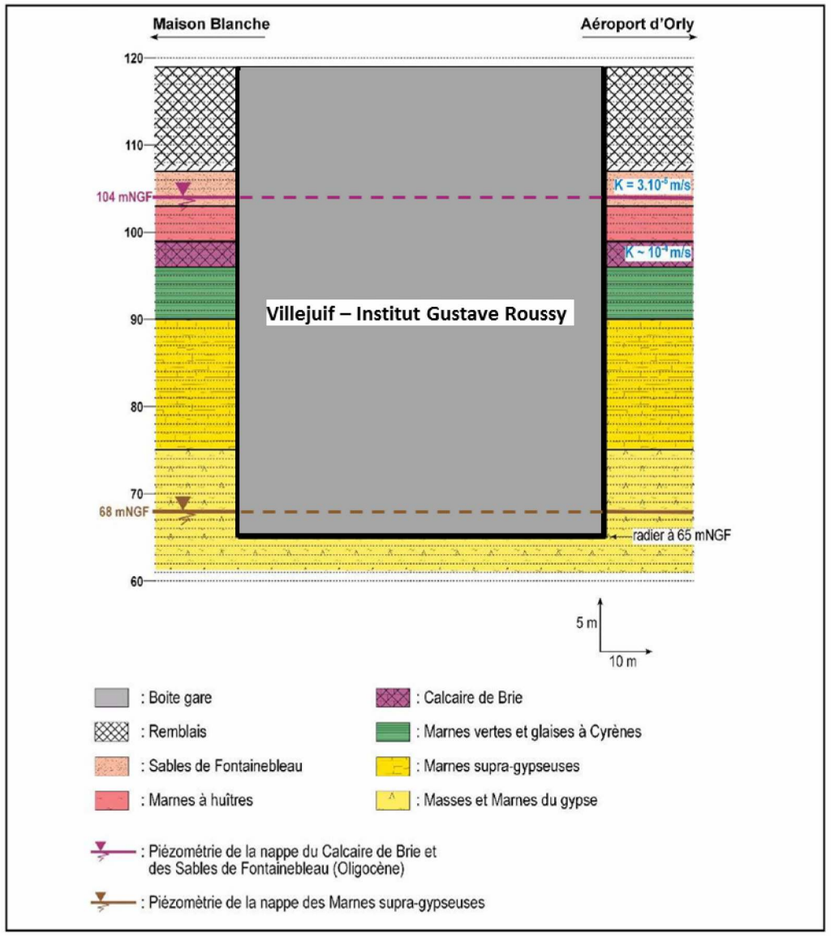
- **Gare ancrée dans les Masses et Marnes du Gypse (formation très peu perméable)**
- **Boite gare interceptant :**
  - **la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (occultation totale)**
  - **la nappe des Marnes supra-gypseuses (occultation partielle)**

→sensibilité à l'effet barrage modérée

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+119 m NGF	
Cote approximative du radier	+65 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-12 m : Remblais	Perméabilité variable
	12-16 m : Sables de Fontainebleau	Aquifère (K = 3.10^{-6} m/s)
	16-20 m : Marnes à Huîtres	Semi-perméable
	20-23 m : Calcaire de Brie	Aquifère (K = 10^{-4} m/s)
	23-29 m : Argile verte	Très peu perméable
	29-44 m : Marnes supra-gypseuses	Semi-perméable
	A partir de 44 m : Masses et marnes du gypse	Peu perméable
Cote approximative de la nappe	+104 m NGF : nappe du calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau NB : Venues d'eau potentielles depuis les Marnes supra-gypseuses et les Masses et marnes du Gypse : Niveau d'eau mesuré à +68 m NGF donc très faibles débits attendus.	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement potentiellement faible (environ 3 mètres) Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant Débit résiduel potentiellement faible	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage modérée	
Usage de l'eau **Pollution**	Nappe peu exploitée Pollution potentielle des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

Gare Chevilly "Trois Communes"

Synthèse générale :

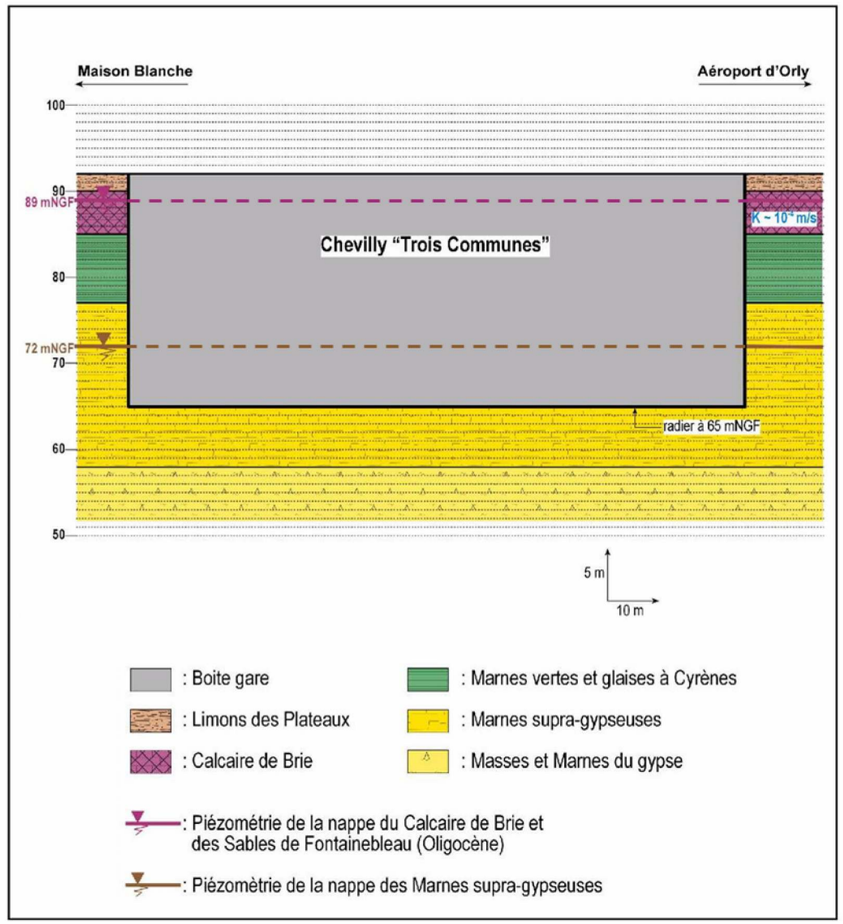
- **Gare ancrée dans les Marnes supragypseuses (formation semi-perméable dans le secteur d'étude)**
- **Boite gare interceptant :**
  - **la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (occultation totale)**
  - **la nappe des Marnes supra-gypseuses (occultation partielle)**

→sensibilité à l'effet barrage modérée

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+92 m NGF	
Cote approximative du radier	+65 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Limons des Plateaux	Peu perméables
	2-7 m : Calcaire de Brie	Aquifère (K = 10^{-4} m/s)
	7-14 m : Argile verte	Très peu perméable
	14-34 m : Marnes supra-gypseuses	Semi-perméable
	A partir de 34 m : Masses et marnes du gypse	Peu perméable
Cote approximative de la nappe	+89 m NGF : nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau NB : Venues d'eau potentielles depuis les Marnes supra-gypseuses et les Masses et marnes du Gypse : niveau d'eau mesuré à +72 m NGF donc très faibles débits attendus	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement potentiellement modéré (environ 7 mètres) Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant Débit résiduel potentiellement faible	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage modérée	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Risque faible de pollution des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Chevilly « Trois Communes »

Gare M.I.N. Porte de Thiais

Synthèse générale :

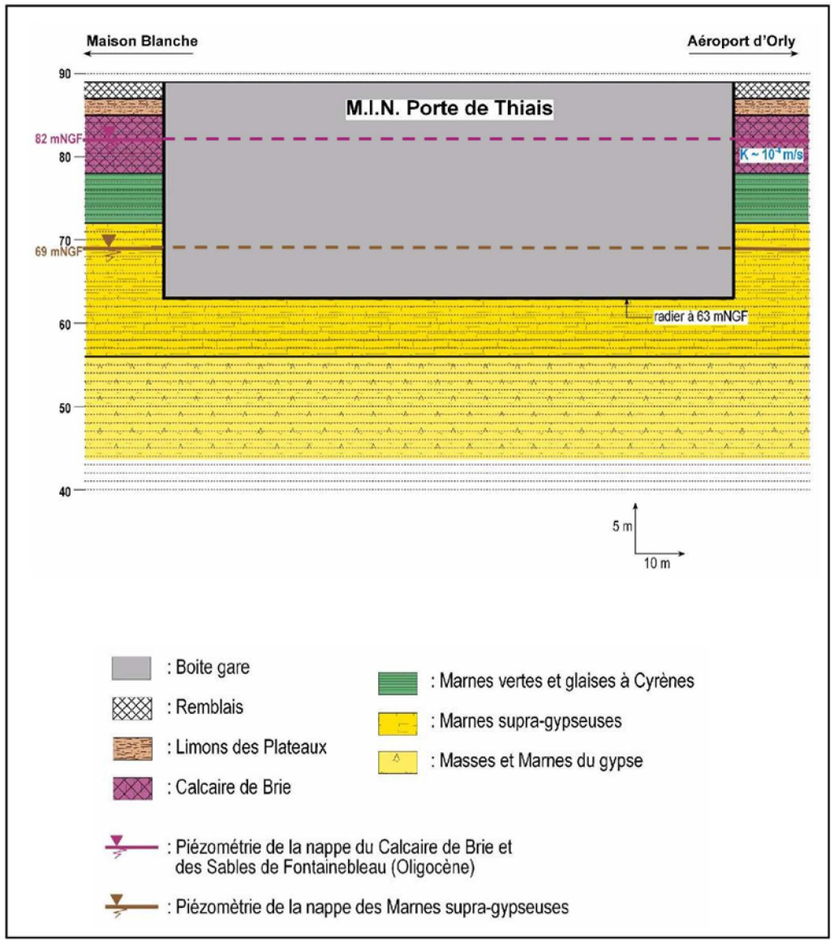
- **Gare ancrée dans les Marnes supragypseuses (formation semi-perméable dans le secteur d'étude)**
- **Boite gare interceptant :**
  - **la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (occultation totale)**
  - **la nappe des Marnes supra-gypseuses (occultation partielle)**

→sensibilité à l'effet barrage modérée

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+89 m NGF	
Cote approximative du radier	+63 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais	
	2-4 m : Limons des plateaux	Peu perméables
	4-11 m : Calcaire de Brie	Aquifère (K = 10^{-4} m/s)
	11-17 m : Argile verte	Très peu perméable
	17-33 m : Marnes supra-gypseuses	Semi-perméable
	A partir de 33 m : Masses et marnes du gypse	Peu perméable
Cote approximative de la nappe	+82 m NGF : nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau NB : Venues d'eau potentielles depuis les Marnes supra-gypseuses et les Masses et marnes du Gypse : niveau d'eau mesuré à +69 m NGF donc très faibles débits attendus	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement potentiellement modéré (environ 6 mètres) Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant Débit résiduel potentiellement faible	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage modérée	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Pollution potentielle des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare M.I.N. Porte de Thiais

Gare Pont de Rungis

Synthèse générale :

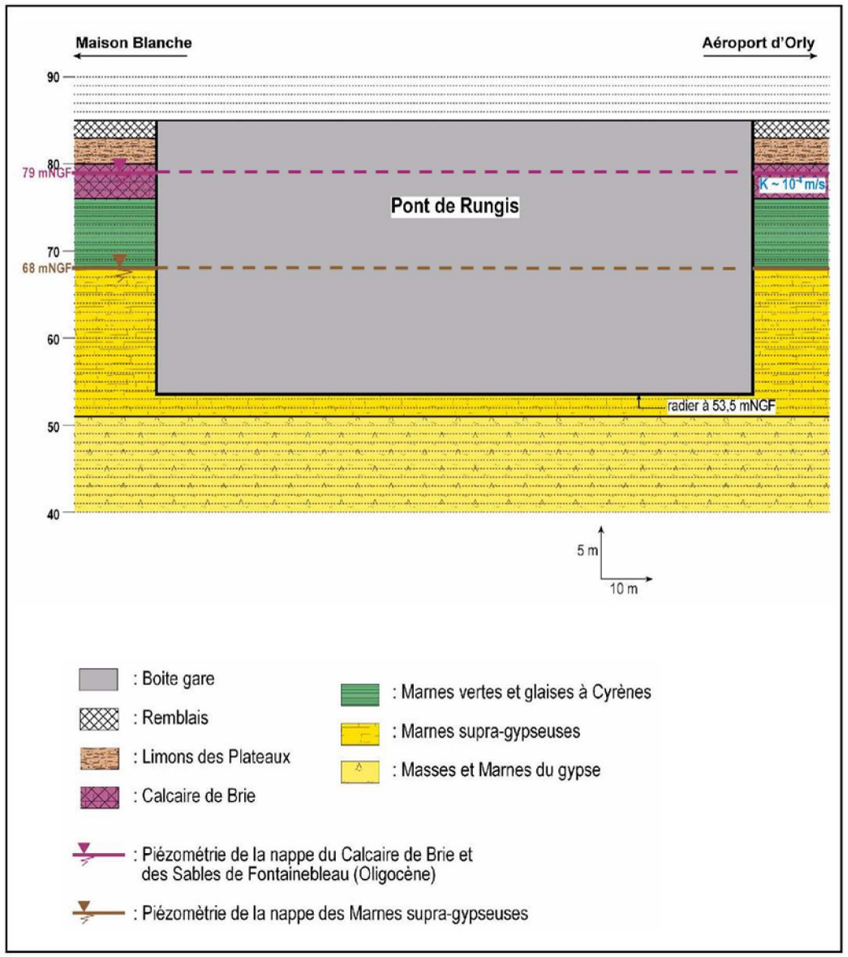
- **Gare ancrée dans les Marnes supragypseuses (formation semi-perméable dans le secteur d'étude)**
- **Boite gare interceptant :**
  - **la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (occultation totale)**
  - **la nappe des Marnes supra-gypseuses (occultation partielle)**

→sensibilité à l'effet barrage modérée

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+85 m NGF	
Cote approximative du radier	+53,5 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais	Perméabilité variable
	2-5 m : Limons des plateaux	Peu perméables
	5-9 m : Calcaire de Brie	Aquifère (K = 10^{-4} m/s)
	9-17 m : Argile verte	Très peu perméable
	17-34 m : Marnes supra-gypseuses	Semi-perméable
	A partir de 34 m : Masses et marnes du gypse	Peu perméable
Cote approximative de la nappe	+79 m NGF : nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau NB : Venues d'eau potentielles depuis les Marnes supra-gypseuses et les Masses et marnes du Gypse : niveau d'eau mesuré à +68 m NGF donc très faibles débits attendus	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement potentiellement important (environ 14 mètres) Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant Débit résiduel potentiellement faible	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage modérée	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Pollution potentielle des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Pont de Rungis

Gare Aéroport d'Orly :

Synthèse générale :

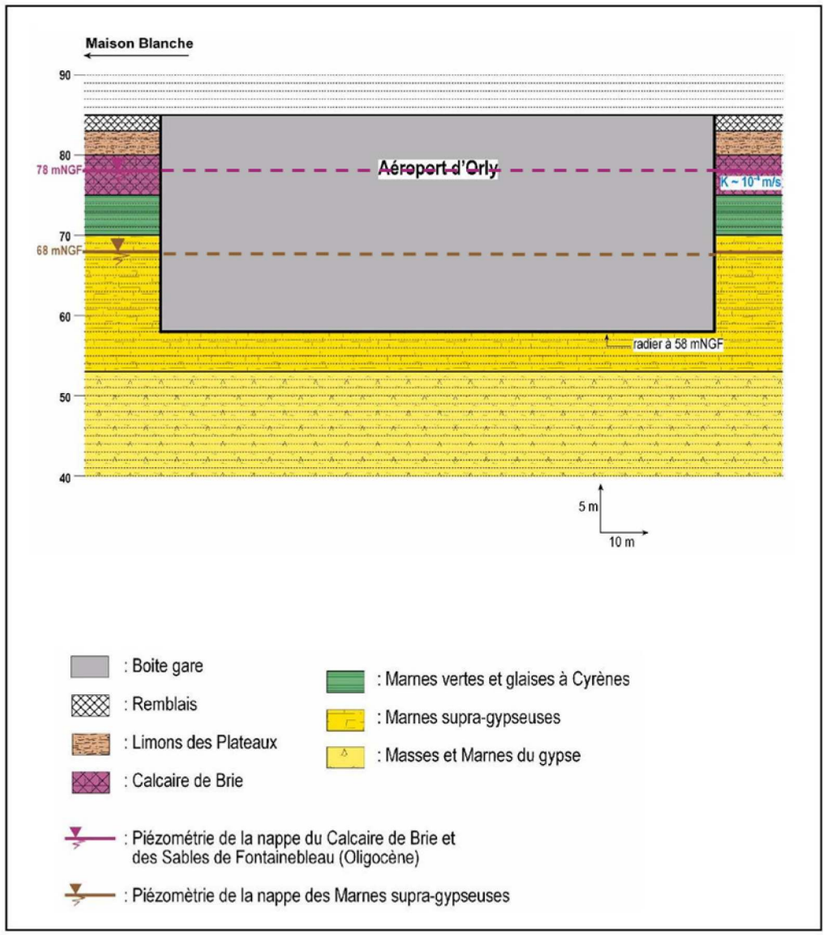
- **Gare ancrée dans les Marnes supragypseuses (formation semi-perméable dans le secteur d'étude)**
- **Boite gare interceptant :**
  - **la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (occultation totale)**
  - **la nappe des Marnes supra-gypseuses (occultation partielle)**

→sensibilité à l'effet barrage modérée

Tableau de synthèse géologique et hydrologique et contraintes associées

Cote approximative du terrain naturel	+85 m NGF	
Cote approximative du radier	+58 m NGF	
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais	Perméabilité variable
	2-5 m : Limons des plateaux	Peu perméables
	5-10 m : Calcaire de Brie	Aquifère (K = 10^{-4} m/s)
	10-15 m : Argile verte	Très peu perméable
	15-32 m : Marnes supra-gypseuses	Semi-perméable
	A partir de 32 m : Masses et marnes du gypse	Peu perméable
Cote approximative de la nappe	+78 m NGF : nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau NB : Venues d'eau potentielles depuis les Marnes supra-gypseuses et les Masses et marnes du Gypse : niveau d'eau mesuré à +68 m NGF donc très faibles débits attendus	
Rabattement nécessaire, méthode constructive et débit résiduel attendu	Rabattement potentiellement important (environ 10 mètres) Tranchée couverte, paroi moulée sans bouchon injecté si « bouchon naturel » suffisant Débit résiduel potentiellement faible	
Effet barrage	Sensibilité à l'effet barrage modérée	
Usage de l'eau	Nappe peu exploitée	
Pollution	Pollution ponctuelle en HCT avérée au Sud-est de la gare ; pollution potentiellement plus étendue des eaux souterraines	
Mesures compensatoires	Gestion des eaux pompées (pompage et rejet)	
	Mise en place de solutions de traitement des eaux pompées	
Etudes à réaliser	Etudes hydrogéologiques détaillées (dossier loi sur l'eau, vérification du gradient hydraulique, détermination du débit d'exhaure en phase chantier)	

Coupe géologique au droit de la gare



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, Coupes ARCADIS - Novembre 2013 - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Fiche de synthèse hydrogéologique – Gare Aéroport d'Orly

3.2.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'hydrogéologie

Le projet prévoit la construction d'ouvrages étanches aux eaux souterraines (tunnel, gares, ouvrages de sécurité…). L'infrastructure ne nécessite pas de rabattement d'eaux souterraines.

En phase d'exploitation, le projet ne présente pas d'impact sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Deux types d'impacts sont potentiels en phase d'exploitation :

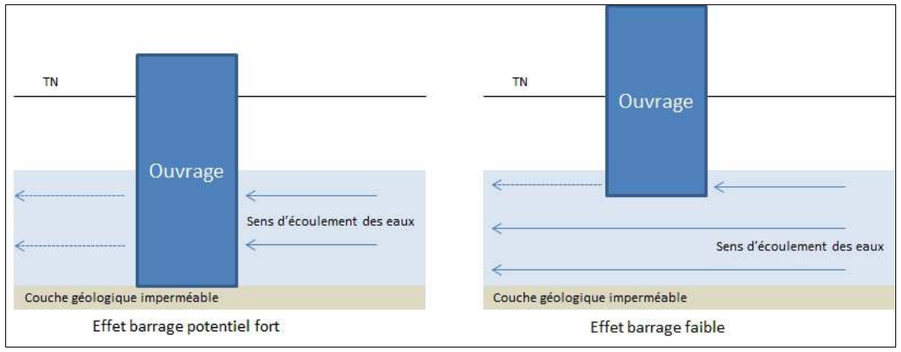
- L'effet barrage lié à la présence d'ouvrages souterrains importants,
- La gestion des eaux d'infiltration dans l'infrastructure.

3.2.2.1. L'effet barrage lié à l'infrastructure souterraine

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 « effet barrage » est dépendant :

- Du sens d'écoulement des nappes d'eau souterraines : l'effet barrage maximal est induit lorsque l'ouvrage souterrain est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe interceptée ;
- Du 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.



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par l'insertion d'un ouvrage occultant une nappe

De manière générale, lorsqu'un effet barrage est constaté, il peut en résulter :

- Une élévation de la piézométrie en amont de l'ouvrage
- Un abaissement de la piézométrie en aval de l'ouvrage

Compte tenu de son diamètre extérieur d'environ 9 mètres, le tunnel est susceptible de faire obstacle à l'écoulement des nappes d'eau souterraines.

Le tracé de la Ligne 14 Sud ne change pas de direction d'orientation et est orienté du Nord vers le Sud sur tout son linéaire. Sur la base du profil en long de l'ouvrage souterrain, du travail de synthèse des données piézométriques disponibles en Ile-de-France, des conclusions de la mission G11 et de la campagne piézométriques menées par la Société du Grand Paris, les principales réactions des eaux souterraines à la mise en œuvre du tunnel ont pu être évaluées et cartographiées.

Section de tunnel	***Nappes concernées (Aquifère)***	***Sens d'écoulement***	***Epaisseur de nappe***	***Pourcentage d'occultation***	***Effet Barrage potentiel***
Olympiade – OA Marcel Sembat	Nappe des Calcaires Grossiers *(Eocène Moyen et Inférieur)*	D'ouest en est de manière globale diagonal au tunnel	Environ 10m	De 0 à presque 100 % suivant le secteur (100 % entre Kremlin-Bicêtre Hôpital et l'OA Marcel Sembat)	Potentiellement fort
		Propriété très locale à Kremlin-Bicêtre Hôpital, du sud-est au nord-ouest, diagonal au tunnel			
Secteur Maison Blanche – Paris XIIIe	Nappe des Sables de l'Yprésien *(Eocène Moyen et Inférieur*	Du sud-ouest au nord-est, diagonal au tunnel	Moins de 15m	De 50 à 70% très localement	Modéré
OA Marcel Sembat - Villejuif Institut Gustave Roussy	Nappes du marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp *(Eocène Supérieur)*	D'ouest en est, diagonal au tunnel	Environ 10m	Obstruction total sur moins de 10m Pas très faible ailleurs	Faible
Villejuif Institut Gustave Roussy – Aéroport d'Orly	Nappes des marnes supra-gypseuses *(Oligocène)*	Ecoulement parallèle au tunnel	Environ 20m	De 20 à 50 %	Faible
		Ecoulement parallèle Aux gares			Modéré

Évaluation de l'effet barrage par une approche qualitative

À ce stade d'avancement des études, il peut être conclu les éléments suivants :

Entre la station Maison Blanche – Paris XIIIe et l'OA Marcel Sembat, le tunnel ainsi que les gares semblent avoir une incidence potentielle modérée sur les écoulements souterrains. Les nappes des Sables de l'Yprésien et des Calcaires Grossiers sont en effet diagonales au tunnel, dans des épaisseurs de nappes relativement faibles.

Les points particuliers sont les suivants :

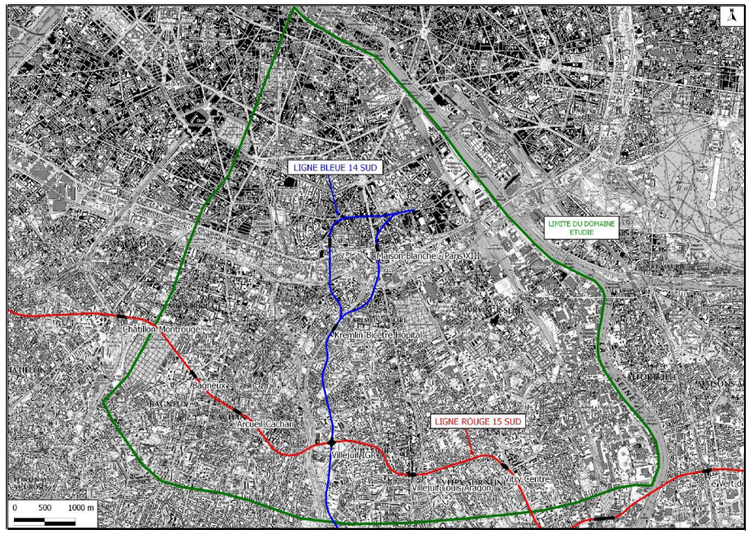
- Le secteur de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe est en interaction avec la nappe de l'Yprésien. Sur cette section, la nappe est captive, piégée entre le toit des Marnes de Meudon et les argiles plastiques, tous deux considérés comme imperméables.

- Le secteur compris entre Maison Blanche – Paris XIIIe et l'OA Marcel Sembat, où le tunnel, les gares et les OA traversent la nappe du Calcaire Grossier.

- Entre Villejuif Institut Gustave Roussy et le SMR Morangis, le sens d'écoulement des eaux souterraines est parallèle au tunnel. De plus, la nappe des Sables de Fontainebleau en interaction avec le projet est épaisse de plus de 20mètres. Les gares sont situées dans la nappe des Sables de Fontainebleau.

Ce premier état des lieux a conduit la Société du Grand Paris a lancé l'élaboration d'une modélisation hydrogéologique, auprès d'un bureau d'étude spécialisé, sur le secteur Nord du tracé, au niveau de l'aquifère de l'Éocène Moyen et Inférieur, c'est-à-dire pour les nappes des Calcaires Grossiers et des Sables de l'Yprésien.

Modélisation hydrogéologique de l'effet barrage sur la partie Nord de la ligne 14 Sud :



Représentation de la zone modélisée (en verte)

Nota : Bien que représentée sur la carte ci-dessus, la variante Nord Place de Rungis – Paris XIIIe n'a pas été prise en compte dans les travaux de la modélisation.

Les travaux ont permis de modéliser les écoulements souterrains en trois dimensions, suivant un régime permanent et un régime transitoire.

La figure ci-dessous présente le schéma conceptuel hydrogéologique paramétré au sein du modèle, reflétant au plus près les conclusions de la mission G11 et de la campagne piézométrique.

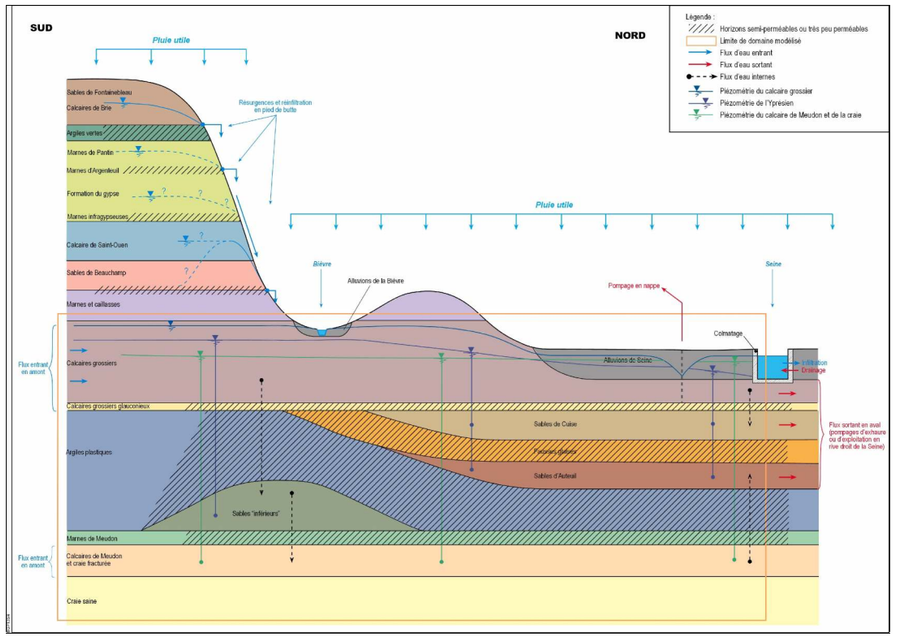


Schéma hydrogéologique conceptuel

L'ensemble des paramètres piézométriques des aquifères a servi de base. Aussi, pour une approche globale du contexte, le lecteur se référera à l'état initial de l'environnement.

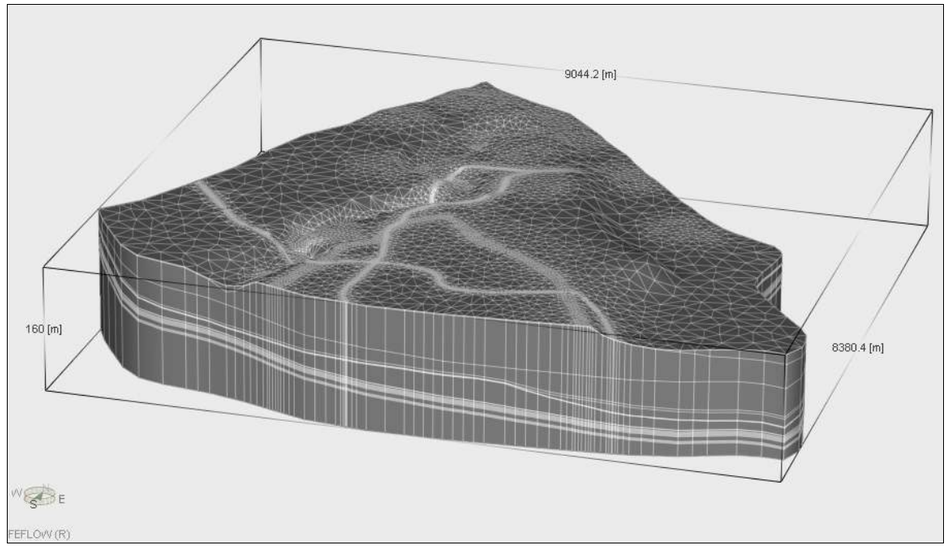
Le maillage du modèle hydrogéologique a été construit en se calant sur les grandes structures comprises dans les limites d'étude, à savoir le lit mineur de la Seine, de la Bièvre, le tracé, les gares, ainsi que la surface de ré-infiltration de la pluie utile sur les coteaux de la butte de Villejuif. Le maillage a pris également en compte, dès sa création, la position des puits et forages exploitant les aquifères. Le maillage a été affiné le long de la Ligne 14 Sud et devient progressivement plus grossier en s'éloignant de ces éléments.

Au moins une couche numérique a été utilisée pour chaque unité géologique. Afin de représenter les différents faciès lithologiques des calcaires grossiers, des formations de l'Yprésien et du marno-calcaire de Meudon, chacun des faciès a été représenté individuellement.

Le modèle numérique initial qui a servi au calage des paramètres hydrodynamiques comporte ainsi 12 couches, pour environ 255 000 éléments triangulaires. Pour les simulations, le modèle a dû être discrétisé :

- Horizontalement pour représenter l'épaisseur des parois moulées,
- Verticalement afin de représenter le passage du tunnel dans les différentes couches géologiques ainsi que l'ancrage des parois moulées des différentes gares. En fonction des simulations (phase chantier ou phase définitive), le modèle comporte 21 couches, pour environ 470 000 éléments ou 18 couches pour 380 000 éléments.

La figure ci-dessous présente le maillage du modèle hydrogéologique ainsi construit.



Représentation du modèle créé (source : BURGEAP)

Le modèle a ensuite été calé/calibré suivant deux approches distinctes permettant une étude en régime « classique » (régiment permanent) et en régime « exceptionnel » (régime transitoire) :

- Régime permanent : Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire l'allure de la piézométrie de référence établie pour les nappes du Lutétien, de l'Yprésien et des calcaires de Meudon et de la Craie, ainsi que les valeurs des mesures piézométriques ponctuelles réalisées dans ces formations dans le cadre de la mission G11.

- Régime transitoire : Le calage du modèle en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire les transmissions d'onde de crues de Seine dans l'aquifère, qui ont été enregistrées en bordure de Seine.

À l'issue du calage du modèle en régime transitoire, ont été simulées les réponses piézométriques des aquifères aux crues de récurrence décennale et centennale de la Seine. Il ressort de cette simulation que les amplitudes de l'onde de crue transmise dans les aquifères au droit du projet sont au maximum de l'ordre de la dizaine à la vingtaine de centimètres, y compris pour la crue centennale. Cette faible amplitude résulte en particulier d'une distance relativement élevée entre la Seine et le projet.

La modélisation réalisée a permis l'élaboration de cartographies présentant les éventuels effets barrage des ouvrages gares situés sur la partie Nord de la ligne 14 Sud.

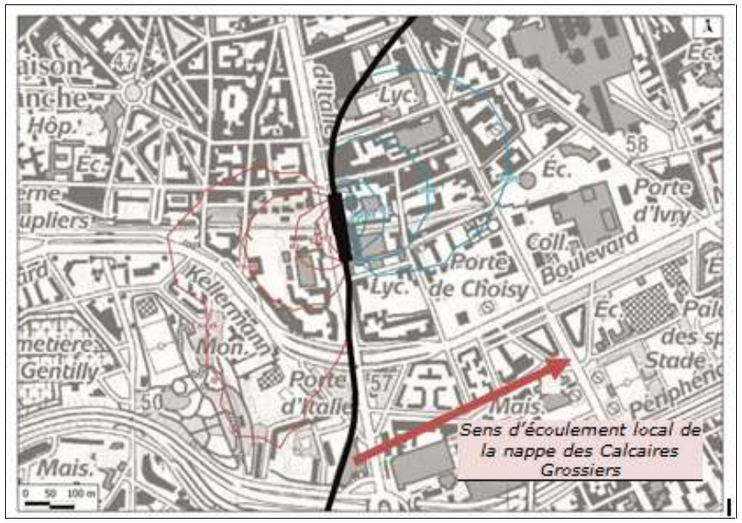
Les figures ci-dessous présentent les courbes d'isorabattement[9] et d'isorelèvement[10] résultant de la présence du tunnel et des gares au sein de la nappe des calcaires grossiers.

[9] *Isorabattement : abaissement de la piézométrie locale (valeurs négatives, en bleu sur les figures)*
[10] *Isorelèvement : élévation de la piézométrie locale (valeurs positives, en rouge sur les figures)*

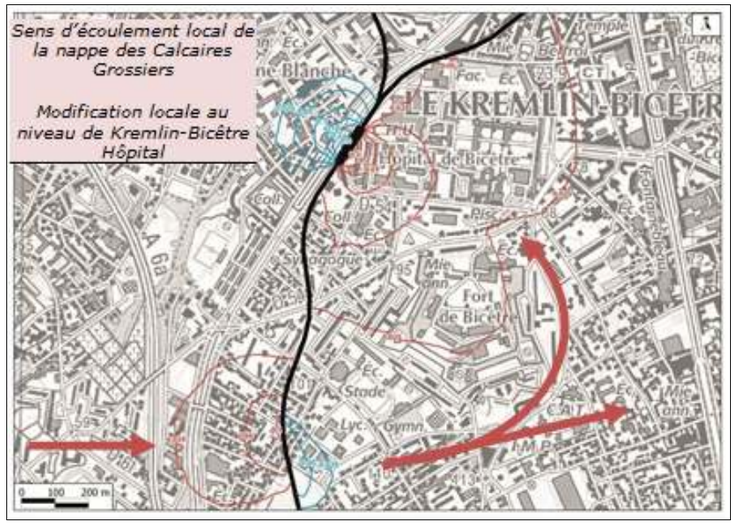
Les impacts piézométriques en phase définitive sont donc les suivants :

Secteur de la gare de Maison Blanche Paris XIII : les isorelèvements amont et isorabattements aval sont de l'ordre de la vingtaine de centimètres au maximum,

Secteur de la gare du Kremlin-Bicêtre : les isorelèvements et isorabattements sont de l'ordre de la trentaine de centimètres au maximum.



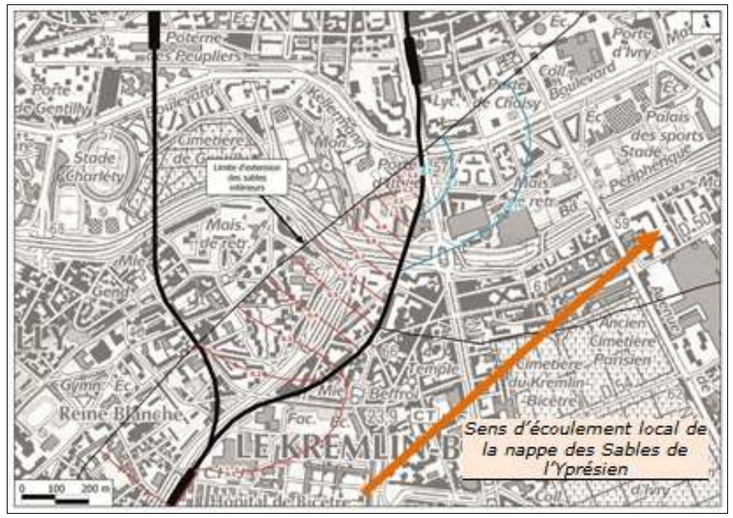
Piézométrie de la nappe des Calcaires Grossiers avec le tunnel et la gare Maison Blanche – Paris XIIIe en situation courante



Piézométrie de la nappe des Calcaires Grossiers avec le tunnel, la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital et de l'OA Marcel Sembat en situation courante

La figure ci-dessous présente les courbes d'isorabattement et d'isorelèvement résultant de la présence du tunnel et des gares au sein de la nappe des Sables de l'Yprésien.

Sur le domaine d'existence des sables inférieurs, les isorelèvements sont au maximum de l'ordre 1,3 m. Les isorabattements sont, quant à eux, au maximum de l'ordre de 0,3 m. Cet écart important entre isorelèvement et isorabattement est lié à la structure des sables, qui se biseautent vers le nord, et à la géométrie du projet,



Piézométrie de la nappe des Sables de l'Yprésien avec le tunnel et la gare Maison Blanche – Paris XIIIe en situation courante

Enfin, concernant la nappe des calcaires de Meudon et de la craie, l'impact piézométrique est à peu près nul (de l'ordre de quelques millimètres à proximité de la gare du Kremlin-Bicêtre) puisque le projet est en interaction faible avec cette dernière.

La modélisation a porté sur les situations normales, sur les hautes eaux et en phase de crue.

En conclusion, s'agissant du tunnel :

L'effet barrage lié au projet sur les nappes des calcaires grossiers est considéré comme faible, de l'ordre de 20 à 30 cm, soit un impact inférieur à l'ordre de grandeur du battement moyen de la nappe (50 cm à 1 m), et limité géographiquement, à proximité des gares essentiellement.

L'effet barrage lié au projet sur les nappes des Sables de l'Yprésien inférieur est considéré comme modéré, de l'ordre du mètre au maximum. Toutefois, le niveau de la nappe des sables inférieurs est nettement plus profond et surtout, cette nappe est captive et isolée de la nappe des calcaires grossiers par l'épaisse couche d'argiles plastiques. Le relèvement de 1 mètre dans les sables n'est pas particulièrement sensible, aucune cible susceptible d'être directement affectée par ce relèvement n'a été identifiée. Ces sables constituent une couche qui peut présenter des variations de compressibilité en fonction de la charge d'eau, à cette échelle, ces effets de tassement relèvement seront négligeables et sans conséquences.

L'effet barrage lié au projet sur la nappe des calcaires de Meudon et de la craie est nul.

En conclusion, s'agissant des gares :

L'effet barrage au niveau des gares de Maison Blanche – Paris XIIIe et Kremlin-Bicêtre Hôpital est considéré comme modéré à fort, en raison de la traversée des nappes par les boites gare. Il résulte à la fois des propriétés des nappes souterraines, mais également du positionnement des gares, diagonal au sens des écoulements.

Compte tenu de la profondeur de la nappe au niveau de la gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital, ce relèvement ne devrait avoir aucune conséquence. Aucune mesure particulière ne s'impose.

Au niveau de Maison Blanche – Paris XIIIe, la nappe est moins profonde mais le relèvement calculé est faible et paraît tout à fait acceptable. La Société du Grand Paris prévoit à ce stade de surveiller les niveaux de nappe lors des travaux avec des piézomètres.

Par extrapolation, et en fonction des caractéristiques des nappes des Sables de Fontainebleau et de Marnes Supragypseuses et du positionnement des gares, l'effet barrage est potentiellement modérés pour les gares sur le linéaire au Sud de Villejuif Institut Gustave Roussy.

En effet :

- La nappe des Sables de Fontainebleau, bien que productive, présente une épaisseur de 15 à 20m dans les secteurs en interaction avec le projet,
- La nappe des Marnes Supragypseuses, quant à elle peu productive, n'est que très parcellement occultée par les gares de la Ligne 14 Sud.
- Ces deux nappes montrent des sens d'écoulement parallèle à la Ligne 14 Sud et donc s'opposent aux boites gares sur leur largeur, soit sur seulement 25m.

Mesures d'accompagnement :

- **Réalisation de nouvelles modélisations plus approfondies** sur la base des études à venir (Avant-Projet AVP). Elles permettront de mesurer les niveaux exacts attendus sur les niveaux piézométriques avec les caractéristiques finalisées pour les ouvrages.
- **Mise en place d'un suivi piézométrique** dans les secteurs sensibles du Nord du tracé pendant le début d'exploitation afin de s'assurer du maintien des niveaux d'eaux souterraines à proximité des ouvrages.

3.2.2.2. La gestion des eaux d'infiltration dans l'infrastructure

Comme indiqué précédemment, les procédés de mise en œuvre présentés des ouvrages permettent de rendre « quasiment » imperméable les boîtes gares. D'éventuelles infiltrations résiduelles à travers la structure sont néanmoins possibles.

Ces eaux seront récupérées au niveau des points bas de l'infrastructure, dans le tunnel ou au niveau des ouvrages.

Ces volumes résiduels seront évalués de manière détaillée dans le cadre de la phase suivante, sur la base des études conduites par le futur maître d'œuvre qui aura en charge les études d'Avant-Projet (AVP). Ces éléments seront présentés dans le cadre du Dossier Loi sur l'Eau qui sera élaboré pour la ligne 14 Sud.

A l'image de la mesure proposée en phase chantier, la Société du Grand Paris mènera l'ensemble des études nécessaires en phase post-DUP permettant :

- **De définir les volumes d'eau résiduels d'infiltration** au sein des ouvrages (tunnel, gares, OA). Le but sera de proposer une gestion adaptée permettant l'évacuation de ces dernières,

- **De définir, en conformité avec la nomenclature Loi sur l'Eau, les points de rejets des eaux d'exhaure**. Cette gestion sera définie en prenant en compte les orientations qui visent à privilégier dans un 1er temps la réinjection des eaux dans la nappe, dans un 2nd temps vers le milieu naturel et enfin vers les réseaux locaux existants.

- **Cette gestion prendra également le niveau de pollution de ces eaux**, défini sur la base des données bibliographiques disponibles et sur les résultats des sondages qui seront conduits par la Société du Grand Paris.

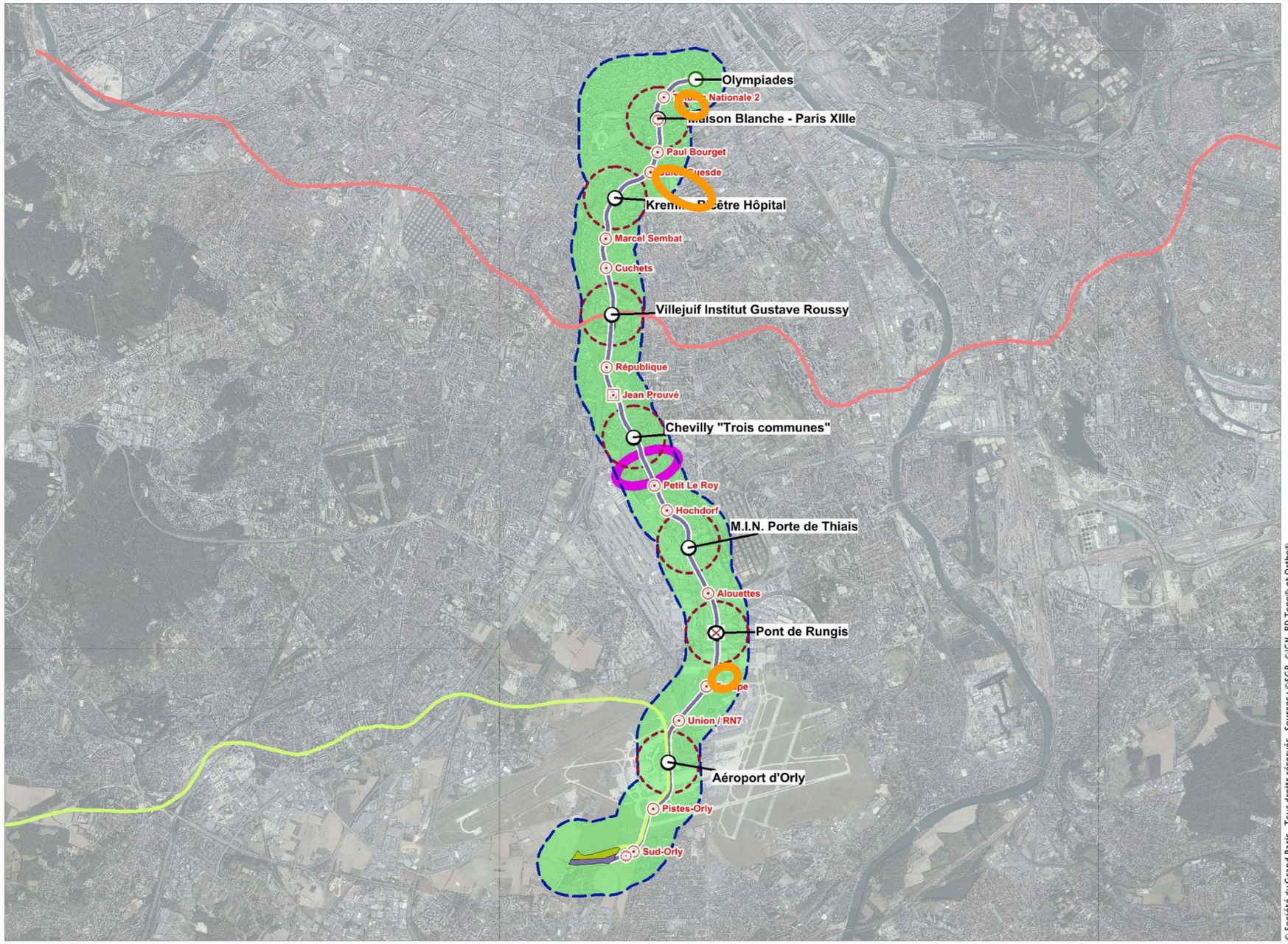
Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est identifié.

Mesures de compensation aux effets résiduels

Les mesures de compensation des effets résiduels ne sont pas définissables à ce stade de l'étude.

Zones d'interaction potentielles en termes d'usages d'eaux souterraines



Nouveau Grand Paris - Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades -
Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Gares
- Gare existante
- Gare avec puits d'attaque et de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes
- Puits d'attaque de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits de sortie de tunnelier
- Emprise du SMR de la ligne 14 Sud
- Emprise potentielle du SMR Ligne 18 (verte) - ouvrage étudié dans le cadre du projet Ligne 18 (verte)
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares

Interactions Ligne 14 Sud et ouvrages souterrains

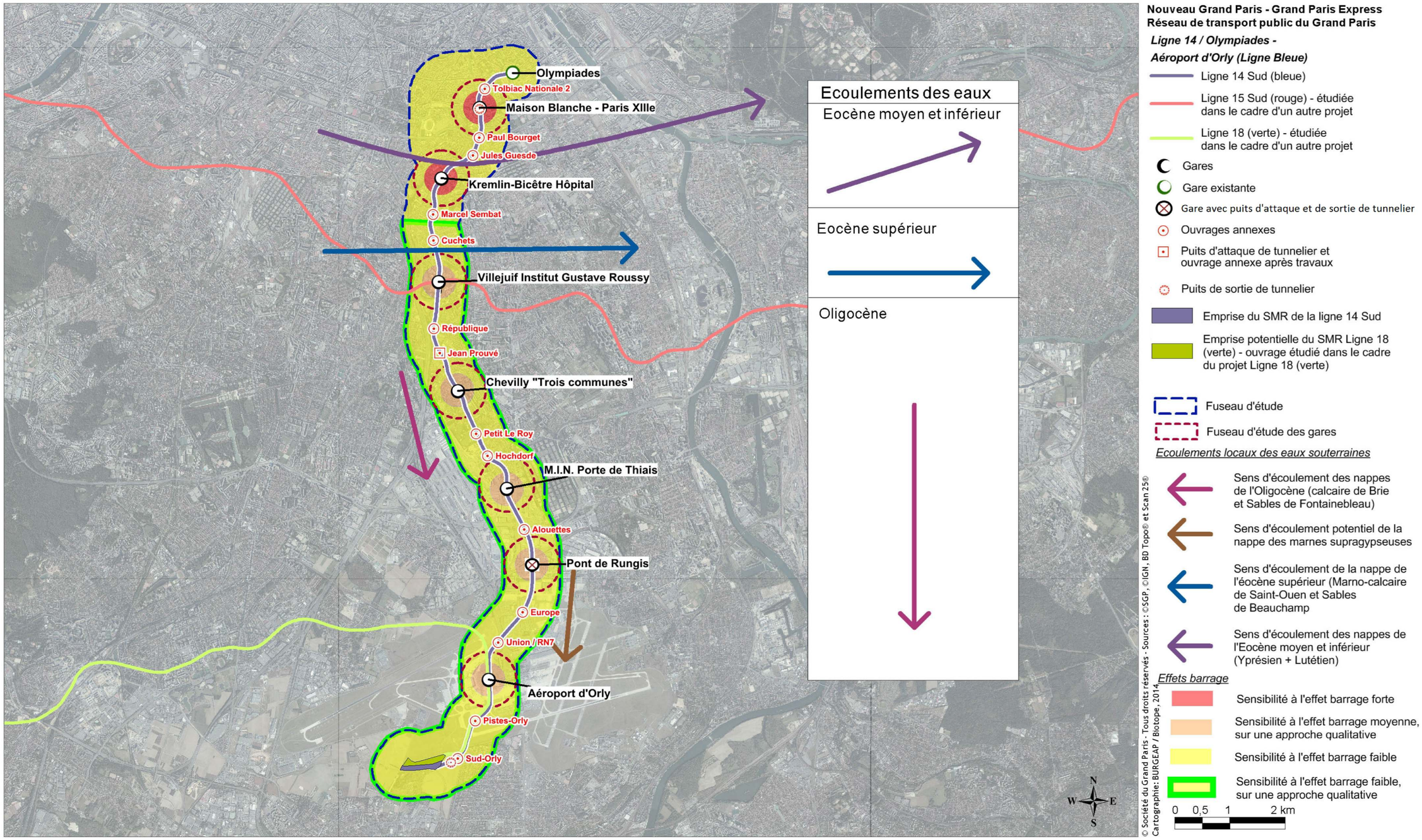
- Zones sans interaction apparente (absence d'ouvrages souterrains)
- Zones de proximité entre la Ligne 14 Sud et les ouvrages géothermiques profonds (Dogger)
- Zones de proximité entre la Ligne 14 Sud et les ouvrages industriels peu profonds

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

0 0,5 1 2 km

N W E S

Sensibilité à l'effet barrage au droit du projet



3.2.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse au risque géologique

3.2.3.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Creusement du tunnel au tunnelier	Intégré au coût des travaux
Mise en œuvre de méthodes constructives avec parois moulées et assèchement du fond de fouille	Intégré au coût des travaux, précisés ci-dessous
Quantifier l'impact des débits d'eau résiduels au sein des « boites gare » et rejet des eaux d'exhaure ;	Intégrés au coût des études à venir : conception AVP, Etudes Loi sur l'Eau

Les mesures sont directement liées aux techniques constructives.

En ce qui concerne les mesures d'évitement, les prix unitaires suivants peuvent être donnés à titre indicatif :

- Le m² de paroi moulée supplémentaire : environ 500 € HT,
    - pour une gare de 60 m de long et de 40 de large, un mètre de paroi moulée supplémentaire représente 200 m², soit un coût de 100 000 euros HT,
    - pour un puits d'aération du surface carrée de 20 de côté, un mètre de paroi moulée supplémentaire représente 80 m², soit un coût de 40 000 euros HT
- Le m² de fond injecté : environ 400 € HT,
    - Pour la gare ci-dessus, le fond injecté représente un coût de 960 000 euros HT (2400 m² de surface),
    - Pour le puits ci-dessus, le fond injecté représente un coût de 160 000 euros HT (1600 m² de surface)
- Forage d'injection : 1500 € HT / ml, un forage de 45 ml coûte environ 67 500 euros HT
- Système de traitement au charbon actif pour traiter les COHV par exemple : environ 3500 € HT/ tonne permettent de traiter 50 à 150 kg de polluant en moyenne,
- Pose de piézomètre tubé et fermé : 300 € HT / ml,
- Suivi piézométrique mensuel sur un an (12 mesures sur 4 à 5 piézomètres) : 8 000 € HT,

Suivi hebdomadaire sur un an (50 mesures sur 4 à 5 piézomètres) : 27 000 € HT.

3.2.3.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Quantifier les débits d'eau résiduels au sein des « boites gare » et les points de rejets des pompages	intégrés au coût des études à venir : conception AVP, Etudes Loi sur l'Eau
Réalisation de modélisation approfondie	Environ 20 000 euros par secteur
Quantifier les débits d'eau résiduels au sein des « boites gare » et les points de rejets des pompages	intégrés au coût des études à venir : conception AVP, Etudes Loi sur l'Eau
Suivi de la piézomètrie	Quelques milliers d'euros par site

3.2.4. Synthèse des impacts sur l'hydrogéologie

Eléments concernés	*Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial*	*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*
Construction du tunnel	Ensemble de la ligne 14 Sud		Tunnel	Modifications du fonctionnement des nappes d'eaux souterraines liées à la phase de construction	Faible	• **Technique du tunnelier** qui évite tout rabattement de nappe et de tout pompage		
Construction des ouvrages	Ensemble de la ligne 14 Sud		Gares, ouvrages…	Modifications du fonctionnement des nappes d'eaux souterraines liées à la phase de construction	Faible	• **Technique des parois moulées** qui permet d'assurer l'étanchéité de la boite et d'éviter tout rabattement de nappe et de tout pompage		
Effet barrage liés aux ouvrages souterrains	Enjeu plus important dans la partie Nord de la ligne 14 Sud		Tunnel, gares	Modifications de la piézométrie de part et d'autre des ouvrages	Faible pour les gares situées au Sud de la ligne 14 Sud Modéré à fort pour les gares de Maison Blanche XIIIè et de Kremlin Bicêtre Hôpital Faible à modéré pour le tunnel suivant les nappes traversées	• **Élaboration d'un modèle** pour évaluer la sensibilité des impacts potentiels • **Élaboration de modélisations plus approfondies** sur la base des études Avant-Projet • **Mesures de suivi** de la piézométrie pendant le début de l'exploitation	néant	néant
Gestion des eaux résiduelles	Ensemble de la ligne 14 Sud		Tunnel, gares, ouvrages…	Infiltration d'eaux souterraines dans les ouvrages – gestion à assurer	Faible : faibles volumes d'infiltration	• **Gestion adaptée :** volumes à estimer, pollution à caractériser, exutoire adapté		
Remontée de nappe	Section Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy		Ouvrages émergents + bases chantier	Inondation par remontée de nappes des installations de chantier : Fort au niveau des ouvrages suivants : OA TN2, Maison Blanche – Paris XIIIe, OA Paul Bourget, OA Jules Guesde, OA Pistes-Orly, OA Sud-Orly	Faible	• **Arrêt des travaux en cas de remontée des eaux souterraines**		
	Section Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis				Pas d'impact	Pas de mesure nécessaire		
	Section Pont de Rungis – SMR Morangis				Faible	• **Arrêt des travaux en cas de remontée des eaux souterraines**		

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

3.3. 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).

3.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol

3.3.1.1. Impacts sur les 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 supérieur à 50m.

Un seul ouvrage superficiel est directement concerné par le passage de canalisations GRT Gaz Haute Pression. Il s'agit GRT Gaz de diamètre 300mm de Chevilly-Larue, de profondeur 0.75m par rapport au TN.

Cet ouvrage s'implante à environ 350m de la gare Chevilly « Trois communes » et de l'OA Petit Le Roy. Au regard de la distance séparant la gare et l'ouvrage d'annexe du réseau GRT Gaz, **la sensibilité est considérée comme nulle.**

Cet ouvrage se situe à environ 15m au-dessus de la cote du toit du tunnel. Cette distance est relativement importante, c'est pourquoi **la sensibilité du projet sur la canalisation de transport de gaz est considérée comme faible.**

3.3.1.2. Impacts sur les canalisations de transport de pétrole

Plusieurs canalisations de transport et distribution d'hydrocarbures sont identifiées au niveau de l'aéroport Orly et des emprises au sud de ce dernier.

Il s'agit :

- <u>De la canalisation TRAPIL</u> (pipeline Gargenville-Coignières-Orly) de diamètre 508 mm. Cette canalisation s'observe au sud des emprises de l'Aéroport, aux abords de l'aqueduc de la Vanves et du Loing.

  Cette canalisation s'implante à environ 80m NGF, soit environ 11m au-dessus de la cote du toit du tunnel.

Suivant l'article GN1 du règlement national de sécurité associée au réseau TRAPIL (et rappelé ci-dessous), le tunnel s'implante dans un rayon de plus de 10m et de moins de 205 m autour de la canalisation.

Caractéristiques	***Zones justifiant des restrictions en matière de développement de l'urbanisme***		***Zone justifiant vigilance et information***
	Zone permanente d'interdiction de toutes nouvelles constructions ou extensions d'IGH et d'ERP susceptibles de recevoir plus de 100 personnes	Zone intermédiaire où des restrictions de construction ou d'extension d'IGH et d'ERP susceptibles de recevoir plus de 100 personnes existent	
Diamètre 508 mm	10 m	205 m	260 m

Restrictions en matière de développement urbain pour la canalisation TRAPIL (Source : PLU de Paray-Vieille-Poste)

Il s'agit d'une zone où des restrictions de construction d'un ERP recevant plus de 100 personnes existent. Hors, selon l'article GN1 du règlement national de sécurité, seules les gares de la Ligne 14 Sud sont considérées comme ERP ; le tunnel n'y est pas identifié comme ERP.

<u>Nota</u> :

Le réseau TRAPIL fait également l'objet d'une servitude (I1 bis), servitude relative à la construction et à l'exploitation de pipelines par la société d'économie mixte des transports pétroliers par pipelines (TRAPIL).

Les réglementations concernant cette servitude sont :

- *Loi n°49.1060 du 2 août 1949 modifié par le loi n°51.712 du 7 juin 1951 ;*
- *Décret n°50.836 du 8 juillet 1950 modifié par le décret n°63.82 du 4 février 1963.*

Les réglementations concernent les aspects liés à l'occupation du sol et non du sous-sol. Toutefois, pour « tous travaux envisagés sur les terrains concernés par le passage des ouvrages d'hydrocarbures ou à proximité, il est nécessaires de réaliser une consultation des services du gestionnaires intéressé » (DICT, DT).

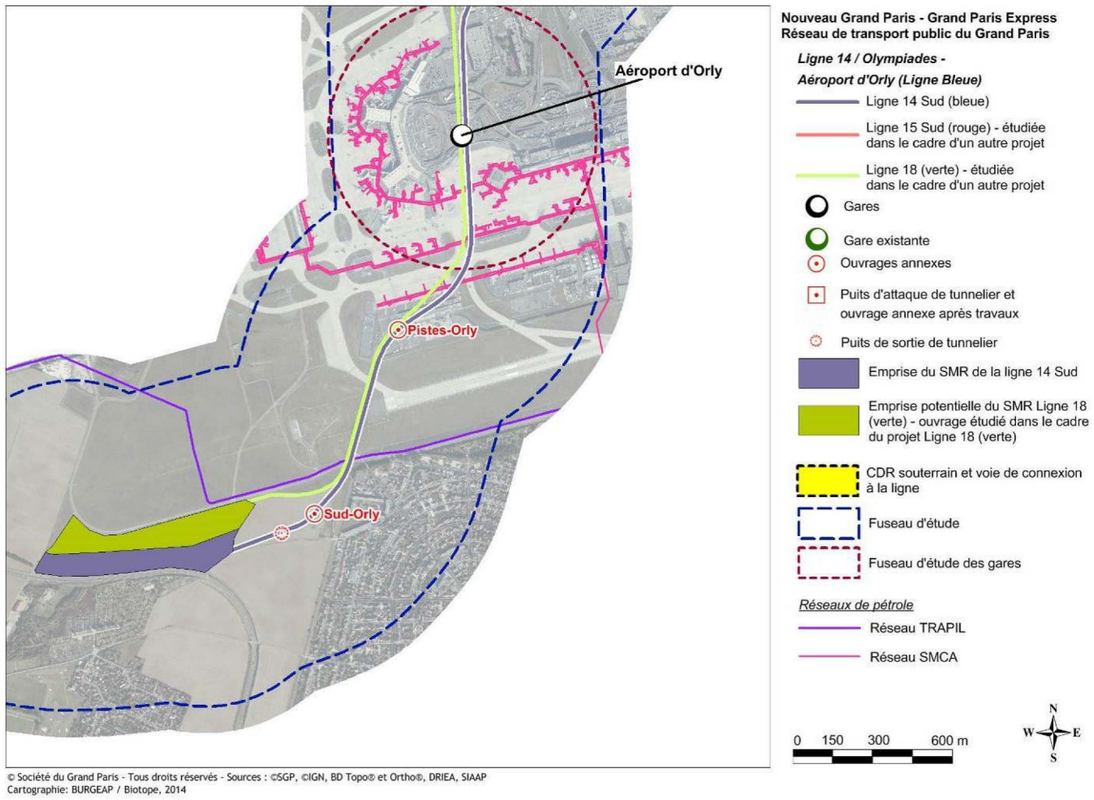
TRAPIL a confirmé qu'il n'y avait aucune mesure spécifique à mettre en place pour réaliser le tunnel.

La contrainte à respecter est la limite de vibration sur la canalisation TRAPIL, fixée à 40 mm/s. Cependant, au vu de la qualité des couches géologiques présentes (argiles vertes), il y a peu de risques vibratoires pour la canalisation. Une étude vibratoire pourrait être menée afin de confirmer l'absence d'impact significatif.

- Des canalisations de distribution d'hydrocarbures, permettant d'acheminer le carburant nécessaire aux aéronefs depuis les zones de stockages SMCA de Paray-Vieille-Poste et SMCA d'Athis-Mons.

  Le réseau SMCA, traversé à 3 reprises, est un réseau souterrain très faiblement enterré. La profondeur exacte du réseau n'est pas connue, mais en raison de la profondeur du tunnel sous les pistes de l'aéroport d'Orly, aucune interaction « directe » avec ce dernier n'est possible. La distance estimée est comprise entre 10m et 20m.

  Enfin, suivant la vue en plan, l'OA Pistes-Orly s'inscrit à environ 150m du réseau SMCA le plus proche.



Localisation des réseaux TRAPIL et SMCA interceptés au niveau de l'aéroport d'Orly

Au final, les impacts environnementaux seraient potentiellement forts en cas d'atteinte aux réseaux hydrocarbures existants. Toutefois, du fait de leur éloignement avec le tunnel et les ouvrages du projet (plus de 10m des ouvrages TRAPIL et SMCA), les impacts sont faibles.

Bien que les impacts aient été identifiés comme faibles au stade des études préliminaires, la volonté de la SGP de maîtriser l'impact environnemental l'incite d'ores et déjà à mener une collaboration d'étude avec les gestionnaires respectifs de ces deux réseaux pour la réalisation en complète sécurité de ses ouvrages.

3.3.1.3. Impacts sur les canalisations de Chauffage Urbain (CPCU)

Le tunnel de la Ligne 14 Sud croise ou approche en 3 points le réseau CPCU, dans les secteurs de Paris et Kremlin-Bicêtre :

- Au nord de la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe (rue du Tage et rue Caillaux)
- Au nord de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital, en proximité de l'A6b.

Au nord de Maison Blanche – Paris XIIIe (avenue de Choisy), le tunnel intercepte également le réseau CPCU. Cependant, cette section de tunnel existe déjà et correspond à l'arrière gare de l'actuelle station Olympiades.

Étant donné la proximité des réseaux CPCU avec la station de Maison Blanche – Paris XIIIe et celle de Kremlin-Bicêtre Hôpital, **la sensibilité avec le réseau CPCU est considérée comme modérée.**

Les réglementations concernant les servitudes CPCU sont :

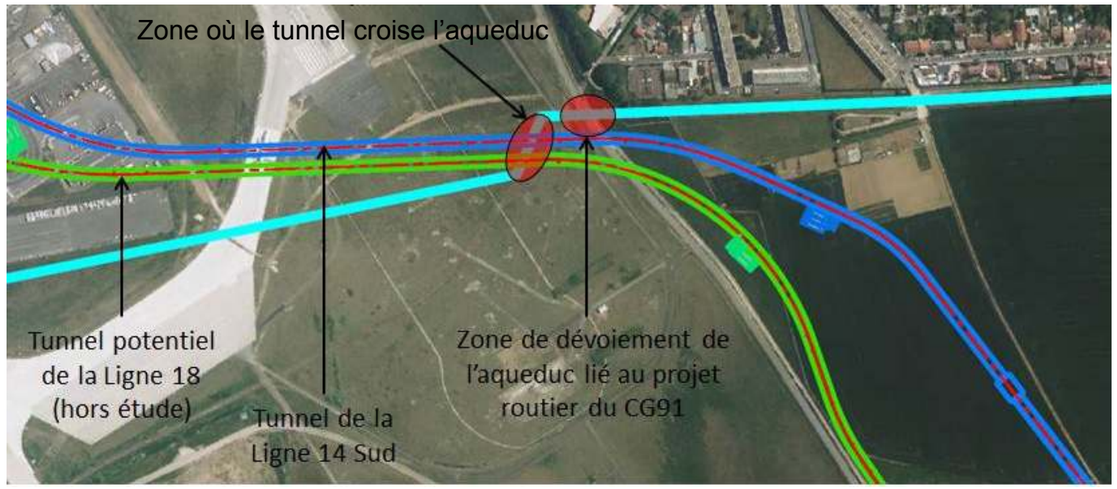
- Loi n°49.1060 du 2 août 1949 modifié par le loi n°51.712 du 7 juin 1951 ;
- Décret n°50.836 du 8 juillet 1950 modifié par le décret n°63.82 du 4 février 1963.

Les réglementations concernent les aspects liés à l'occupation du sol et non du sous-sol. Toutefois, pour *« tous travaux envisagés sur les terrains concernés par le passage des ouvrages d'hydrocarbures ou à proximité, il est nécessaire de réaliser une consultation des services du gestionnaire intéressé »* (DICT, DT).

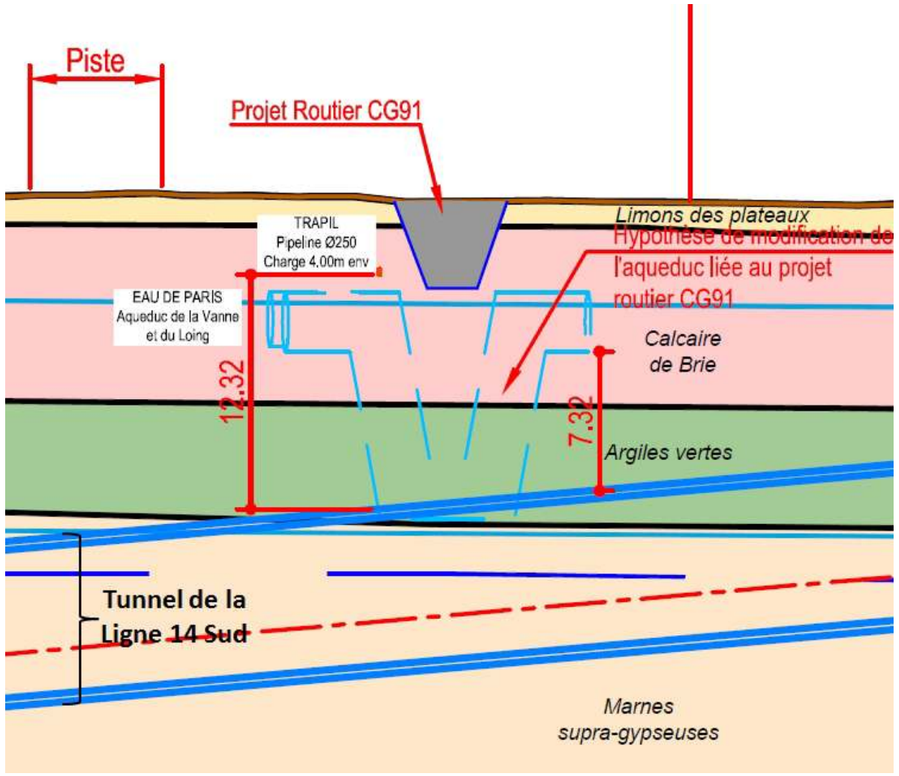
Le tunnel de la Ligne 14 Sud croise le réseau SEMACH à Chevilly-Larue, au niveau de l'ouvrage annexe « Petit le Roy ». Un dévoiement du réseau est prévu en amont des travaux de génie civil du projet.

3.3.1.4. Impacts sur les canalisations d'eau potable

Le projet croise l'aqueduc de la Vanne et du Loing, au sud de l'aéroport, dont le projet routier du Conseil Général 91 entraîne déjà le dévoiement.



Zone de croisement de l'aqueduc de la Vanne et du Loing

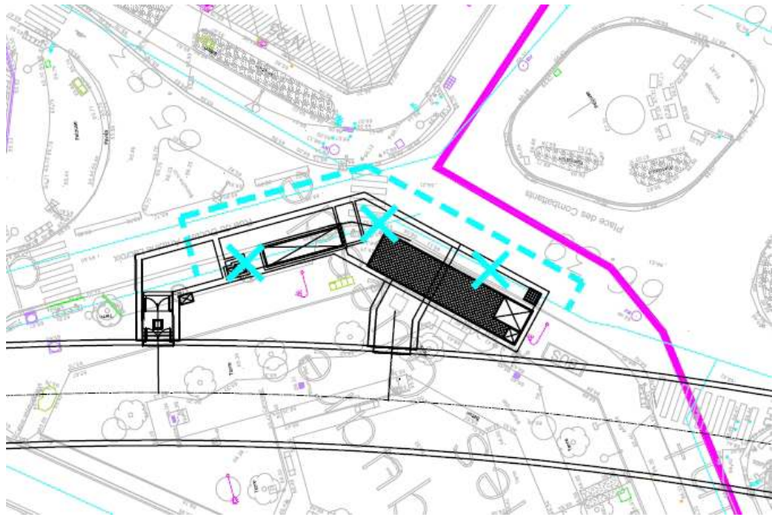


Vue en long de la zone de croisement entre le tunnel et l'aqueduc

Au niveau du passage sous l'aqueduc, la distance observée avec le tunnel de la Ligne 14 Sud est au minimum de 7.30m.

La sensibilité est considérée comme modérée, l'inter-distance séparant l'infrastructure et le réseau étant comprise entre 5 et 7.5m.

Le projet interfère avec une conduite d'eau potable Véolia au niveau de l'ouvrage annexe projeté « Jules Guesde ».



La coupure de ce réseau de desserte d'eau représenterait un impact environnemental important. A ce stade des études, il est prévu de mettre en place une canalisation en dehors de l'emprise de l'ouvrage souterrain (bypass) en laissant celle existante en exploitation ; puis de procéder au raccordement définitif du bypass à l'occasion d'une coupure de durée réduite.

De même, le projet de la ligne 14 sud vient intercepter des réseaux de distribution d'eau potable et d'eau glacée sur la plate-forme de l'aéroport d'Orly.

La coupure de ces conduites étant à exclure, elles seront-elles aussi dévoyées en amont du démarrage des travaux de Génie civil. Ce dévoiement sera coordonné avec Aéroports de Paris (ADP) en anticipation des travaux de la future gare du projet.

3.3.1.5. Impacts sur les grands collecteurs et aux réseaux d'assainissement

Suivant une vue en plan confrontant la Ligne 14 Sud et les canalisations d'assainissement, l'insertion est la suivante :

- Collecteur Bièvre-Watt (réseau SAP 75, eau pluviale) implanté à plus de 125m au nord de l'OA Paul Bourget.
- Liaison Cachan-Charenton (réseau SERE, unitaire), implanté à plus de 100m au sud de l'OA Cuchets,
- Emissaire de Villejuif (réseau DSEA 94, eau pluviale), implanté en proximité de l'OA République, au niveau de la RD148 (avenue de la République) : distance inférieure à 5m
- Collecteur de Frênes-Choisy (réseau DSEA 94, eau pluviale), implanté en proximité de l'OA Alouettes, aux abords de l'A86 ; distance inférieur à 5m.

Suivant une vue en travers, le tunnel de la Ligne 14 Sud s'inscrit à :

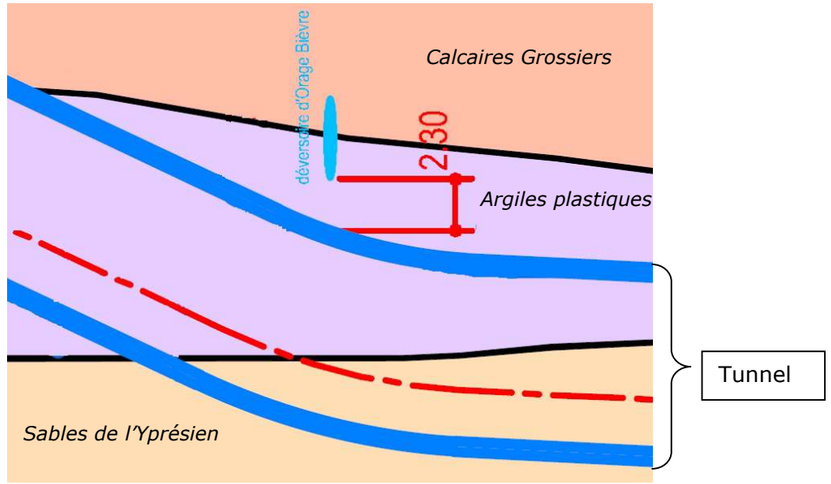
- 2.30m sous du collecteur Bièvre-Watt,
- Environ 20m au-dessus de la liaison Cachan-Charenton,
- Environ 40m au-dessus de l'émissaire de Villejuif,
- Environ 14m au-dessus du collecteur de Frênes-Choisy.

Les écarts entre l'infrastructure et le réseau d'assainissement sont repris dans le tableau ci-après.

Liste ouvrages d'assainissement interceptés par le tracé de référence et caractéristiques

Nom de l'émissaire	*Niveau du TN (m NGF)*	*Ecart vertical avec le tunnel (m)*	*Ecart horizontale avec les ouvrages (m)*
Bièvre Watt	59 m NGF	**Egal à 2.30m**	Supérieur à 125m avec l'OA Paul Bourget
Liaison Cachan-Charenton	99 m NGF	Environ 20m sous la Ligne 14 Sud	Supérieur à 125m avec l'OA Cuchets
Emissaire de Villejuif	106 m NGF	Environ 40m sous la Ligne 14 Sud	Inférieur 5m avec l'OA République
Collecteur Fresnes-Choisy	82 m NGF	Environ 14m sous la Ligne 14 Sud	Inférieur 5m avec l'OA République

Extrait du profil en long des études préliminaires approfondies présentant le tunnel et l'ouvrage Bièvre Watt



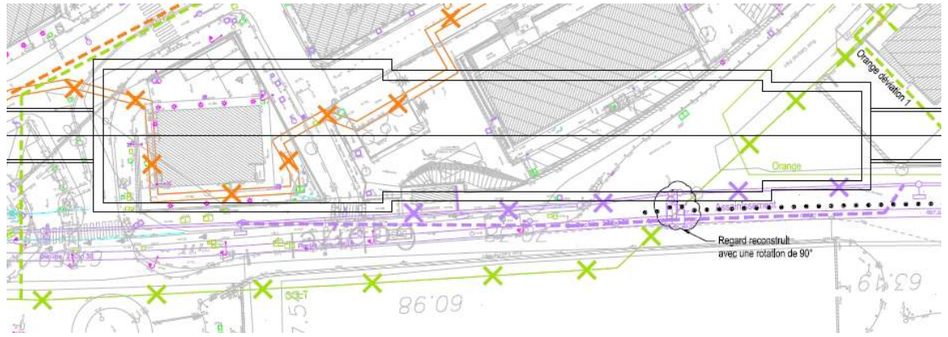
Au vu des éléments fournis au sein du tableau, **la sensibilité avec le collecteur Bièvre Watt est considérée comme forte**, la distance séparant les deux ouvrages étant réduite à 2.30m.

Les principaux impacts notables seraient :

- Un éventuel endommagement du collecteur Bièvre Watt lors du forage du tunnel au tunnelier (fissuration)
- Une potentielle déstabilisation de l'ouvrage par un tassement des terrains (soulèvement, tassement) au droit du collecteur, entrainant rupture ou fissurations de ce dernier (impact indirect, cf. paragraphe spécifique) ; ou plus largement, toutes actions mécaniques susceptibles de modifier localement les propriétés physiques du sous-sol.
- Une éventuellement destabilisation du front de taille (diminution du nombre de stabilité) engendrant des tassements en surface ou la création de fontis

Le projet interfère également des réseaux d'assainissement de moindre envergure, mais qui se situent sur l'emprise d'ouvrages projetés dans le projet.

- A la gare Kremlin-Bicêtre – Hôpital :



Étant donnée l'implantation actuelle de la gare, le dévoiement de cet ovoïde ne devrait pas être nécessaire. Toutefois une visite et un levé topographique contradictoire devraient être réalisés afin de confirmer cette approche.

- A la gare M.I.N Porte de Thiais :

  Deux réseaux DSEA relativement profonds (88.92 m NGF – 82.95 m NGF ~ 6 m par rapport au TN) seront déplacés entre l'extrémité sud de la gare et les quais du tramway. La déviation de ces réseaux requerra la réalisation d'une tranchée relativement large et d'un soutènement provisoire (par exemple de type paroi berlinoise).

3.3.1.6. Impacts sur les infrastructures de transport d'électricité

Deux lignes aériennes RTE de 225 kV sont présentes sur les territoires de Thiais, Rungis et Chevilly-Larue au sein du fuseau d'étude :

- Liaison Chevilly-Villejuif et liaison Chevilly-Massy,
- Liaison Chevilly-Rungis (réseau coupé par 2 fois).

Outre ces deux lignes RTE, des lignes électriques en galerie à Paris ont été identifiées au niveau de l'avenue d'Italie, à Paris.

Ces infrastructures peuvent être contraignants vis-à-vis de la Ligne 14 Sud si elles sont situées à proximité d'ouvrages annexes émergents (gares, puits de ventilation, …) ou si les fondations des pylônes sont profondes (sur le tracé du tunnel).

Les écarts entre l'infrastructure et les fondations du réseau RTE sont renseignés dans le tableau ci-après.

Distances entre les ouvrages RTE et le la Ligne 14 Sud

Nom du réseau	***Ecart du réseau avec le tunnel (m)***	***Ecart du réseau avec les ouvrages (m)***
Liaison Chevilly-Villejuif et liaison Chevilly-Massy	13.5m au droit du toit du tunnel	75m au nord-ouest de l'OA Petit-le Roy
Liaison Chevilly-Rungis (1ère intersection	Aucune fondation au droit du tunnel	Au niveau de la gare M.I.N. Porte de Thiais
Liaison Chevilly-Rungis (2nde intersection	16.5m au droit du toit du tunnel	100m à l'ouest de l'OA Alouettes
Câbles EDF HT et BT	Enterré peu profondément	Au niveau de la gare Maison-Blanche – Paris XIII

Au vu des distances entre le réseau RTE et le tunnel de la Ligne 14 Sud, l'impact de ces réseaux sur la construction du tunnel set considéré comme nul.

Par ailleurs, suite à des campagnes de confortement des pylônes RTE, les massifs bétons armés constituant les fondations des pylônes ont été renforcées par des micropieux de 7m de profondeur par rapport au terrain naturel.

Ajoutées à la distance observée, ces mesures de renforcement sont considérées comme suffisantes pour assurer la stabilité des lignes RTE vis-à-vis du tunnel.

En revanche, en deux endroits du projet (Gares Maison-Blanche - Paris XIII et M.I.N Porte de Thiais) les réseaux électriques interfèrent directement avec les ouvrages de la Ligne 14 sud, et représentent donc une contrainte majeure pour la phase chantier. Ces deux réseaux devront être donc dévoyés préalablement au démarrage des travaux de Génie civil ou faire l'objet de mesures spécifique pour être préservés et sécurisés lors de la réalisation du projet.

Si les bases chantier venaient à s'inscrire proche du réseau RTE, 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…).

3.3.1.7. Impacts sur les infrastructures de télécommunications

Trois réseaux de télécommunications ont été identifiés dans le fuseau d'étude :

- Un réseau de fibre optique dans l'ouvrage « Petite ceinture SNCF » à Paris, à préserver.
- Un réseau Orange devant l'hôpital Bicêtre.

Deux déviations ont été proposées pour les réseaux Orange au sud de la gare. Ces dispositions seront approfondies lors des phases d'études ultérieures.

- Un réseau Orange à proximité de l'arrêt du tramway T7 «Porte de Thiais, marché international »

  Les réseaux Orange longent la rue de la Pompe et seront déviés le long des quais du tramway au droit de l'extrémité nord de la gare.

NB : Un réseau Orange alimente un bâtiment au nord-ouest de la gare De plus, il faudra veiller à ce que les réseaux qui seront construits pour alimenter les nouveaux bâtiments de la ZAC ne traversent pas l'emprise de la gare. La SGP se coordonne d'ores et déjà avec l'établissement public en charge de cet aménagement.

Compte-tenu de la proximité de ces réseaux avec les ouvrages projetés, **la sensibilité est considérée comme forte.**

3.3.1.8. Impacts sur 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 du volet état initial) est fait ci-dessous.

Caractéristiques des infrastructures de transport interceptées par le tracé de référence (source : Société du Grand Paris)

Infrastructure concernée	*Précisions sur l'infrastructure*	*Altitude de l'infra. en m NGF*	*Ecart min. observé avec le tracé de référence en m*
Tunnel Ligne 7	Tunnel Ligne 7 - Boulevard Massena	45,5	8.7
Tunnel Ligne 7	Tunnel Ligne 7 - Sud Boulevard Italie	39,5	7.5
Périphérique/A6b	Périphérique et bretelle souterraine de liaison (ensemble des ouvrages et fondations)	Entre 38,5 et 49,6	6.2
Ouvrage d'art SNCF	Ouvrage d'art SNCF (fondations)	Au niveau du TN	14.0
Orlyval	Orlyval (tunnel)	79,2	13.5
	Orlyval (pieux) - Ouest	67,5	Passage entre les piles du viaduc (2 à 3m)
Projet de voirie du CG91	Couches d'assises du projet aux abords du viaduc de la Vanne et du Loing	Au niveau du TN	11.0m
	Couches d'assise au niveau de la tranchée couverte de la Ligne 14 Sud	Au niveau du TN	Pas de tunnel, secteur en tranchée couverte

- *Ligne 7 du métro*

Le tracé de référence passe à deux reprises en dessous de la ligne 7 du métro. Les bases inférieures des tunnels de la ligne 7 sont respectivement implantées à 45.5 et 39.3m NGF, soit une couverture de sol entre 8.7m et 7.5m par rapport au toit du tunnel de la ligne 14 Sud.

La stabilité des existants devra être vérifiée et ce pour les différentes phases d'avancement des travaux.

Considérant les risques de déstabilisation et de fragilisation des ouvrages existants, des terrassements envisagés en contiguïté et de la création du couloir d'accès aux quais, une surveillance des ouvrages concernés sera à organiser pendant toute la durée du chantier et sur une durée précédant le démarrage des travaux comprenant un cycle été / hiver.

A cet effet, une procédure d'auscultation continue et automatisée de la structure sera à produire. Cette procédure de contrôle déterminera entre autre les valeurs de déplacement déclenchant respectivement les seuils de vigilance, de pré alerte et d'alerte. Elle désignera aussi les personnes astreintes à la veille et les mesures ou actions à engager (soutènements, arrêt de chantier, arrêt de l'exploitation…) en cas de déclenchement de l'un des seuils.

Compte tenu de la bonne connaissance du risque et des procédures à mettre en place, **la sensibilité est considérée comme modérée.**

- *Périphérique/A6b*

Le tracé de référence passe en dessous de la liaison routière périphérique et bretelle souterraine pour ensuite longer l'autoroute A6b.

Plusieurs types d'ouvrages de l'A6b sont rencontrés aux abords du tracé :

- Un ouvrage tunnel plus ovoïde ;
- Une couverture phonique dont la base inférieure du tunnel est à +48.50m NGF et la base inférieure de l'ovoïde à +46.00m NGF ;
- Une couverture lourde dont la base inférieure du tunnel est à +51.00m NGF et la base inférieure de l'ovoïde à +49.50m NGF.
- Une issue de secours de l'A6b

La sensibilité est considérée comme modérée avec les ouvrages de l'A6b, l'inter-distance entre les deux infrastructures étant comprise entre 5 et 7.5m.

En revanche, **la sensibilité est considérée comme forte**_avec la sortie de secours de l'A6b qui se trouve à proximité immédiate de la paroi moulée de la future gare Kremlin-Bicêtre Hôpital. Cette contrainte forte de réalisation pour la gare sera intégrée dans les études afin de préserver cet accès tant en phase de réalisation du projet qu'en phase d'exploitation.

La sensibilité est nulle avec le périphérique.

- *Ouvrages SNCF*

Au nord de la gare de Pont de Rungis, le tunnel passe sous la tranchée ferroviaire SNCF et la gare du RER C Pont de Rungis – Aéroport d'Orly.

Même si la couverture de sol entre le tunnel et cet ouvrage est grand (14m environ), leurs fonctionnalités nécessitent de prendre certaines précautions vis-à-vis du risque de tassement actuellement non connu.

Un calcul aux éléments finis de la zone sera effectué, afin d'envisager un éventuel renforcement du sol à adopter, notamment sous les fondations de la gare. Un dispositif de surveillance permanente des mouvements des plates-formes ferroviaire et routière ainsi que des ouvrages connexes sera également mis en place suivant les prescriptions de RFF.

La sensibilité est considérée comme modérée étant donnée la profondeur du tunnel.

- *Orlyval (tunnel)*

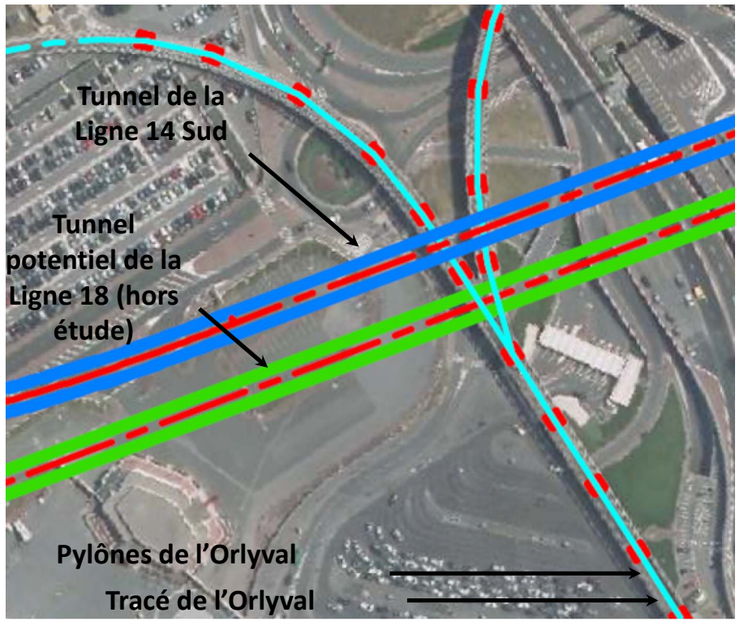
Le tracé de référence passe à 13.7m en-dessous du tunnel d'Orlyval.

Compte tenu de la couverture de sol entre le toit du tunnel et le tunnel de l'Orlyval et des conclusions des études préliminaires de conception menées, **la sensibilité est considérée comme nulle.**

- *Viaduc de l'Orlyval (piles)*

Le tracé de référence du tunnel passe entre les fondations des piles du viaduc d'Orlyval. La distance latérale entre l'ancrage des pylônes et le tracé de référence est très faible : de l'ordre de 2 à 3m.

La sensibilité est forte : l'inter-distance entre les deux infrastructures est inférieure à 5m. Les travaux du tunnel prendront en compte la contrainte concernant la proximité du viaduc de l'Orlyval pour permettre d'assurer la stabilité de l'ouvrage.



Insertion du tunnel aux abords de piles de l'Orlyval

- *Projet de voirie du CG 91*

La Ligne 14 Sud croise celui du projet routier du Conseil Général de l'Essonne par deux fois :

- Dans la zone aux abords de l'aqueduc de la Vanne et du Loing : le toit du tunnel est située à 10 m en-dessous de la route CG91.

- Le projet routier passe également au-dessus de la tranchée couverte de la Ligne 14 Sud dans la commune de Morangis.

  Le début de la tranchée couverte est conditionné par ce projet routier. La réalisation de ce projet étant planifié avant les débuts de travaux de la Ligne 14 Sud, il est essentiel de prendre en compte cette dernière dans le phasage de réalisation de la tranchée couverte.

La sensibilité est considérée comme modérée. Des concertations sont en cours avec les acteurs du projet de déviation.

3.3.1.9. Impacts sur le bâti sensible

Les impacts directs sur les fondations de certains bâtiments sensibles correspondent à une déstabilisation de ces dernières par le creusement du tunnel ou la mise en œuvre des gares et ouvrages annexes.

Globalement, les impacts directs aux fondations seront maîtrisés par le positionnement de l'infrastructure et par les phasages et les méthodes constructives retenus.

En ce sens, l'ensemble des études préliminaires de conception menées jusqu'à présent a permis de limiter les interactions entre le projet et les fondations de bâtis. Elles ont en outre permis d'étudier plus finement l'impact des travaux (gare, tunnel) dans les zones à enjeu spécifique.

Zone Maison-Blanche – Paris XIII :

Des études spécifiques ont été menées sur trois ensembles de constructions aux abords de la gare :

- Zone 1 : bâtiments proches des parois moulées de la gare.

Cette zone regroupe des édifices de grande hauteur, notamment la Tour Super Italie.
La gare est réalisée en parois moulées avec une excavation depuis la surface.
Cette méthode permet de réduire les déformations du sol et de mieux maîtriser les risques par rapport à une réalisation en tunnel traditionnel.

- Zone 2 : bâtiments proches du tunnel au sud de la gare

Cette zone regroupe des édifices de hauteur moyenne, parmi lesquels le lycée Gaston Bachelard.
L'excavation sera réalisée avec un tunnelier à pression de terre.

- Zone 3 : bâtiments proches du tunnel au nord de la gare

Cette zone regroupe des édifices de hauteur moyenne.
L'excavation sera réalisée de manière traditionnelle. Cette zone demande une attention toute particulière car elle combine à la fois :

- Réalisation du tunnel en méthode traditionnelle,
- Faible couverture de terrain,
- Présence de la nappe phréatique au niveau du terrassement du tunnel,
- Radier du tunnel dans les argiles plastiques.

Les mesures particulières de protection envisagées sont plus ou moins lourdes suivant les résultats des études géotechniques à venir.
Le retour d'expérience de l'accident survenu à Olympiades en 2003 pour des travaux similaires est également primordial pour le projet et conforte la SGP dans le choix d'une approche très prudente sur cette zone.

Les technologies employées dans les trois zones de travaux présentées sont connues et les risques induits maîtrisés et traité en amont, dès la conception.
Les mesures prises en conception et en exécution pour préserver le bâti dans cette zone sont nombreuses, et détaillés au paragraphe « Mesures d'accompagnement ».
La meilleure connaissance de la sensibilité du bâti et les calculs de tassement, réalisé en phase de conception ultérieure (AVP/PRO) permettront d'affiner les dispositions à prendre pour les différents cas rencontrés.

La sensibilité est considérée comme forte.

Zone Kremlin-Bicêtre – Hôpital :

- Le parking Vinci du Kremlin-Bicêtre à huit niveaux de sous-sol. Un risque d'endommagement ou d'interception de fondations profondes existe. Des investigations complémentaires devront être réalisées pour lever ce risque.

- Les fondations du CHU Kremlin-Bicêtre en R-5 (écart de 7.4m), dont le risque d'interception est faible si elles sont alignées avec le bâtiment.

La sensibilité est considérée comme modérée.

Zone Villejuif IGR :

- Les fondations de l'Institut Gustave Roussy en R-3, dont le risque d'interception est faible.

La sensibilité est considérée comme faible.

Zone Chevilly « Trois communes » :

- L'Ecole et le gymnase Jean Moulin à Chevilly –Larue. Les fondations de faible profondeur ne devraient pas interférer avec le creusement du tunnel.

La sensibilité est considérée comme faible.

Zone M.I.N Porte de Thiais :

- Les futurs bâtiments de la ZAC des Meuniers, à Chevilly-Larue. L'alignement de la trame viaire sur le tracé de la ligne 14 ainsi que les méthodes constructives envisagées permettent de réduire les risques d'interférence avec le projet.

La sensibilité est considérée comme faible.

Zone Pont de Rungis :

Aucun bâtiment à enjeu n'a été identifié à proximité immédiate du projet dans cette portion du tracé, exception faite de la gare RER C décrite dans le paragraphe précédent.

La sensibilité est considérée comme nulle.

Zone Aéroport d'Orly :

- La culée ouest du pont de l'Avenue de l'Union, croisant la RD7 à Paray-Vieille Poste. L'ouvrage dispose de fondations superficielles.

- Les fondations de l'extension du parking P0 de l'Aéroport d'Orly. Le tunnel s'insérera à 1.83m des parois moulées de l'ouvrage.

- Le futur bâtiment de jonction de l'Aéroport d'Orly, sous lequel le tunnelier du projet de la ligne 14 passera.
  Ce passage a nécessité de prévoir la réalisation de mesures conservatoires pour les fondations du bâtiment de jonction : il a été retenu par Société du Grand Paris et Aéroport de Paris de réaliser des portiques doubles au droit de chaque rangée de poteaux du bâtiment de jonctionJ. Ces portiques sont constitués de 4 barrettes et d'une poutre. Les barrettes sont disposées à 1,50 m de part et d'autre de la section d'excavation des tunnels

La sensibilité est considérée comme forte.

3.3.1.10. Mesures et démarche retenues pour éviter et réduire les impacts potentiels du projet sur les réseaux, les infrastructures et le bâti

- **Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et de certains ouvrages :**

Les parois moulées sont la méthode constructive la plus robuste et la plus fiable vis-à-vis de la maîtrise des tassements des avoisinants au niveau des gares et de certains ouvrages.

A ce stade des études, il est possible de définir une liste non exhaustive des dispositions qui pourraient être prises au moment des travaux :

- Raidissement de la paroi moulée si les calculs en montrent la nécessité,
- Limitation de la largeur des panneaux de paroi moulée,
- Utilisation de matériel d'excavation à hydro-fraise,
- Densité de la boue bentonitique adaptée,
- Butonnage actif lors du terrassement de la gare,
- Prétraitement de terrain entre paroi moulée et sous-sol,
- Carottages horizontaux depuis les sous-sols et la station ligne 7 pour une meilleure connaissance de l'emprise exacte de l'existant.

- **Utilisation d'un tunnelier :**

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.

- **Creusement du tunnel en méthode traditionnelle :**

Une section de tunnel au nord de la gare de Maison-Blanche - Paris XIII sera réalisée en méthode dite traditionnelle. A ce stade des études, il est possible de définir certaines dispositions qui pourraient être prises au moment des travaux :

- Soutènement plus ou moins lourd,
- Réalisation d'un contre-radier,
- Présoutènement / confinement / renforcement du front,
- Phasage de réalisation adapté,
- Mise en place du revêtement définitif à l'avancement.

- **Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions :**

Les consultations des gestionnaires de réseaux sont indispensables et réglementaires (voir 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 des réseaux concernés.

Dans le cadre de la mise en œuvre du tunnel de la Ligne 14 Sud, plusieurs cas particuliers nécessitent un dialogue approfondi avec les gestionnaires. Il s'agit des réseaux suivants :

- Réseau TRAPIL et SMCA au niveau de l'aéroport d'Orly,
- Réseau CPCU au niveau du secteur d'implantation de la station Maison Blanche – Paris XIIIe,
- Collecteur Bièvre-Watt en sortie de Paris,
- Aqueducs de la Vanne et du Loing.

Ces réseaux, de par leur proximité avec le projet de Ligne 14 Sud, devront faire l'objet de réflexions entre les services de la Société du Grand Paris et ceux des gestionnaires de réseaux.
C'est pourquoi la Société du Grand Paris a engagé et poursuivra les échanges nécessaires avec les services des gestionnaires de réseaux afin de garantir la pérennité des ouvrages.

- **Ajustement du profil en long et de la profondeur de l'infrastructure :**

Pour de nombreux ouvrages souterrains et fondations, il a été choisi de s'éloigner suffisamment lorsque cela est possible pour limiter voire éviter les interactions avec les réseaux existants.

D'une manière générale, l'occupation du sous-sol actuelle de la zone de projet est relativement dense, notamment dans la partie Nord de la Ligne 14 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, TRAPIL et l'aqueduc sont dans ce cas.

De plus, cette profondeur permet de s'affranchir de la présence de fondations ou niveaux de sous-sol profonds de certains bâtiments (sauf cas particulier de l'extension du parking P0 de l'aéroport d'Orly.

- **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 un secteur où les incidences des travaux de la Ligne 14 Sud seront imperceptibles, ou du moins acceptable pour le maintien de l'ouvrage,

- Un confortement provisoire ou définitif de l'ouvrage sur site (à pied d'œuvre ou par injection), afin de renforcer sa structure et de réduire sa vulnérabilité aux incidences potentielles des travaux de la Ligne 14 Sud.

Au niveau de la Ligne 14 Sud, le dévoiement ou le confortement des réseaux pourra concerner tous les réseaux identifiés au sein de la mesure précédente.

- **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) a été lancé : 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 seront 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. En complément de ces investigations géotechniques, des sondages ciblés sur des infrastructures existantes permettront de confirmer leur compatibilité avec les ouvrages projetés et d'adapter, le cas échéant, les méthodes de réalisation de ces derniers.

Ces études seront particulièrement nécessaires au niveau :

- De l'extension du parking P0 de l'aéroport d'Orly, dont les parois moulées de l'ouvrage seront proches du tunnel de la Ligne 14 Sud. De fait, la réalisation de sondages carottés pour déterminer la profondeur réelle de la paroi moulée sera menée. Ces sondages pourront être inclinés et réalisés depuis le fond de l'extension du parking P0.

- Au droit de la voie SNCF à Pont de Rungis (et de l'A86). Elle devra permettre de mesurer le tassement des sols en temps réel, avant, pendant et après le passage du tunnelier.
  Cette étude semble en effet intéressante puisque l'altitude de l'A86 et la stratigraphie des couches géologiques traversées sont approximativement équivalentes à celles des voies ferroviaires SNCF. Il est donc préconisé d'effectuer des mesures de tassements au niveau de l'A86 lors du passage du tunnelier afin d'apprécier le comportement des terrains attendus lors du passage sous voies ferrées par la suite.

- **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.

- **Études complémentaires sur la vulnérabilité des bâtis :**

Dès le stade des études préliminaires, les principaux bâtis sensibles susceptibles d'interagir avec le projet ont été recensés de façon à ce qu'ils soient bien intégrés dans la conception des ouvrages projetés. Il a été notamment identifié des immeubles de grande hauteur, des bâtiments dans des zones de vides anthropiques[11] ou naturels qui peuvent être construits sur des fondations profondes ou des bâtiments associés à des infrastructures souterraines (par exemple parkings sur plusieurs niveaux de sous-sols). Ce recensement s'est fait à partir de visites de terrain et de l'étude des plans de réalisation disponibles.

Ces études préliminaires seront complétées en phase de maîtrise d'œuvre par une enquête de « *vulnérabilité des bâtis* » qui précisera les caractéristiques intrinsèques de chaque bâti sensible et permettra d'en déduire leur vulnérabilité aux déplacements et corrélativement les dispositifs de réalisation à déployer.

- **Suivi topographique des tassements en phase de réalisation :**

Un suivi topographique des ouvrages sensibles sera mis en place en phase de réalisation des infrastructures et notamment lors du creusement du tunnel. Le programme de suivi et d'auscultation des déformations permettra de vérifier leur adéquation aux modèles de calcul et aux valeurs seuils prédéfinies et le cas échéant, d'adapter au plus tôt les paramètres de forage du tunnelier ou les dispositions constructives des infrastructures.

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

En phase d'exploitation, l'infrastructure ne présente pas d'effets sur les réseaux, canalisations et le bâti.

L'exploitation de la ligne est susceptible d'entrainer des vibrations dans le sous-sol. Sur ce sujet, il convient de prendre connaissance du chapitre « Vibrations » du présent dossier, présenté juste après.

[11] Dont la formation résulte essentiellement de l'intervention de l'homme.

3.3.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'occupation du sous-sol

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Réseaux et canalisations	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Canalisation de gaz au niveau de Chevilly-Larue proche du tunnel	• **Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et de certains ouvrages** • **Utilisation d'un tunnelier ou creusement du tunnel en méthode traditionnelle** • **Mise en place de parois à rôle structurel** • **Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions** • **Ajustement du profil en long de l'infrastructure** • **Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols** • **Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages** • **Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés** • **Études complémentaires sur la vulnérabilité des bâtis** • **Suivi topographique des tassements en phase de réalisation**	Une vigilance est assurée sur cette thématique jusqu'à la fin de la phase de chantier	néant
		Réseau CPCU proche du tunnel			
		Collecteur Bièvre-Watt			
		Assainissement au niveau de la commune de Kremlin-Bicêtre			
		Réseau d'électricité RTE au niveau de Maison-Blanche – Paris XIII			
	Section « Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Réseaux d'assainissement DSEA			
		Réseaux d'électricité RTE au niveau de la commune de Chevilly-Larue			
		Réseau d'électricité RTE au niveau de M.I.N. Porte de Thiais			
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Canalisation d'hydrocarbures TRAPIL proche du tunnel			
		Réseau d'hydrocarbures SMCA			

		Aqueduc de la Vanne et du Loing			
Infrastructures de transport	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Présence de la ligne 7 du métro			
		Présence de l'A6 b			
		Sortie de secours de l'A6 b			
	Section « Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Ouvrage SNCF au niveau de Pont de Rungis			
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Viaduc d'Orlyval			
		Projet de voirie du Conseil Général 91			
Bâti	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Bâtiments situés à proximité de la gare de Maison-Blanche – Paris XIII			
		Bâtiments situés à proximité du tunnel construit en méthode traditionnelle			
		Bâtiments situés à proximité du tunnel construit en tunnelier			
		Présence de bâtiments avec fondations profondes			
	Section « Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Bâti avec fondations peu profondes			
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Présence de parkings souterrains au niveau de l'aéroport			
		Futur bâtiment de l'aéroport d'Orly			

3.3.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse à l'occupation du sous-sol

3.3.4.1. 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	A définir dans les phases d'études post-DUP
Etudes géotechniques approfondies pour les passages à proximité de fondations profondes	A définir dans les phases d'études post-DUP
Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés	A définir dans les phases d'études post-DUP
Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement	A définir dans les phases d'études post-DUP

3.4. Vibrations

Ce chapitre s'attache àdéfinir les principaux impacts et recommandations à mettre en œuvre quant aux nuisances émises par le projet de Ligne 14 Sud sur le territoire traversé.

Aujourd'hui, la prise en compte des émissions de vibrations par les projets représente une problématique de plus en plus étudiée, notamment lors d'une intervention dans des zones urbaines particulièrement denses telles qu'en Ile-de-France.

3.4.1. La définition de seuils limite pour les vibrations

Le cadre référentiel proposé dans la présente étude d'impact liée à l'exploitation de la Ligne 14 Sud du Grand Paris distingue les effets suivants :

- Gêne potentielle des occupants en raison de la perception tactile des vibrations,
- Gêne potentielle des occupants en raison du bruit solidien[12] réémis à l'intérieur des bâtiments, suivant les périodes nocturnes et diurnes et la destination du bâtiment,
- Perturbation potentielle des activités et/ou équipements particulièrement sensibles aux vibrations.

Ces trois effets sont détaillés ci-après.

Gêne des occupants par perception tactile des vibrations :

La gêne occasionnée sur les occupants par perception tactile des vibrations est définie au travers des valeurs recommandées dans la version de 1989 de la norme ISO 2631-2 relative à « l'évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps » dans les bâtiments.

Ces valeurs bien que disparues dans la version de 2003 de la même norme sont très souvent utilisées en France (en l'absence de norme nationale ou texte réglementaire), mais également en Suède et aux États-Unis.

Dans la version de 1989 de la norme ISO 2631-2, les valeurs sont exprimées en termes de facteur multiplicateur de la « courbe de base » (seuil) en-dessous de laquelle le risque de plaintes est considéré négligeable.

Ce seuil, exprimé en vitesse, étant constant et égal entre 8 et 80Hz (pour un type de bâtiment), les valeurs retenues sont exprimés en mm/s de vitesse particulaire sur la bande de 8 à 80 Hz. Ces limites s'appliquent aux vitesses particulaires sur le plancher, près du centre, dans la direction verticale.

Type de bâtiment	*Période d'exposition*	*Vitesse particulaire en mm/s*	*Vitesse particulaire en dBv[13] réf 5.10-8 m/s*
Zones de travail sensibles (hôpitaux, laboratoires, etc…)	Jour et nuit	0.1	66
Zones résidentielles	Jour Nuit	0.2 0.14	72 69
Bureaux	Jour et nuit	0.4	78
Ateliers	Jour et nuit	0.8	84

Valeurs seuils de vitesse particulaire recommandées pour l'évaluation de l'exposition des occupants aux vibrations globales du corps (valeur retenue pour les fréquences comprises entre 8 et 80Hz)

Nota : Les Basses Fréquences sont retenues pour définir les seuils vibratoires, car ces dernières sont les plus émergentes d'un spectre ondulatoire large

De manière plus concrète, et à titre d'exemple, la hiérarchisation les niveaux de vitesses particulaires en dBv et les réactions associées des individus les percevant :

Vitesse particulaire en dBv	*Perception*	*Réponse des individus*
90	Forte	Panique – Plainte
80	Moyenne	Inquiétude – Plainte
70	Moyenne-Faible	Plaintes de certains riverains
66	Faible-Négligeable	Pas de perception vibratoire, mais bruit solidien perceptible – Vigilance pour les hôpitaux
60	Négligeable	Bruit solidien perceptible par les individus
50	Aucune	Pas de perception des vibrations et du bruit solidien

Perception des vitesses vibratoires par les individus au moment du passage d'un train

Aussi, le seuil de 66 dBv correspond à un seuil de perception humaine.

[12] *La notion de bruit soliden est expliquée dans le volet « Vibrations » du rapport 1/3 : Etat Initial de l'Environnement*

[13] *dBv : Décibel lié à une vibration*

Gêne des occupants par perception du bruit solidien :

Les seuils fixés pour déterminer la gêne des occupants percevant le bruit solidien, émis au sein d'un bâtiment sont issus de recommandations de l'OMS et intègre également certaines valeurs seuil proposées par le guide « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » de la Federal Transit Administration des Etats-Unis (pour les bâtiments ayant une activité spécifique).

Ils peuvent concerner :

- Le niveau de bruit *moyen* pondéré (indice L_{pAeq}), mesuré sur les périodes jours (de 7h à 22h) et de nuit (22h-7h),

Et/ou

- Le niveau de pression acoustique maximal (indice L_{pASmax}) tel qu'il serait mesuré au passage d'un métro à proximité, en considérant une constante de temps correspondant à une période d'une seconde.

Type de lieu	***Période d'observation***	***Valeur limite de vitesse particulaire***
Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches	Jour Nuit	L_{pASmax} = 40 dBA L_{pASmax} = 35 dBA
Salles de classe, tribunaux, salles de conférences	Jour	L_{pAeq} = 35 dBA L_{pASmax}= 40 dBA
Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert	Jour et nuit	L_{pASmax} = 25 dBA
Théâtres, cinémas	Jour et nuit	L_{pASmax}= 30 dBA
Bureaux	Jour et nuit	L_{pAeq} = 40 dBA
Centres commerciaux, ateliers	Jour et nuit	L_{pAeq} = 50 dBA

Valeurs de seuils acoustiques relatifs au bruit solidien

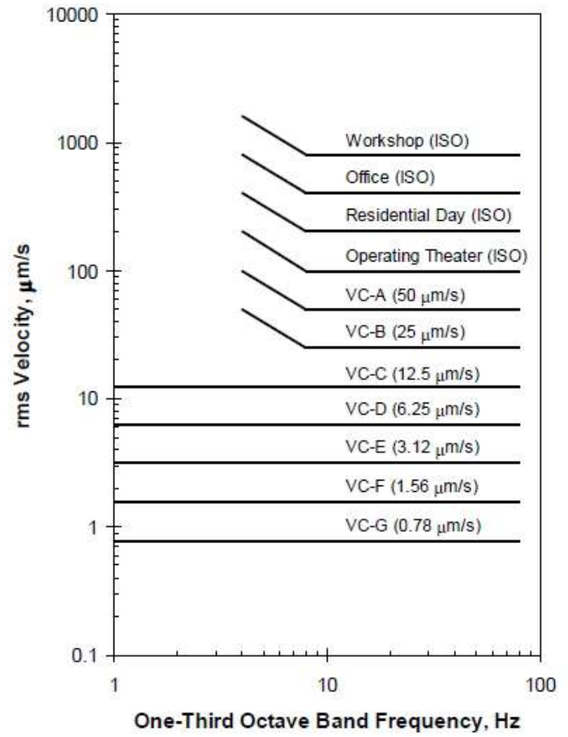
Perturbations du fonctionnement des équipements sensibles :

Pour évaluer les risques de perturbations dans le fonctionnement d'équipements sensibles aux vibrations, il est nécessaire de connaître :

- La localisation des équipements,
- Leur type,
- Et, le cas échéant, les spécifications vibratoires du fabricant de l'équipement.

Dans le cas où ces exigences des équipements ne seraient pas connues des propriétaires, un jeu de courbes génériques VC (Vibration Criterion curves) applicables à des classes d'équipement ou d'activités existe et permet de définir qualitativement le niveau admissible par l'équipement.

Ces courbes donnent des valeurs de vitesse particulaire à ne pas dépasser sur la dalle où est fixé l'équipement.



Courbes génériques VC préconisées pour les équipements sensibles

Des indications claires sur l'application et l'interprétation de ces courbes sont données dans le tableau ci-dessous.

Gabarit	***Amplitude (µm/s)***	***Précision typique (µm)***	***Description***
VC-A	50	8	Adéquat pour les microscopes ayant un grandissement ≤x400, les microbalances, les balances optiques et les équipements spécialisés similaires.

VC-B	25	3	Adéquat pour les microscopes ayant un agrandissement ≤≤ x1000, les instruments d'inspection et de lithographie de détail ≤3µm.
VC-C	12.5	1-3	Adéquat pour les équipements de lithographie et d'inspection (ainsi que les microscopes électroniques à balayage peu sensibles) de détail ≤1µm
VC-D	6.25	0.1-0.3	Souhaitable pour la plupart des équipements très sensibles tels que les microscopes électroniques à balayage et à effet tunnel et les systèmes à faisceau d'électrons.
VC-E	3.12	< 0.1	Adéquat pour les équipements les plus sensibles tels que systèmes à visée laser de très haute précision, fonctionnant sur de longues durées, les systèmes de lithographie à faisceau d'électrons opérant à des échelles nanométriques et autres systèmes nécessitant une extraordinaire stabilité dynamique.

Application et interprétation des courbes génériques VC préconisées pour les équipements sensibles

Les seuils liés aux structures et au bâti :

La circulaire du 23 juillet 1986 évoquée plus haut prescrit un ensemble de règles techniques pour le mesurage et l'évaluation des risques d'apparition de désordres structurels sur les constructions générées par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et propose un jeu de valeurs limites selon le type de constructions classées par niveau de vulnérabilité, la bande de fréquences où apparait la fréquence d'excitation dominante et pour deux types de sources (sources continues ou sources impulsionnelles).

Cette circulaire ne peut être mentionnée qu'à titre informatif, car les infrastructures de transport ferroviaire ne figurent pas dans la liste des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Toutefois, à l'instar de normes nationales en Europe applicables au cas du trafic ferroviaire (norme allemande DIN4150-3 :1999, norme suisse SN 640 312:1978), les valeurs limites en-dessous desquelles il y a absence de risques de dommages structurels aux bâtiments sont très au-dessus des seuils appliqués pour évaluer le risque de gêne des occupants (entre 3 et 8 mm/s pour une construction sensible, soit près de plus de 10 fois le seuil admissible pour les occupants).

En d'autres termes, le respect des valeurs seuil conduisant à un risque négligeable de plaintes liées à la perception tactile des vibrations globales du corps telles que définies plus haut, permet de garantir l'absence de risques de dommages aux constructions liés aux vibrations.

3.4.2. Analyse des impacts vibratoires du projet

Pour rappel, les zones sensibles du territoire ont été déterminées dans le cadre de l'état initial de la présente étude d'impact selon trois principaux critères :

- **Sensibilité des couches géologiques aux vibrations**
- **Sensibilité des bâtiments aux vibrations**
- **La présence d'établissements plus sensibles**

Cette démarche dans l'état initial a permis d'identification des enjeux du territoire de la ligne 14 Sud. Pour rappel :

- **Section Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy** :
  - Présence de Calcaires Grossiers pas ou peu recouverte par d'autres strates géologiques
  - Présence d'anciennes carrières dans la partie Sud
- **Section Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis** :
  - Présence d'établissements sensibles
  - Présence d'anciennes carrières
- **Section Pont de Rungis – SMR Morangis** :
  - Peu d'enjeux identifiés, présence des installations aéroportuaires

L'analyse des impacts du projet porte sur les effets temporaires liés à la phase de construction des ouvrages de la ligne 14 Sud, et en phase d'exploitation avec le passage de trains.

3.4.2.1. Profondeur du tunnel

À ce stade de l'étude, il est nécessaire de préciser la profondeur prévue pour le tunnel de la ligne 14 Sud. Cette donnée pourra alors être croisée avec les enjeux identifiés dans l'état initial.

Les profondeurs indiquées en mètre correspondent à la distance entre le toit du tunnel et le terrain naturel.

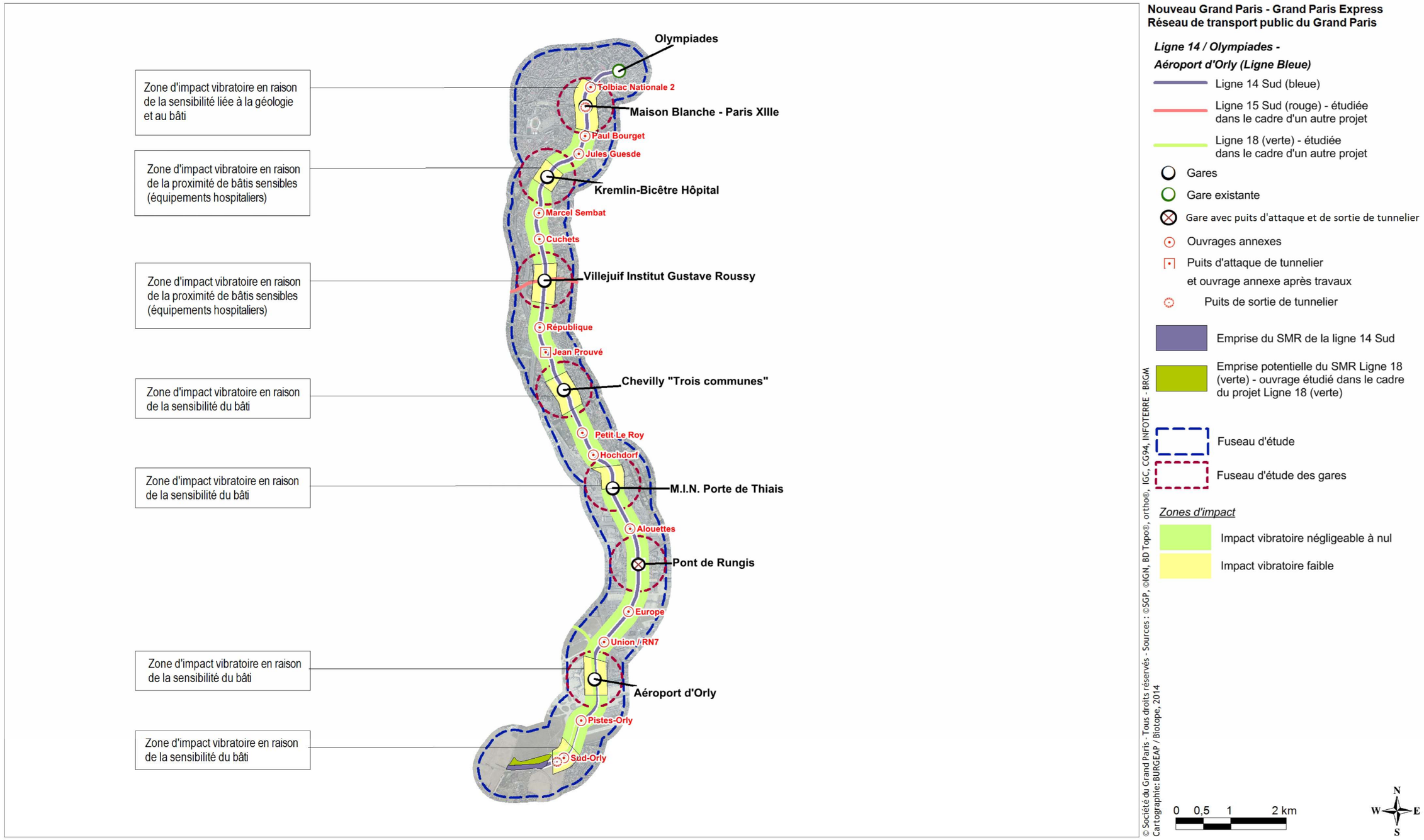
Zones du territoire	*Profondeur moyenne du toit du tunnel par rapport au TN*
Abords de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe	**15.8m**
Abords de l'OA Paul Bourget	32.5m
Abords de l'OA Jules Guesde	39.0m
Abords de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital	20.0m
Abords de l'OA Marcel Sembat	48.5m
Abords de l'OA Cuchets	35.5m
Abords de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy	31.0m
Abords de l'OA République	31.5m
Abords de l'OA Jean Prouvé	24.5m
Abords de la gare Chevilly « Trois Communes »	**15.0m**
Abords de l'OA Petit Le Roy	23.0m
Abords de l'OA Hochdorf	20.5m
Abords de la gare M.I.N Porte de Thiais	**14.5m**
Abords de l'OA Alouettes	22.3m
Abords de la gare Pont de Rungis	20.5m
Abords de l'OA Europe	21.0m
Abords de l'OA Union/RN7	26.0m
Abords de la gare Aéroport d'Orly	**16.0m**
Abord de l'OA Pistes-Orly	27.5m
Abords de l'OA Sud-Orly	**16.5m**
Abords du SMR Morangis	Au niveau du TN

Ces éléments montrent que le tunnel de la ligne 14 Sud ne présente pas une distance entre le toit de l'ouvrage et le terrain naturel inférieur à environ une dizaine de mètres.

Le choix de la profondeur du tunnel est conditionné par plusieurs critères :

- L'éloignement de fondations profondes de bâtiments
- L'existence de réseaux de canalisations dans le sous-sol
- La recherche de couches géologiques adaptées pour le creusement au tunnelier, et la tenue des sols au-dessus
- L'évitement lorsque cela est possible d'éléments sensibles géologiques comme les anciennes carrières, ou des vides dans le sous-sol

Sections homogènes d'impacts vibratoires



3.4.2.2. Impacts vibratoires temporaires en phase chantier

En phase chantier, il convient de distinguer les travaux liés à la construction du tunnel aux travaux liés à la construction des ouvrages comme les gares.

Les impacts potentiels liés aux travaux des gares :

Pour la construction des gares, il a été retenu la technique de construction des parois moulées. Cette méthode permet d'une part d'éviter les opérations de rabattements de nappes souterraines, mais également de limiter les vibrations liées à la phase de construction.

En effet, le creusement du sol pour l'implantation de la paroi se fait grâce à la technique présentée ci-dessous. Il n'est donc pas prévu les autres méthodes comme le battage de palplanches qui induisent des vibrations pour descendre les parois dans le sol.

La mise en place des parois moulées constituent la structure de chacune des gares.

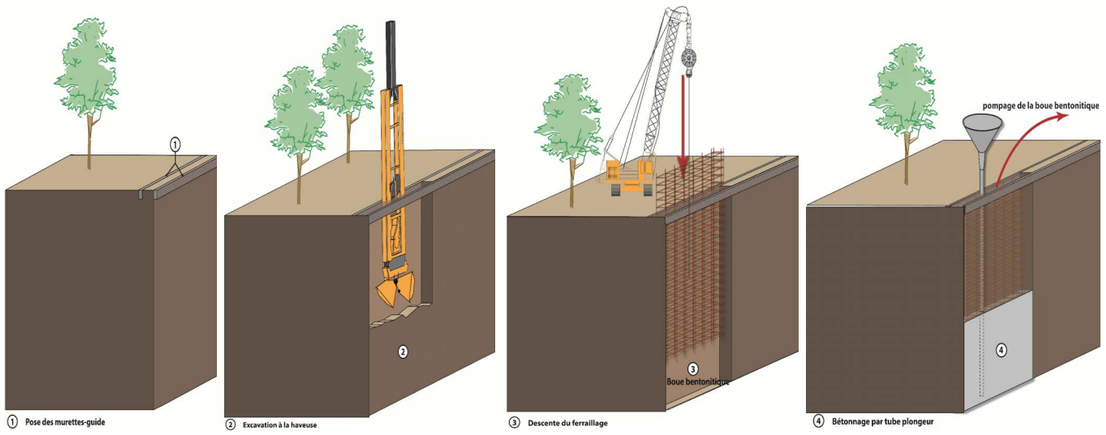


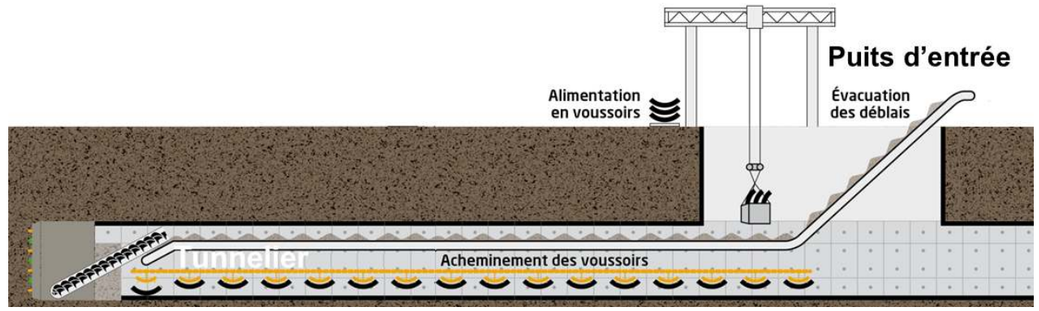
Schéma de principe de la technique de la paroi moulée

La mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière très importante les éventuelles vibrations liées à la phase de chantier. Elle peut être considérée comme une mesure d'évitement.

Les impacts liés à ces travaux de construction des gares sont considérés comme faibles.

Les impacts potentiels liés aux travaux de construction du tunnel :

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier.



Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Elle permet également de limiter les nuisances en surface, d'une part du fait du creusement en profondeur, et d'autre part du fait du type de creusement proposé. Le tunnelier assure la pressurisation du front de taille et la mise en place rapidement de voussoirs en béton avec injection de mortier permet d'assurer la stabilité du tunnel et sous étanchéité.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces 30 dernières années en région parisienne (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 l'absence de nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

Pour le creusement à proximité d'anciennes carrières, des mesures spécifiques de confortement sont prévues et seront 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 précisées dans cette étude d'impact dans la rubrique spécifique sur les anciennes carrières au niveau de la thématique de la géologie.

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 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 très forte l'émission de vibrations, elle peut être considérée comme une mesure d'évitement.

Les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles.

Mesures d'accompagnement :

- **Campagne de communication prévue sur les territoires :** En phase de construction, une information sera apportée aux riverains pour leur indiquer les périodes d'activités en amont de leur réalisation.

- **Mesures de suivi lors des phases de creusement :** Lors des phases de creusement au tunnelier, la Société du Grand Paris prévoit la réalisation de mesures de niveau 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 (réduction de la vitesse…).

3.4.2.3. Impacts vibratoires en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, l'émission éventuelle de vibrations est liée à la circulation des trains dans le réseau. Pour cette analyse, il n'est donc pas nécessaire de distinguer le tunnel des ouvrages, mais d'étudier la relation des roues du train, l'infrastructure, le sous-sol et la surface.

Le projet de la ligne 14 Sud permettra d'assurer le prolongement de la ligne 14 actuelle. Les dispositifs retenus pour ce projet seront donc en continuité avec les caractéristiques de la ligne existante.

Le roulement du futur métro se fera via un matériel roulant sur pneumatiques (roulement sur pneus).

Exemple de roulement pneumatique

L'emploi de cette technologie limite fortement à la source l'émission de vibrations dans les structures. Il convient de considérer que la diminution est d'environ 15 à 20 dBv sur les niveaux de vibrations, par rapport à la circulation de roues fer sur rail.

Les études conduites récemment pour le prolongement de la ligne 14 au nord confirment ces éléments.

L'analyse conduite par la RATP et le STIF est intéressante, puisqu'elle a permis de comparer les impacts vibratoires de la Ligne 14 sur sa section initiale en roulement pneu (Olympiades – Saint-Lazare) par rapport à ceux de la Ligne RER C et de la Ligne 3 du métro, tous deux en roulement fer.

Point de mesure de l'étude RATP-STIF	***Adresse***	***Niveau max en dBv***	***Distance entre voie ferrée et point de mesure***
PV1	Station Saint-Lazare Ligne 14 (sur pneumatiques)	48	5m sur quai au piédroit de la structure
PV2	Station Saint-Lazare Lignes 14 (sur pneumatiques) et 3 (sur rails)	72	10m sur milieu dalle
PV7	Entre Olympiades et Bibliothèque François Mitterrand Ligne 14 (sur pneumatiques)	51	En surface, à la perpendiculaire du tunnel
PV8	Entre Saint-Ouen et Pereire Levallois RER C (sur rails)	67	En surface, à la perpendiculaire du tunnel

La Ligne 14 émet un niveau vibratoire de l'ordre de 48dBv à 51 dBv suivant les points de mesure donc bien en deçà du seuil de perception de 66 dB pour le bruit solidien.

À l'inverse, prise avec la Ligne 3, le niveau vibratoire enregistré est de 72 dBv. Le RER C montre un niveau vibratoire de 67 dBv entre Saint-Ouen et Pereire Levallois.

Ainsi, la comparaison directe des niveaux vibratoires mesurés sur les quais entre un métro sur pneu (Ligne 14) et un métro/RER une roue métallique (Ligne 3 et RER C) montre une différence allant jusqu'à 25 dBv. La technique métro sur pneumatiques demeure la plus performante vis-à-vis des vibrations.

Réalisation de premières modélisations vibratoires des effets du métro en phase d'exploitation sur deux secteurs de la ligne 14 Sud :

À ce stade, deux premières modélisations ont été conduites sur les secteurs suivants :

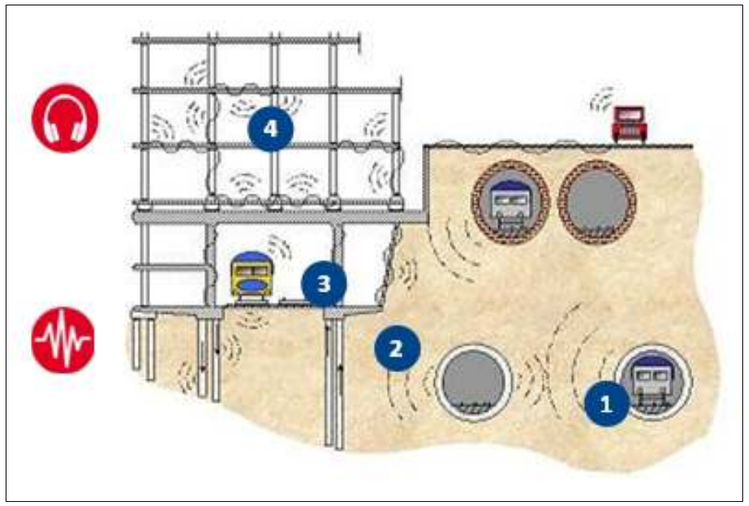
- **Secteur de Villejuif** : ce secteur a été retenu pour une première analyse, du fait de la présence à terme de deux lignes du Grand Paris Express (Ligne 15 Sud et Ligne 14 Sud) et de la proximité de l'institut Gustave Roussy ;
- **Secteur de Chevilly « Trois communes »** : La position de la section de calcul a été choisie à proximité de la gare de Chevilly 3 Communes, non pas en raison de la présence de la gare mais en raison de la plus faible profondeur du tunnel, dont l'axe se situera à -21m par rapport au terrain naturel (voies à -24m environ). Des bâtiments d'habitation sont également situés à proximité.

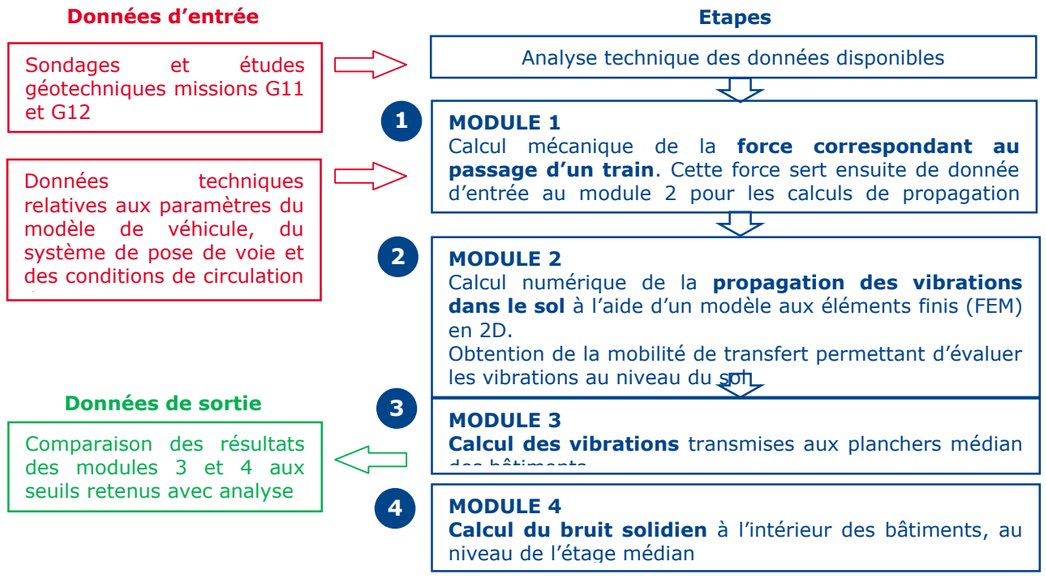
Ces études ont permis de préciser une première évaluation des niveaux vibratoires et du bruit solidien qui pourront être générés par l'exploitation du métro.

Méthodologie utilisée pour les calculs vibratoires en 4 étapes :

La méthodologie retenue consiste à utiliser quatre modules de calculs spécifiques (modules analytiques et modélisations numériques de type éléments finis), permettant successivement de caractériser :

- la force appliquée par le train sur les rails,
- la propagation des vibrations dans le sous-sol,
- leur transmission dans les fondations des bâtiments,
- leur conséquence en termes de vibration et de niveau sonore dans les bâtiments sensibles.



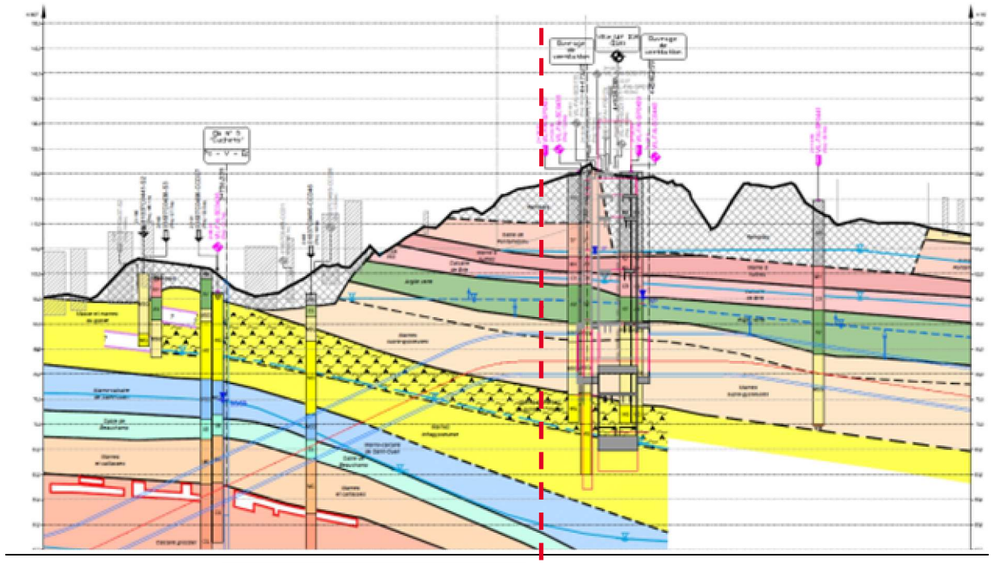


Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Matériel roulant avec roues métalliques avec un gabarit de rugosité relatif à un mauvais état de maintenance (à titre conservatif), qui correspond à une dégradation sévère des rails (usure ondulatoire) mais aussi des roues (présence de plat). Les valeurs retenues correspondent à la courbe enveloppe maximale majorante de données de rugosité mesurées sur différents métro en Europe (source Systra).
- Pose des voies classiques sur dalle ;
- Atténuation forfaitaire permettant de passer d'un matériel roulant avec roues en acier, à un métro sur pneus. Cette atténuation forfaitaire est issue des études et mesures réalisées au stade de la DUP sur le prolongement de la Ligne 14. La comparaison directe des niveaux vibratoires mesurés sur les quais entre un métro sur pneus montre une différence allant de 15 à 25 dBV. A titre conservatif, une atténuation forfaitaire de 15 dBV est donc retenue, et ce quelles que soient les fréquences.

Modélisation au niveau de Villejuif IGR :

Vue en coupe du secteur de Villejuif IGR – Reconnaissance géotechnique G11 issue des sondages réalisés



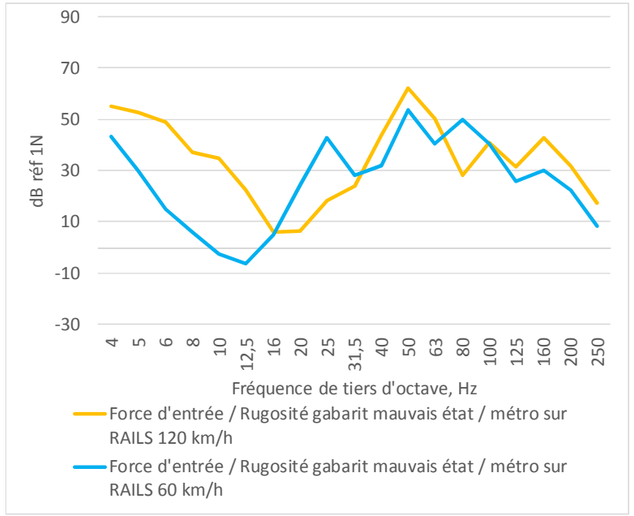
Section de calcul Villejuif

Calcul de la force appliquée par le train sur les rails (Module 1) : L'estimation de l'émission vibratoire due au passage d'un train s'appuie sur les données techniques relatives au véhicule et au système de pose de voie (rails, traverses, dalle béton, substrat).

Une des données essentielle à prendre en compte concerne les hypothèses de rugosité du contact roue-rail, puisqu'il s'agit là de la source de vibrations. Cette rugosité varie en fonction de plusieurs paramètres, notamment la fréquence d'utilisation, la qualité et les traitements des matériaux du rail et de la roue, le système de freinage (disque, tambour, etc) et aussi le rayon de courbure du tracé.

La force appliquée par le train ci-dessous est donnée pour un métro sur roues métalliques. Elle est ensuite atténuée de 15 dBV comme indiqué précédemment pour tenir compte des roues pneumatiques prévues sur la ligne 14 Sud en continuité avec la ligne existante.

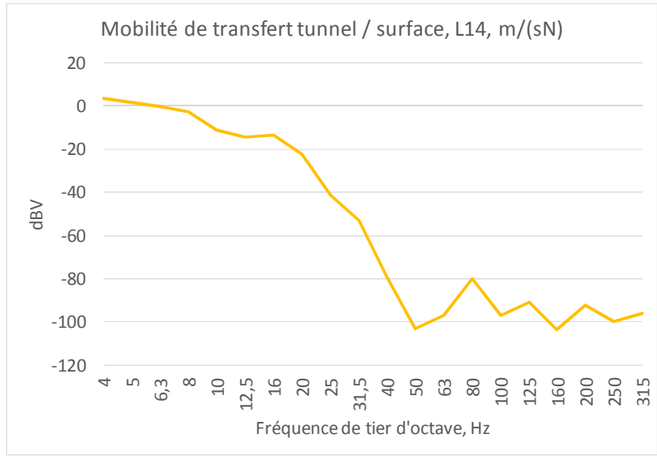
Force appliquée par le train à l'intérieur du tunnel - Exemple pour la section de « Villejuif » Ligne 14 Sud



La propagation des vibrations dans le sous-sol (Module 2) : La modélisation de la propagation dans le sol est réalisée via un modèle FEM. Le point de calcul retenu en surface se trouve à 50 m de l'axe du tunnel (distance horizontale). Cette distance a été retenue à partir de la position du tracé de la ligne 14 Sud aux bâtiments de l'hôpital IGR.

Le modèle FEM permet de calculer la mobilité de transfert qui correspond aux niveaux de vibrations induits par le passage des trains en surface. Ces niveaux de vibrations sont exprimés en dBV.

Propagation des vibrations dans le sol - Mobilité de transfert Ligne 14 Sud

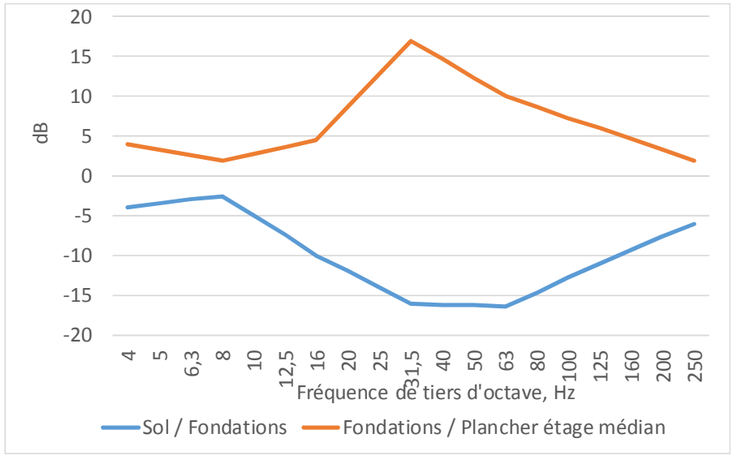


Le bruit solidien (Modules 3 et 4) : L'évaluation du risque de bruit solidien dans les bâtiments est réalisée à l'aide de fonctions de transfert qui sont issues d'une analyse bibliographique, et notamment des critères définis dans le « Transit noise and vibration impact assessment, FTA-VA-90-1003-06, May 2006 » et dans les livrables du projet RIVAS.

Les fonctions de transfert suivantes sont calculées successivement :

- Fonction de transfert vibratoire due à l'interaction sol / structure (pour un bâtiment type de grandes dimensions sur sol normal).
- Fonction de transfert vibratoire entre les fondations du bâtiment et le plancher d'un étage situé à mi-hauteur (pour un bâtiment type, avec planchers en béton).
- Fonction de transfert permettant le passage des dBV (vibration) aux dB(A).

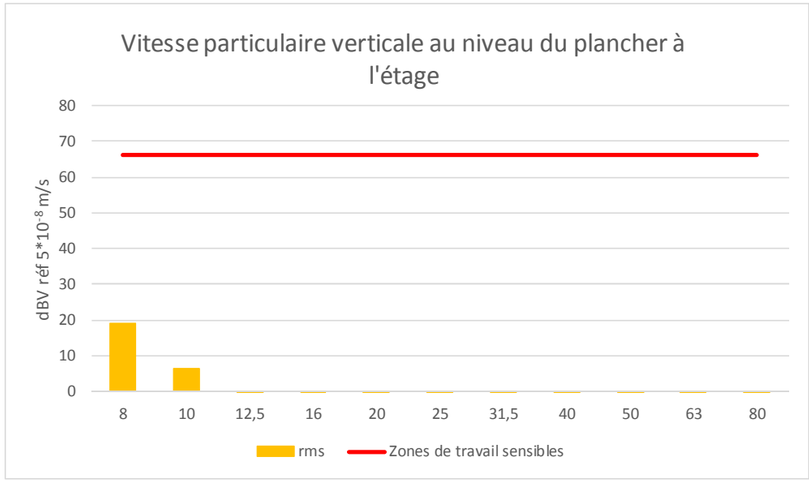
Fonctions de transfert pour le calcul du bruit solidien



L'interaction Sol/Fondation conduit à une atténuation des vibrations, alors que la propagation dans les étages peut conduire à un renforcement (effet de résonance).

Résultats de la modélisation pour le secteur de Villejuif : Les résultats présentés correspondent aux vibrations calculées pour l'impact de la ligne 14 Sud (métro sur pneus, 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).

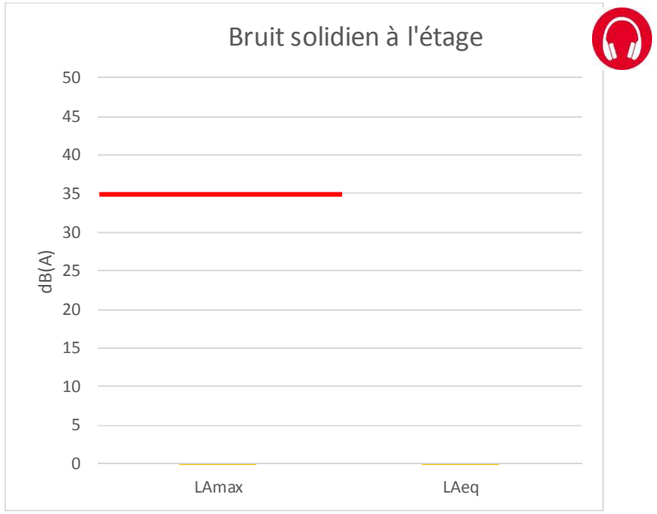
Résultats vibrations section « Villejuif » - Impact ligne 14 Sud



Dans les conditions et hypothèses retenues, l'impact vibratoire lié au passage des trains reste inférieur de plus de 40 décibels au seuil vibratoire retenu de 66 dBV, et ce pour toutes les bandes de fréquence. Il en est de même pour les fréquences supérieures. Dans cette zone, il n'y a donc pas lieu de prévoir de mesures supplémentaires de réduction des vibrations ni de compensation.

Au niveau de cette section, les vitesses d'exploitation seront bien plus faibles, du fait de la présence de la gare de Villejuif IGR qui nécessitera le freinage et l'arrêt des rames de métro. Les valeurs vibratoires seront plus faibles.

S'agissant du bruit solidien, celui-ci est calculé, comme pour les vibrations, au centre d'une pièce située à l'étage médian d'un immeuble de typologie similaire à celle des bâtiments de l'IGR.

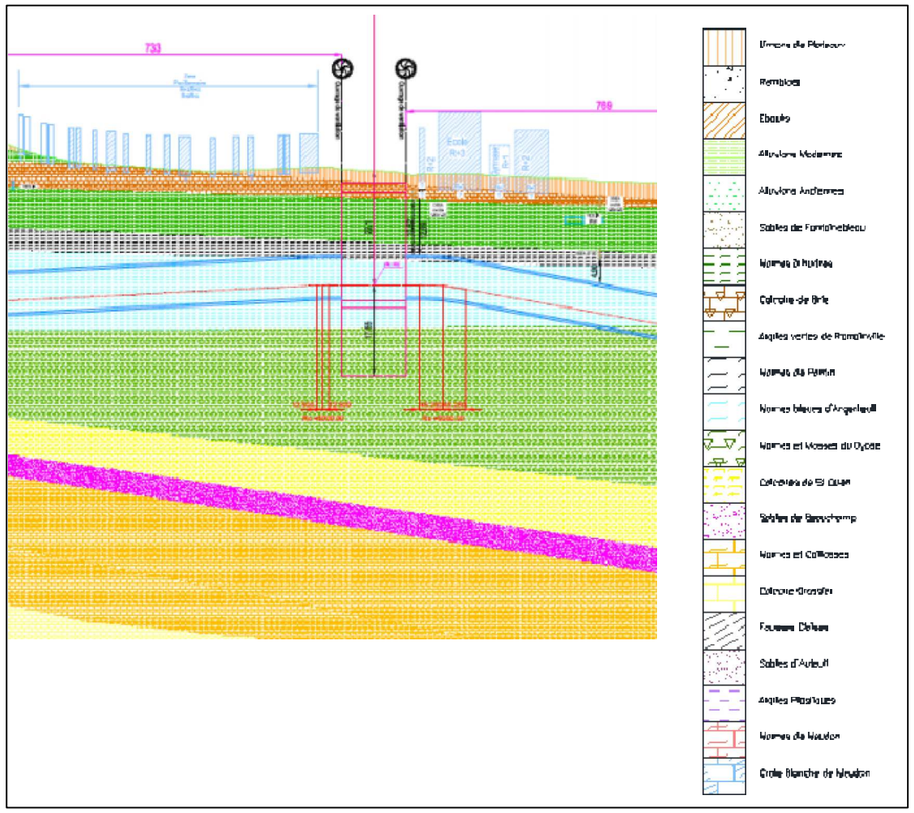


Les résultats obtenus en termes de bruit solidien sont très largement inférieurs à la valeur seuil instantanée fixée à 35 dB(A) la nuit puisque le niveau de bruit solidien calculé est nul, tant pour l'impact de chaque ligne pris séparément que pour l'impact cumulé.

Modélisation au niveau de Chevilly « Trois communes » :

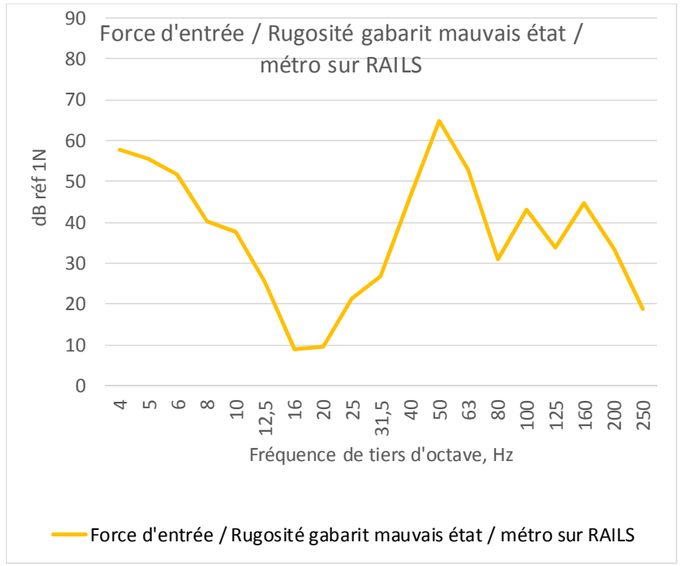
La même démarche que pour la modélisation au niveau de Villejuif a été appliquée pour la modélisation sur cette section.

Vue en coupe du secteur de Chevilly 3 Communes – Reconnaissance géotechnique G11 issue des sondages réalisés



Calcul de la force appliquée par le train sur les rails (Module 1) :

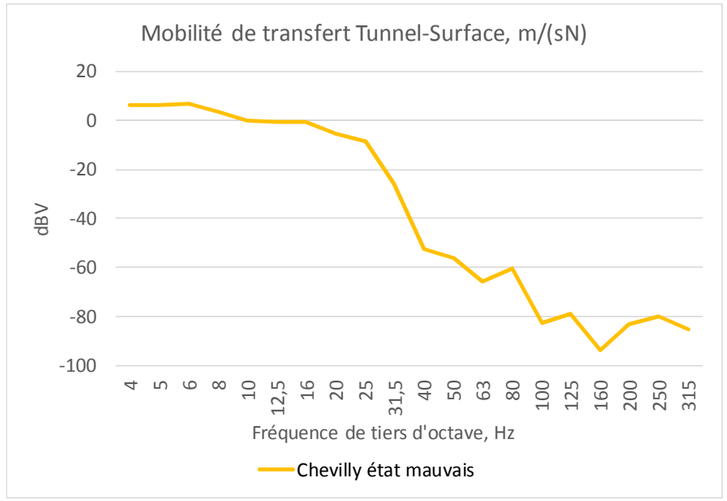
Force appliquée par le train à l'intérieur du tunnel - Section de « Chevilly 3 Communes »



La force appliquée par le train ci-dessus est donnée pour un métro sur roues métalliques. Elle est ensuite atténuée de 15 dBV comme indiqué précédemment.

La propagation des vibrations dans le sous-sol (Module 2) :

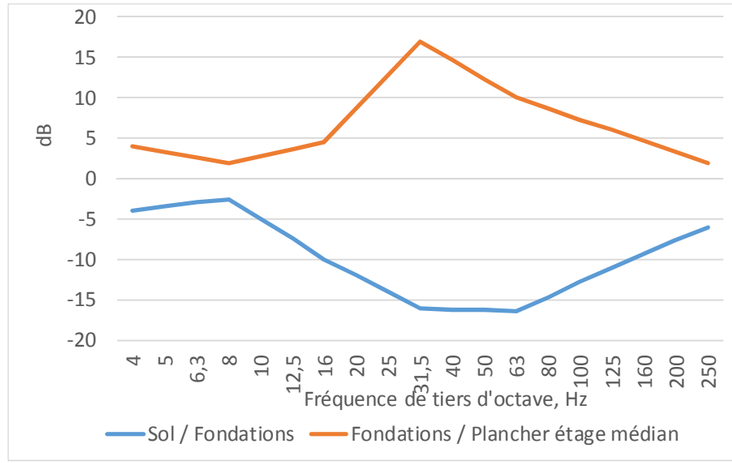
Propagation des vibrations dans le sol - Mobilité de transfert



La mobilité de transfert calculée montre une atténuation conséquente à partir de 40Hz.

Le bruit solidien (Modules 3 et 4) :

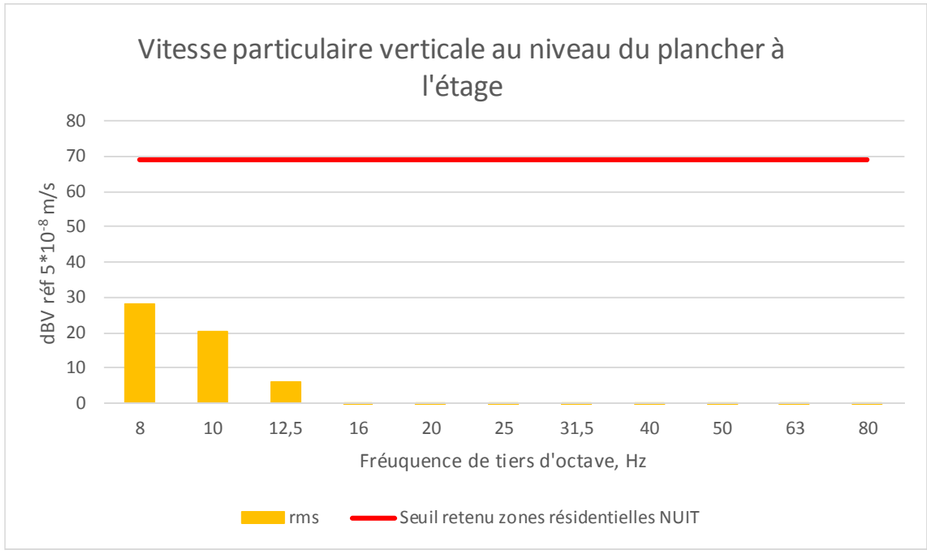
Fonctions de transfert pour le calcul du bruit solidien



L'interaction Sol/Fondation conduit à une atténuation des vibrations, alors que la propagation dans les étages peut conduire à un renforcement (effet de résonance).

Résultats de la modélisation pour le secteur de Chevilly « Trois communes » : Les résultats présentés correspondent aux vibrations calculées pour la ligne 14 Sud (métro sur pneus) au centre du plancher d'une pièce d'habitation située à l'étage médian d'un immeuble type.

Résultats vibrations section « Chevilly 3 Communes »

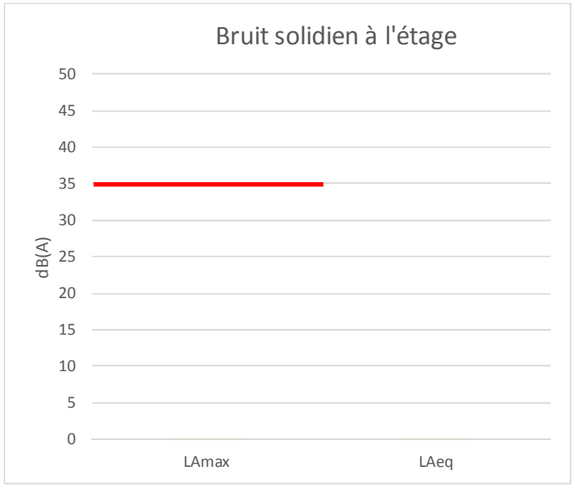


Dans les conditions et hypothèses retenues, l'impact vibratoire lié au passage des trains reste inférieur de plus de 40 décibels au seuil vibratoire retenu de 69 dBV, et ce pour toutes les bandes

de fréquence. Il en est de même pour les fréquences supérieures. Dans cette zone, il n'y a donc pas lieu de prévoir de mesures supplémentaires de réduction des vibrations ni de compensation.

Les modélisations vibratoires réalisées au niveau de la section retenue montrent que l'incidence vibratoire du projet de métro sur pneus restera largement inférieure aux seuils retenus en phase exploitation.

S'agissant du bruit solidien, celui-ci est calculé, comme pour les vibrations, au centre d'une pièce d'habitation située à l'étage médian d'un immeuble type.



Les résultats obtenus en termes de bruit solidien sont très largement inférieurs à la valeur seuil instantanée fixée à 35 dB(A) la nuit puisque le niveau de bruit solidien calculé est nul, tant pour l'impact de chaque ligne pris séparément que pour l'impact cumulé.

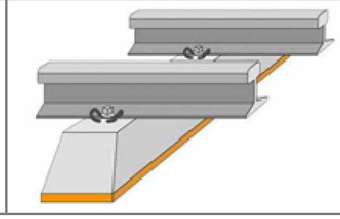
Conclusion des impacts vibratoires liés à l'exploitation de la ligne 14 Sud :

À ce stade des études, au vu de la technique retenue pour le roulement, de la profondeur du tunnel et des dispositions prévues pour le confortement des anciennes carrières, et des modélisations réalisées, les impacts sur les vibrations liés à l'exploitation du réseau sont considérés comme faibles.

Mesures d'accompagnement :

- **Réalisation de modélisations vibratoires** : Dans les étapes ultérieures, des modélisations approfondies seront réalisées. Il s'agira de s'assurer au niveau des zones plus sensibles identifiées dans cette étude d'impact, du niveau précis potentiel attendu pour les vibrations. Elles concerneront notamment, le secteur de Paris XIIIème et le secteur de Villejuif avec de nouvelles évaluations.

- **Dispositifs techniques de réduction des vibrations** : Dans le cas où les niveaux vibratoires modélisés seraient plus élevés que les ceux attendus sur les autres sections de la ligne 14 Sud, des dispositifs spécifiques pourront être mis en place au niveau des voies de roulement.

Descriptif	Illustration	Atténuation vibratoire en dBV	Indication du coût de pose
Tracé avec plaque antivibratile sous les traverses		3 à 5	80 €/m

Exemple de dispositif possible pour roulement pneumatique

- **Réalisation de simulations avant le démarrage de l'exploitation** : Avant l'ouverture au public du réseau, des essais *in situ* sont prévus pour s'assurer des niveaux de vibrations en surface.

- **Mesures de suivi en phase d'exploitation** : Des mesures des niveaux vibratoires seront réalisées en phase d'exploitation au niveau de la surface. Il s'agit de s'assurer du niveau atteint par rapport aux résultats des modélisations. Dans le cas où des dépassements importants seront identifiés, des dispositifs pourront être mis en place.

- **Indemnisation des impacts constatés :** En phase d'exploitation**,** si des désordres étaient observés en surface, un dispositif d'indemnisation mis en place par la Société du Grand Paris pourra prévoir une indemnisation des personnes. Cette démarche s'appuie dans un premier temps sur les diagnostics du bâti réalisés avant le démarrage des travaux.

3.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les vibrations

Éléments concernés	*Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial*	*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*
Vibrations	**Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »** **Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »** **Section « Pont de Rungis – SMR Morangis**	Zones d'anciennes carrières dans la section Nord du projet Présence d'établissements sensibles au niveau de Villejuif	Tunnel, gares	*Impact en phase chantier :* Vibrations potentielles liées à la construction du tunnel et des gares *Impact en phase d'exploitation :* Vibrations potentielles liées à la circulation du matériel roulant	**Faible**	**Phase chantier – Tunnel :** • Confortement des anciennes carrières avant creusement • Technique du tunnelier • Profondeur du tunnel adapté aux fondations du bâti • Campagne de communication prévue auprès des riverains • Mesures de suivi lors des phases de creusement **Phase chantier – Gare :** • Technique des parois moulées • Campagne de communication prévue auprès des riverains **Phase d'exploitation :** • Réalisation de modélisations vibratoires • Dispositifs techniques de réduction des vibrations • Réalisation de simulations avant le démarrage de l'exploitation • Mesures de suivi en phase d'exploitation • Indemnisation des impacts constatés	néant	néant

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

3.4.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement et de suivi

3.4.4.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coût des mesures concernant les vibrations – Phase chantier

Dénomination de la mesure	*Coût de la mesure*
Utilisation de la technique dite de parois moulées	Intégré au coût des travaux
Mesures spécifiques vis-à-vis des ouvrages souterrains	Se reporter à la partie « Occupation du sous-sol »
Campagne de communication	Intégré au coût des travaux
Mesures sur site en cours de travaux	Environ 4000 euros par site de mesures

3.4.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	*Coût de la mesure*
Réalisation de modélisations sur les zones homogènes d'impacts vibratoire	Environ 20 000 euros par étude
Mise en place d'un réseau d'appareils de mesure des vibrations et du bruit solidien	Environ 4000 euros par site de mesures

3.5. La gestion des déblais liés à la phase de creusement

3.5.1. Le volume de déblais lié à la construction de la ligne 14 Sud

Les volumes de déblais produits dans le cadre de la réalisation de la Ligne 14 Sud (ligne bleue) sont estimés à environ **3,5 millions de tonnes de déblais**.

Les principales sources de production de déblais sont **le creusement du tunnel par les tunneliers** et **la réalisation des gares de la ligne** qui représentent respectivement près de 47 % et 32 % du volume total. Le reste des déblais provient, de **la réalisation du site de maintenance et de remisage de Morangis** et des **13 ouvrages annexes** nécessaires à l'exploitation de la ligne de métro.

En phase travaux, la gestion des déblais liés à la réalisation du projet risquent de perturber le fonctionnement urbain du territoire (conditions de circulations et déplacements) et d'avoir un impact sur le cadre de vie des riverains aux abords des chantiers et des itinéraires d'accès depuis ces bases chantiers.

Dans ce cadre, la Société du Grand Paris a souhaité anticiper les mesures destinées à limiter ces nuisances potentielles et à en réduire la durée avant même la passation des marchés de maîtrise d'œuvre et le choix des entreprises de travaux.

3.5.2. La mise en œuvre d'une démarche de gestion en amont de la phase chantier

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, le maître d'ouvrage s'est engagé 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 du GPE et pour la ligne 14 Sud (ligne bleue), objet de la présente étude d'impact, sont traduites dans un document spécifique, **le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED). Ce document est joint en annexe de la présente étude d'impact (pièce G.4.1).**

Rôle du Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED) :

Le SDED est un document de cadrage qui fixe les grands principes de gestion des déblais issus de la construction du Grand Paris Express. Ces principes seront déclinés dans les études de projet par la maîtrise d'œuvre pour une traduction et l'intégration de clauses spécifiques dans les marchés publics de travaux pour la réalisation des chantiers.

Ce schéma traduit les engagements du Maître d'ouvrage, définit les orientations stratégiques en matière de gestion des déblais poursuivis à l'échelle globale du Grand Paris express et leur mise en œuvre à l'échelle de la ligne 14 sud (ligne bleue).

La stratégie de gestion s'articule autour de cinq orientations principales :

1. **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) ;

2. **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 ;

3. **Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais** en limitant le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;

4. **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 ;

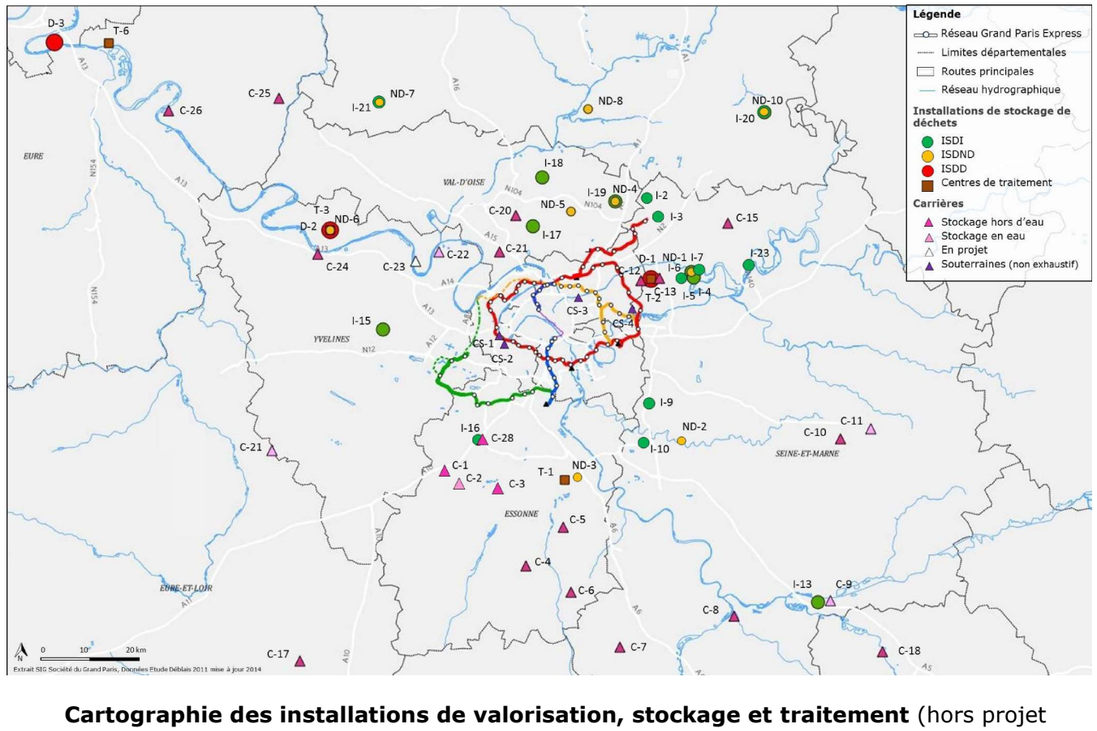
5. **Organiser le suivi opérationnel des chantiers** en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

Ces orientations se traduisent dans la conduite opérationnelle des chantiers par un ensemble d'actions :

- **Développer le transport fluvial ;**
- **Encourager le transport ferroviaire ;**
- **Réduire les distances de transport ;**
- **Limiter l'utilisation des voiries communales ;**
- **Limiter le stockage définitif des terres ;**
- **Traiter les terres polluées.**

Pour chaque point d'extraction de déblais, un dispositif d'évacuation a été mis en place pour le chargement et le transport des matériaux extraits. Les modes de transports sont identifiés (fleuve, rail ou route) ainsi que les itinéraires privilégiés pour rejoindre les sites d'accueil potentiel en fonction de la nature et des volumes de déblais.

La carte suivante représente l'ensemble des installations de stockage, carrières et centres de traitement susceptibles d'accueillir les déblais des chantiers Grand Paris Express.



Cartographie des installations de valorisation, stockage et traitement (hors projet d'aménagement)

Au stade d'avancement du projet, la majorité des déblais, à hauteur d'environ 66% du volume total présumé, sont considérés comme inertes. Ils seront ainsi évacuer en priorité vers une filière de valorisation :

- Réemploi et recyclage pour les chantiers du Grand Paris Express ;
- Réutilisation et recyclage pour les projets d'aménagement des territoires ;
- Recyclage dans les filières du BTP ;
- Comblement de carrière.

Pour compléter les informations et évaluer les besoins dans les projets d'aménagement, la Société du Grand Paris lance au dernier trimestre 2014, une enquête conjointe avec l'Association des maires d'Ile-de-France afin d'identifier les besoins en remblais des communes sur les années à venir correspondant au planning des chantiers.

Lorsqu'aucun de ces principes de valorisation ne pourra être mis en œuvre, les terres seront éliminées en installation de stockage de déchets et de traitement selon le degré de pollution des terres :

- ISDI : Installation de stockage de déchets inertes
- ISDND : Installation de stockage de déchets non dangereux non inertes
- ISDD : Installation de stockage de déchets dangereux
- Centre de traitement

Le choix des filières de gestion dépend de la méthode constructive employée et des caractéristiques physiques et chimiques des déblais. En effet, la méthode de creusement au tunnelier modifie les paramètres physiques de la terre en place et entraine un mélange des horizons géologiques. Leur nature sera précisée par les campagnes de sondages géotechniques et de diagnostic des sols en phase d'avant-projet.

Il n'existe pas une solution d'évacuation spécifique qui permettrait de répondre aux différents enjeux liés aux volumes de déblais à évacuer, à la nature et aux cadences des chantiers. Le maître d'ouvrage propose une solution basée sur l'association et la complémentarité des différentes filières qui existent avec la logistique transport.

La Société du Grand Paris a engagé une nouvelle étude pour l'identification des sites sur un périmètre plus large afin de compléter les informations dont elle dispose et d'affiner les circuits logistiques.

3.5.3. La gestion au niveau de la ligne 14 Sud

3.5.3.1. Évacuation par la voie fluviale

À l'échelle de la ligne 14 sud, il existe plusieurs possibilités d'utiliser la voie fluviale avec la présence à moins de 10 km de plusieurs ports urbains et plate-forme fluviale. Leur accès doit cependant être réalisé par voie routière. Aussi, la localisation des ouvrages de la ligne ne permet pas d'exclure totalement l'utilisation de la route. De manière générale pour chaque ouvrage gare du projet de ligne, deux grandes hypothèses d'évacuation sont étudiées :

- Une évacuation depuis l'un des ports sur la Seine géré par Ports de Paris après un pré-acheminement obligatoire par la route depuis les bases chantiers.

  La faisabilité technique et logistique sera étudiée ultérieurement avec l'expertise de Port Autonome de Paris dans le cadre de la convention signée entre cette institution et la Société du Grand Paris le 19 décembre 2013 pour favoriser le report et l'utilisation de la voie d'eau.

- Une évacuation par la route si le recours au mode alternatif n'est pas envisageable compte tenu de l'indisponibilité des ports et des distances à parcourir depuis les bases chantiers.

3.5.3.2. Évacuation par la voie ferrée

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée depuis la base chantier de Pont de Rungis pour l'évacuation des déblais du tunnelier et de la gare sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport. Pour les déblais de creusement des tunneliers depuis le site de Jean-Prouvé et les déblais du SMR, seule l'hypothèse route est à ce stade identifiée.

3.5.3.3. Évacuation par la voie routière

La planification des itinéraires routiers ont fait l'objet d'une concertation avec les communes des territoires d'implantation. Ces trajets reposent sur l'utilisation du réseau magistral pour éviter la circulation des camions sur les voiries communales. Les évacuations ne sont possibles pour la majorité des ouvrages de la ligne que par l'A6, qui est l'axe structurant délimitant le projet. La priorité est donnée à une évacuation au plus près des zones de production et en direction installations agréées du sud de l'ile–de-France dans les départements de de l'Essonne ou du Sud de la Seine et Marne en conformément au Plan régional d'élimination des chantiers (PREDEC) à l'enquête publique en 2014. À l'échelle globale de la ligne, la mise en œuvre d'une évacuation fluviale ou ferroviaire pour tout ou partie des ouvrages en parallèle des évacuations par la route permettra de réduire les flux de camions cumulés sur l'axe autoroutier.

Les schémas de circulation proposés depuis chaque chantier dans le SDED seront affinés dans le cadre du processus d'enquête publique et des études ultérieures de projet avec les collectivités. Ces itinéraires seront précisés par arrêté municipal fixant les prescriptions pour les entreprises exécutant les travaux.

Les schémas de circulation proposés depuis chaque chantier dans ce document pour rejoindre l'axe structurant de l'A6 essentiellement ou les ports de proximité s'appuient au maximum sur l'utilisation du réseau magistral. Ces principes d'accès et leur organisation ont été prédéfinis avec les services techniques des communes d'implantation des divers ouvrages du projet dans le cadre de la concertation déjà engagée par la Société du Grand Paris sur les territoires concernés. Ils seront affinés dans le cadre du processus d'enquête publique et des études ultérieures. Ces itinéraires seront précisés par arrêté municipal fixant les prescriptions pour les entreprises exécutant les travaux.

<u>Mesures retenues pour la gestion des déblais de la ligne 14 Sud :</u>

- **Optimisation du volume des ouvrages (gares, ouvrages de sécurité) en vue de réduire le volume de déblais à gérer**
- **Études en cours pour une utilisation de la voie fluviale (pré-acheminement par camions néanmoins nécessaire).**
- **Étude en cours sur l'opportunité d'utilisation de la voie ferré au niveau de Pont de Rungis.**
- **Pour la voie routière, les itinéraires seront retenus en concertation avec les collectivités concernées.**
- **Itinéraires pour rejoindre le plus rapidement les routes structurantes. Les voies locales seront évitées dans la mesure du possible.**

3.5.3.4. Analyse des effets cumulés avec la construction de la ligne 15 Sud (rouge) du Grand Paris Express

Les objectifs de mises en service des lignes ont été fixés par le Gouvernement. Pour la Ligne 15 sud « Ponts de Sèvres et Noisy-Champs », l'objectif de mise en service est prévu en 2020. Celui de la Ligne 14 sud est déterminé à l'horizon 2024 suite aux dernières annonces gouvernementales spécifiant l'accélération des dessertes des aéroports. Les opérations de travaux sont donc décalées dans le temps.

Certains travaux de la ligne 14 Sud pourront être réalisés sur un temps donné en parallèle des chantiers de la Ligne 15 Sud. Les flux de chantiers susceptibles d'avoir un impact en matière de transport avec les chantiers de la Ligne 14 Sud sont les flux depuis les sites de la Ligne 15 Arcueil Cachan, Villejuif Louis d'Aragon, Vitry Centre et les Ardoines.

Les orientations depuis les gares Arcueil-Cachan et Villejuif Louis Aragon sont communes avec celles préconisées dans le cadre de la réalisation de la Ligne 14 sud : si le transport routier est le mode de transport qui sera utilisé, il s'agit de rejoindre au plus vite l'axe magistral de l'autoroute A6. L'un des itinéraires potentiels identifiés pour la gare Arcueil Cachan est de rejoindre l'A6 au niveau de l'échangeur A86/ A6 au sud du Val de Marne. Cet itinéraire permet de ne pas multiplier les flux potentiels de camions avec ceux des chantiers de la Ligne 14 sud depuis la commune de Villejuif. Concernant le chantier depuis Villejuif Louis Aragon, les itinéraires seront précisés en fonction du planning de réalisation pour ne pas superposer les flux à l'évacuation des déblais des tunneliers depuis Jean-Prouvé. Depuis les bases chantiers de Vitry Centre et Les Ardoines, les impacts potentiels sont limités à une faible section de l'A86 en direction des quais de Seine pour une évacuation qui pourraient être réalisée par voie fluviale.

Les études logistiques de la Société du Grand Paris initiées à l'été 2014 ont pour objectifs d'étudier ces impacts potentiels, et de réfléchir à une gestion des déblais sur l'ensemble du périmètre de la Ligne 15 et 14 Sud pour les réduire.

Pour toute information approfondie sur la gestion des déblais de la ligne 14 Sud, le lecteur est invité à prendre connaissance du Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED) en annexe de cette étude d'impact (pièce G.4.1).

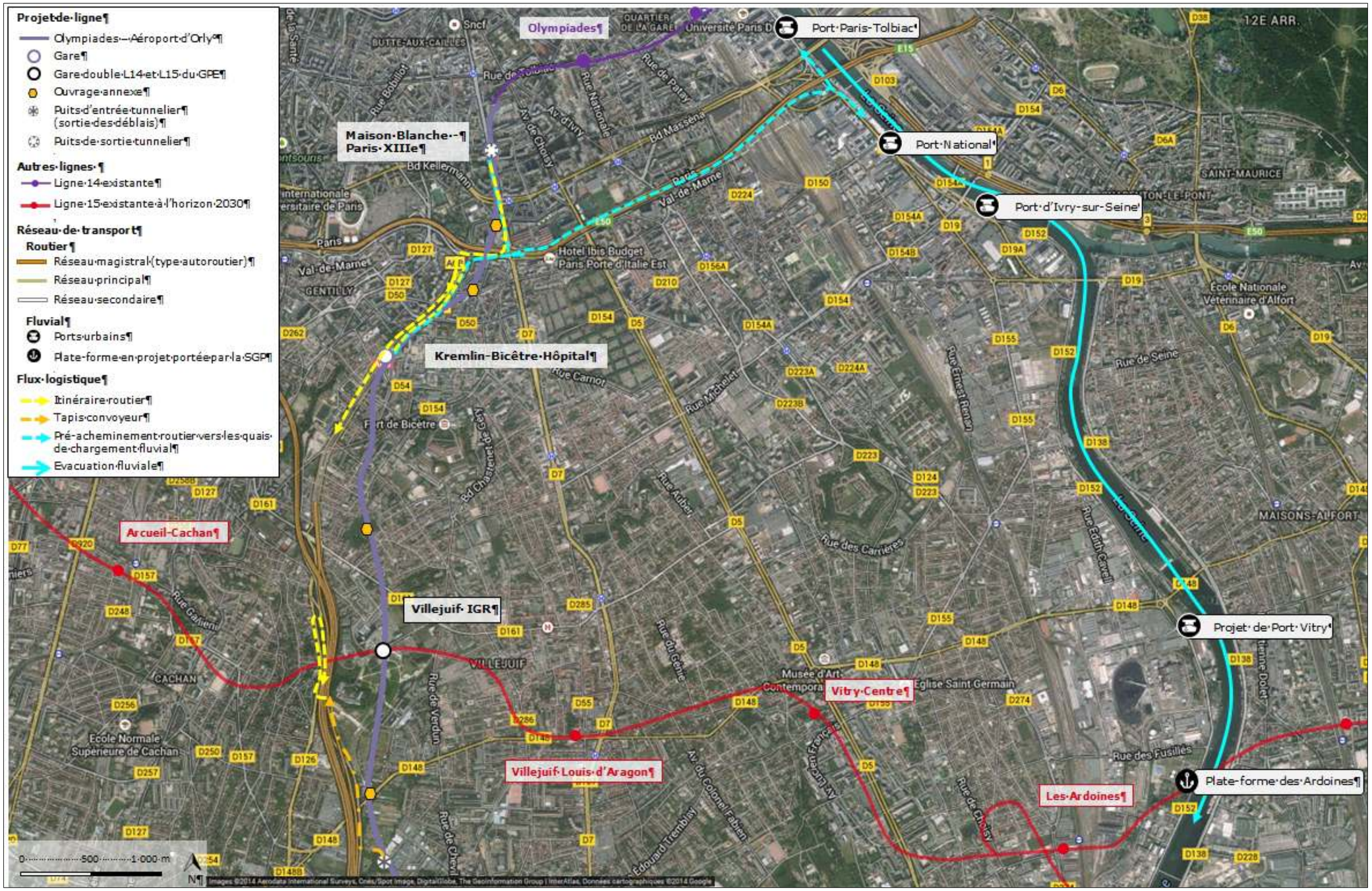


Schéma général d'évacuation à l'échelle de la ligne 14 « Olympiades-Aéroport d'Orly » - Partie Nord

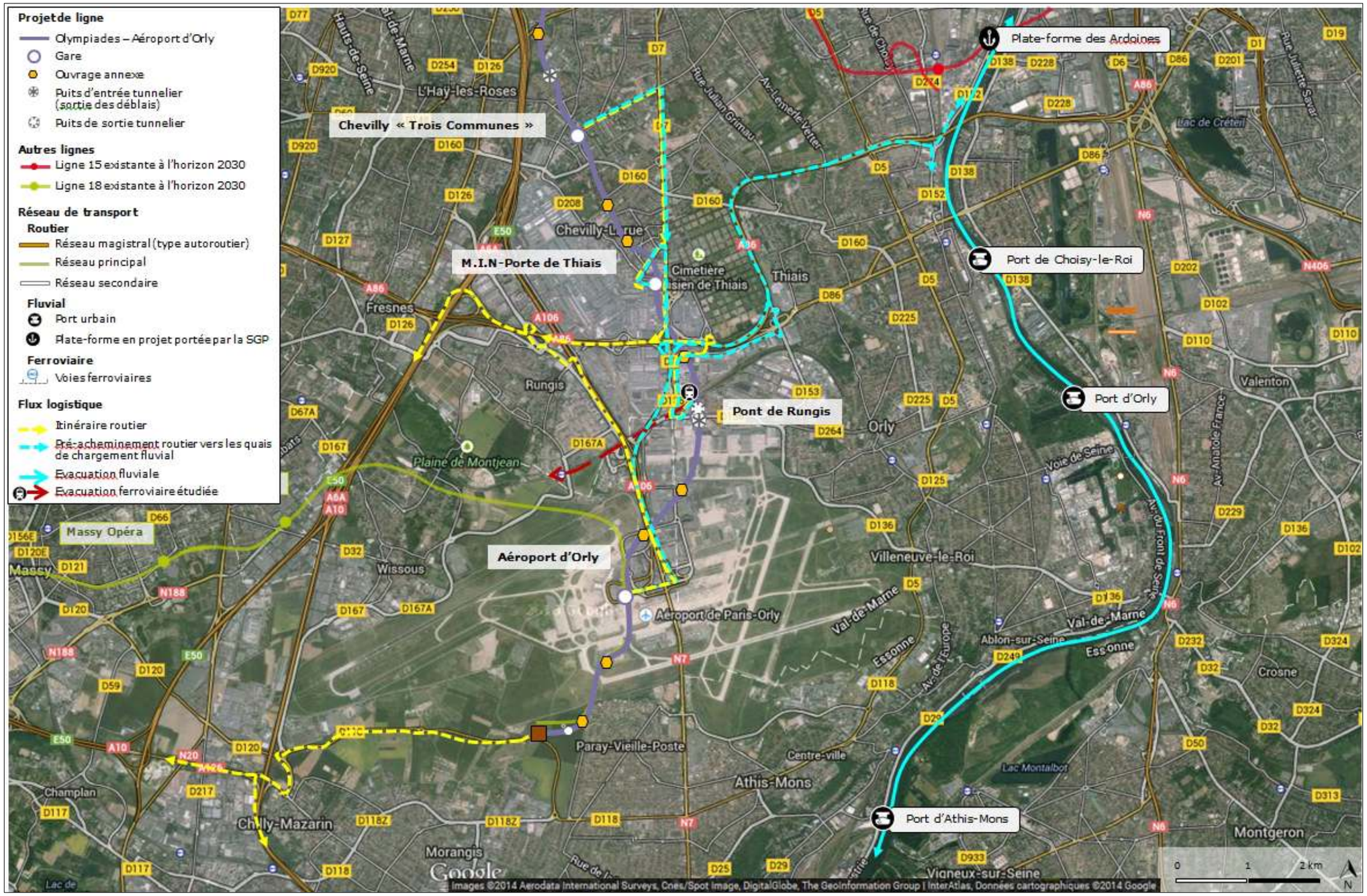


Schéma général d'évacuation à l'échelle de la ligne 14 « Olympiades-Aéroport d'Orly » - Partie Sud

3.5.4. La prise en compte du risque de pollution des sols et des eaux souterraines

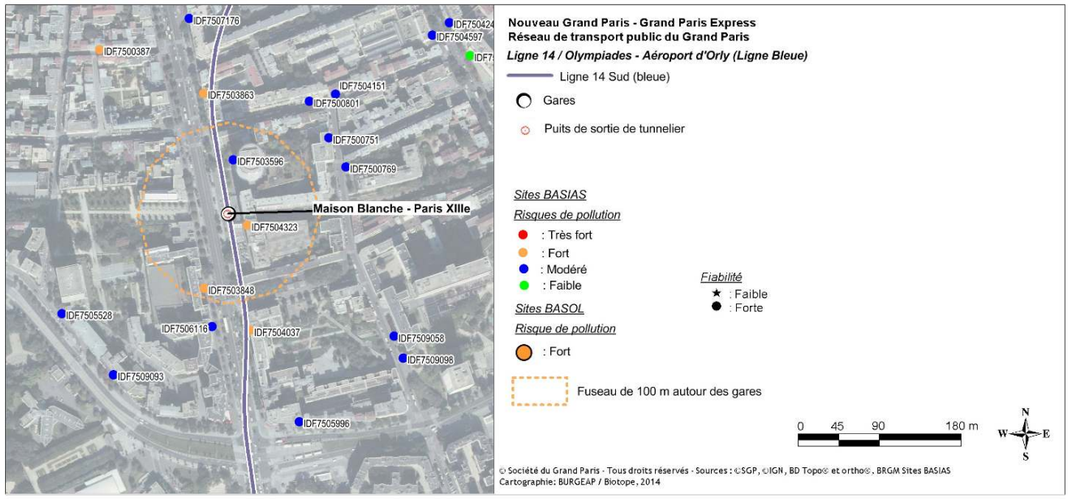
L'anticipation de la gestion des déblais issus de la construction des différents ouvrages nécessite en amont du lancement des chantiers, la bonne connaissance de la pollution des terres actuellement en place.

Cette connaissance s'appuie d'une part sur les données bibliographiques disponibles, il s'agit des sites BASOL et BASIAS indiqués dans l'état initial, et sur des campagnes de sondages conduites par la Société du Grand Paris sur les sites qui seront excavés.

3.5.4.1. Croisement entre le projet et les sites BASOL et BASIAS

Ce travail a été réalisé au niveau des gares, qui présente des volumes importants de déblais dans des contextes fortement urbanisés.

Gare Maison Blanche - Paris XIIIe :

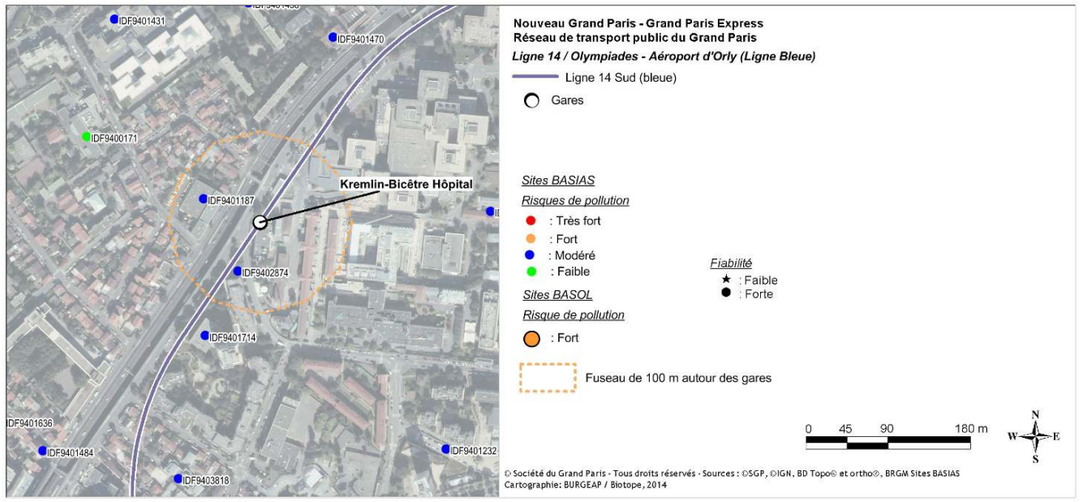


Sites BASIAS et BASOL aux abords de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe

Caractéristiques de la gare	26 m (cote approximative du radier+ 29 m NGF) Gare située au sein de la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-3 m : Remblais
	3-20 m : Calcaire grossier
	20-27 m : Fausses Glaises
	27-41 m : Argiles plastiques
	41 m et au-delà : Marnes de Meudon
Profondeur de la nappe	Environ 16 m : nappe de l'Eocène inférieur à moyen (cote approximative + 39 m NGF) La nappe sous-jacente du Montien et de la Craie est séparée de la nappe de l'Eocène par des horizons imperméables (Fausses Glaises et Argiles Plastiques).
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	3 sites BASIAS : • Carrosserie • Station-service • Garage automobiles
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence de données
Risque de pollution	0-3 m : présence de remblais 0-15 m : présence de 3 sites BASIAS avec possibles réservoirs enterrés 16 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-15 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, métaux et métalloïdes au droit des sites BASIAS 16 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

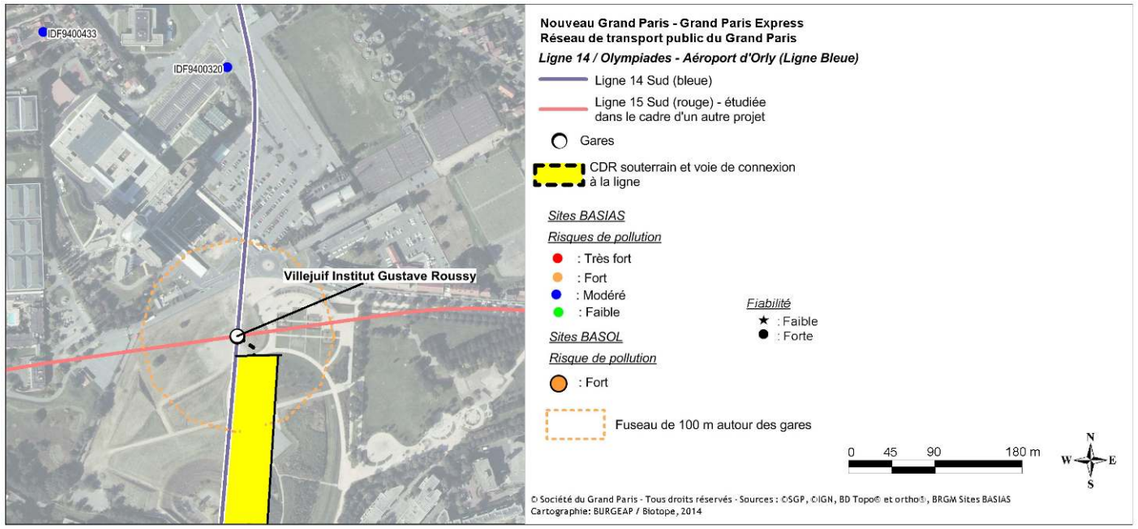
Critères du sous-sol aux abords de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe et influence potentielle des sites BASIAS et BASOL à proximité

Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital :



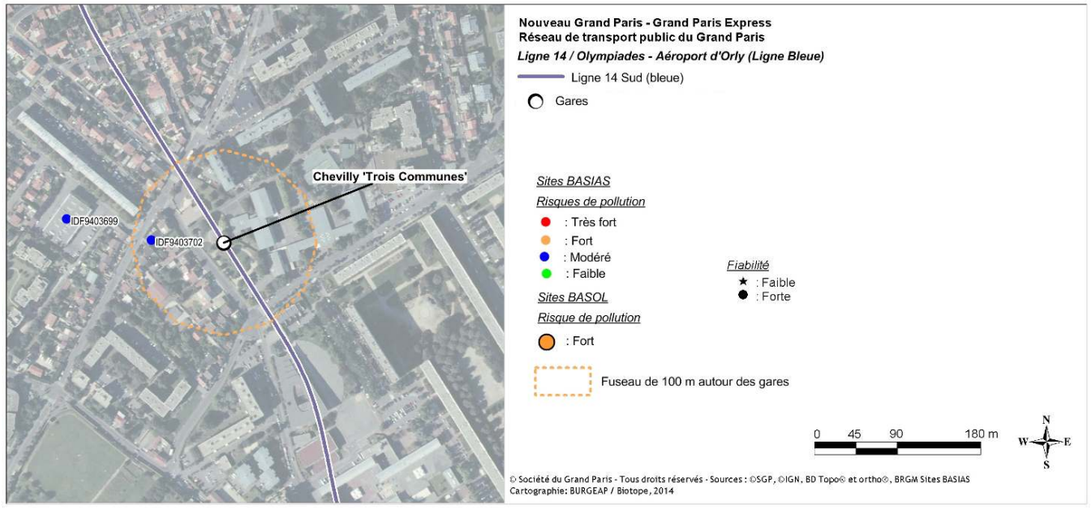
Caractéristiques de la gare	29 m (cote approximative du radier+ 40 m NGF) Gare située au sein de la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-3 m : Remblais
	3-7 m : Marnes et Caillasses
	7-25 m : Calcaire grossier
	25-31 m : Argiles plastiques et Sables de l'Yprésien
	A partir de 31 m : Marnes de Meudon
Profondeur de la nappe	Environ 24 m : nappe de l'Eocène inférieur à moyen (cote approximative + 45 m NGF) La nappe sous-jacente du Montien et de la Craie est séparée de la nappe de l'Eocène par l'horizon imperméable (Argiles Plastiques).
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	2 sites BASIAS : • décharge de pneus, traitement et revêtement des métaux et casse-automobiles • casse-automobile
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence de données
Risque de pollution	0-3 m : présence de remblais 0-10 m : présence de 2 sites BASIAS 24 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-10 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, métaux et métalloïdes au droit des sites BASIAS 24 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Gare Villejuif Institut Gustave Roussy :



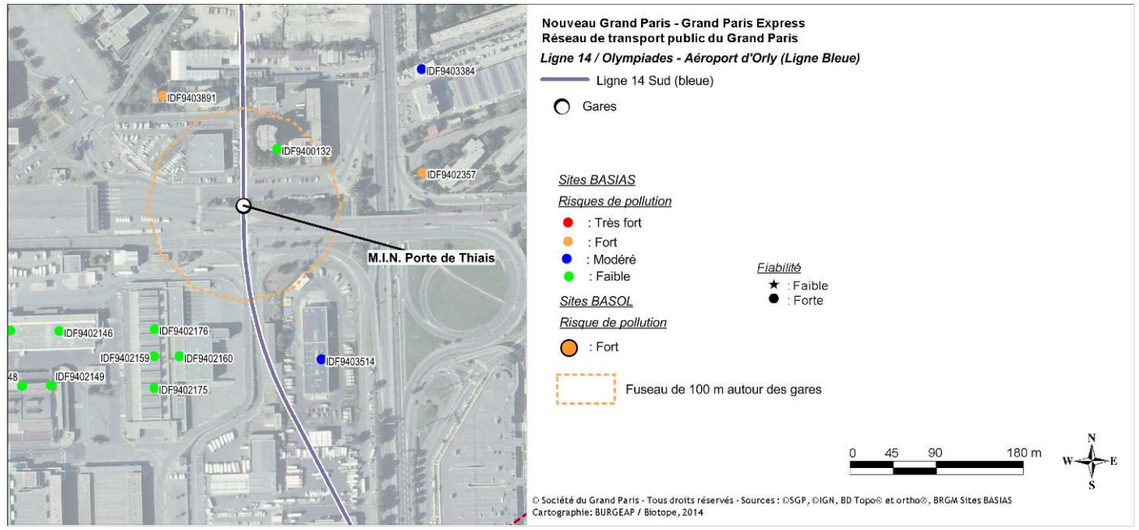
Caractéristiques de la gare	54 m (cote approximative du radier+ 65 m NGF) Gare située sous la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-12 m : Remblais
	12-16 m : Sables de Fontainebleau
	16-20 m : Marnes à huîtres
	20-23 m : Calcaire de Brie
	23-29m : Argile verte
	29-44 m : Marnes supra-gypseuses
	A partir de 44 m : Masses et Marnes du Gypse
Profondeur de la nappe	Environ 15 m : nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (cote approximative +104 m NGF) La nappe du Calcaire grossier est séparée de la nappe du Calcaire de Brie par des horizons semi-imperméables à imperméables.
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	Aucun
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence d'impacts selon les quelques données
Risque de pollution	0-12 m : présence de remblais 15 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Absence d'impacts selon les quelques données
Polluants suspectés dans les sols	0-12 m : présence potentielle de HCT, HAP, métaux et métalloïdes dans les remblais 15 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Gare Chevilly « Trois Communes » :



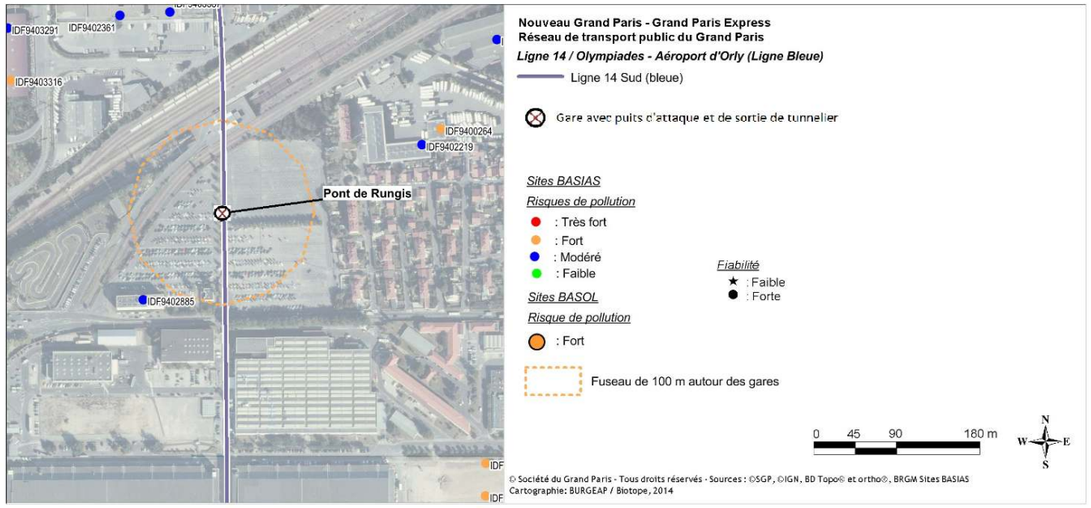
Caractéristiques de la gare	27 m (cote approximative du radier+ 65 m NGF) Gare située sous la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Limons des Plateaux
	2-7 m : Calcaire de Brie
	7-14 m : Argile verte
	14-34 m : Marnes supra-gypseuses
	A partir de : Masses et Marnes du Gypse
Profondeur de la nappe	Environ 3 m : nappe du calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (cote approximative +89 m NGF) La nappe du Calcaire grossier est séparée de la nappe du Calcaire de Brie par des horizons semi-imperméables à imperméables.
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	1 site BASIAS : casse-automobile
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence de données
Risque de pollution	0-3 m : présence d'un site BASIAS 3 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-3 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, métaux et métalloïdes au droit des sites BASIAS 3 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Gare M.I.N. Porte de Thiais :



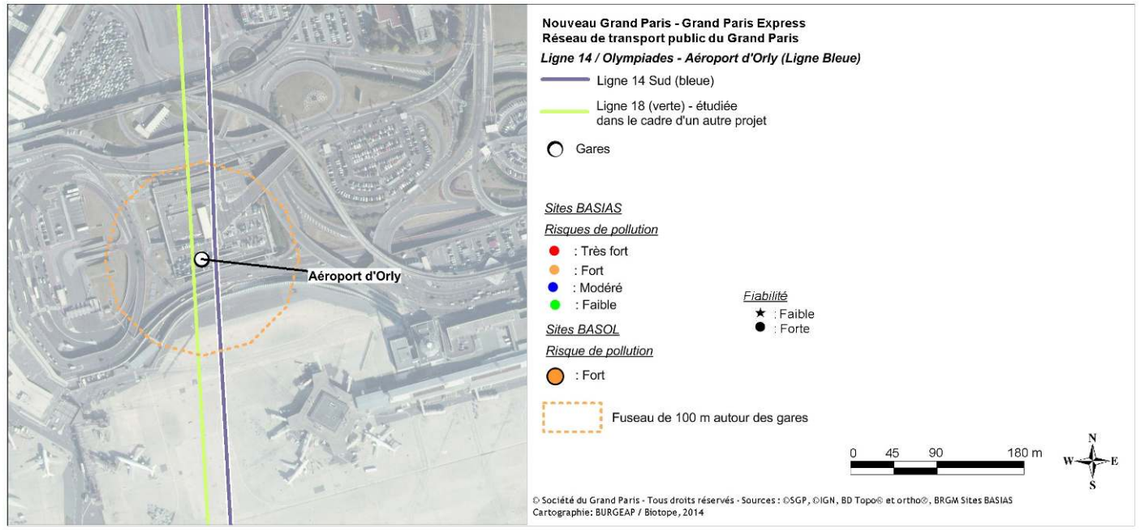
Caractéristiques de la gare	26 m (cote approximative du radier+ 63 m NGF) Gare située sous la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais
	2-4 m : Limons des plateaux
	4-11 m : Calcaire de Brie
	11-17 m : Argile verte
	17-33 m : Marnes supra-gypseuses
	A partir de 33 m : Masses et marnes du gypse
Profondeur de la nappe	Environ 7 m : nappe du calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (cote approximative +82 m NGF) La nappe du Calcaire grossier est séparée de la nappe du Calcaire de Brie par des horizons semi-imperméables à imperméables.
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	1 site BASIAS : stockage de produits (station-service)
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence de données
Risque de pollution	0-2 m : présence de remblais 0-7 m : présence d'un site BASIAS avec possibles réservoirs enterrés 7 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-15 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, métaux et métalloïdes au droit du site BASIAS 7 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Gare Pont de Rungis :



Caractéristiques de la gare	31,5 m (cote approximative du radier+ 53,5 m NGF) Gare située sous la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais
	2-5 m : Limons des Plateaux
	5-9 m : Calcaires de Brie
	9-17 m : Argile Verte
	17-34 m : Marnes supra-gypseuses
	A partir de 34 m : Masses et marnes du gypse
Profondeur de la nappe	Environ 6 m : nappe du calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (cote approximative +79 m NGF) La nappe du Calcaire grossier est séparée de la nappe du Calcaire de Brie par des horizons semi-imperméables à imperméables.
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	Aucun
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Absence de données
Risque de pollution	0-2 m : présence de remblais 6 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-2 m : présence potentielle de HCT, HAP, métaux et métalloïdes au droit des remblais 6 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Gare Aéroport d'Orly :



Caractéristiques de la gare	27 m (cote approximative du radier+ 58 m NGF) Gare située sous la nappe superficielle
Géologie au droit de la gare	0-2 m : Remblais
	2-5 m: Limons des Plateaux
	5-10 m : Calcaires de Brie
	10-15 m : Argile Verte
	15-32 m : Marnes supra-gypseuses
	A partir de 32 m : Masses et marnes du gypse
Profondeur de la nappe	Environ 7 m : nappe du calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau (cote approximative +78 m NGF) La nappe du Calcaire grossier est séparée de la nappe du Calcaire de Brie par des horizons semi-imperméables à imperméables.
Sites BASIAS/BASOL dans un rayon de 100 m	Aucun
Qualité de la nappe (base de données ADES)	Indice de pollution en HCT à 500 m au sud de la gare
Risque de pollution	0-2 m : présence de remblais 7 m : présence d'une nappe potentiellement impactée
Polluants suspectés dans la nappe	Présence **potentielle** de HCT, HAP, BTEX et de COHV dans la nappe de l'Eocène
Polluants suspectés dans les sols	0-2 m : présence potentielle de HCT, HAP, métaux et métalloïdes au droit des remblais 7 m : présence potentielle de HCT, HAP, BTEX, COHV, due à l'impact en nappe

Cette première évaluation permet d'orienter le choix des sites sur lesquels des sondages et mesures in situ sont à engager.

3.5.4.2. Réalisation de diagnostics pour la caractérisation de la pollution des déblais liés à la phase chantier

Dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués, la Société du Grand Paris a initié un travail conséquent de caractérisation de l'état de la pollution des sols et des eaux souterraines ayant pour objectif d'assurer à terme une gestion adaptée des terres amenées à être excavées et des eaux d'exhaure éventuelles.

Des études environnementales de pollution des sols sont ainsi prévues sur l'ensemble des gares et des ouvrages annexes de la ligne 14 Sud ainsi qu'au niveau du site de maintenance de Morangis.

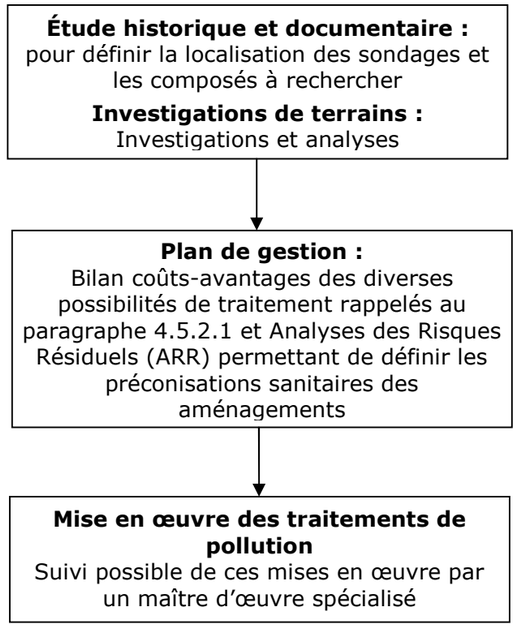
Ces prestations, codifiées selon la norme AFNOR NF-X31-620 de Juin 2011 relatives aux prestations de services dans le domaine des sites et sols pollués, se déclinent opérationnellement selon les étapes suivantes :

- Dans un premier temps, la réalisation d'une **étude historique, documentaire et mémorielle** sera établie sur l'ensemble du périmètre de l'ouvrage. Cette étude a pour objectif principal d'identifier les risques potentiels de pollution du site à travers la réalisation d'un recensement précis des activités pratiquées et des produits utilisés sur le périmètre d'étude ainsi que des arrêtés préfectoraux des sites pollués qui seraient présents à proximité directe ;

- Dans un second temps, et si l'étude historique et documentaire a mis en évidence la potentialité d'une pollution sur le site en question, un **programme d'investigations spécifique de terrain** sera réalisé afin de confirmer ces présomptions et caractériser, quantitativement et qualitativement, l'état de pollution des sols et des eaux souterraines. Des sondages de sols et des piézomètres seront ainsi réalisés au niveau de chaque ouvrage de manière à analyser en laboratoire un certain nombre de paramètres physico-chimiques sur les sols et les eaux souterraines et déterminer le plus précisément possible l'état de pollution des futures terres amenées à être excavées.

- Une fois la caractérisation de l'état de pollution des sols et des eaux souterraines effectuée, un **plan de gestion** sera établi sur les sites sensibles de manière à définir les solutions de gestion les plus adaptées. Les différentes mesures de gestion proposées seront établies au regard de la situation de chaque site, proportionnées en fonction des enjeux et des spécificités de l'usage, de l'aménagement et des pollutions. Les contraintes de calendrier prévu pour la réalisation du chantier de la ligne 14 Sud seront également prises en compte. Ce plan de gestion constituera un outil d'aide à la décision permettant d'anticiper la définition opérationnelle d'une gestion adaptée des sols pollués lors de la phase chantier et de définir les coûts associés.

- Une **évaluation quantitative des risques sanitaires** (EQRS) sera réalisée si l'état de pollution le nécessite au regard de l'usage futur du site.



Dans le cadre du projet de la ligne 14 Sud, les études historiques et documentaires sur l'ensemble des ouvrages sont actuellement en cours d'élaboration. Les résultats de ces études permettront d'identifier précisément les enjeux relatifs à la pollution des sols et d'établir le cas échéant des programmes d'investigations qui seront mis en œuvre dans les phases ultérieures du projet de manière à dimensionner ces investigations sur les bases des caractéristiques précises de chaque ouvrage (emprise au sol, profondeur de fond de fouille, etc.).

Les modalités de traitement de la pollution seront définies sur la base des diagnostics réalisés. Au vu des contraintes des sites d'implantation des ouvrages, le plus souvent les terres seront évacuées et traitées au niveau d'installations spécialisées.

Les modalités de stockage des terres et leur évacuation seront fixées en prenant les types et les niveaux de pollution mesurés. Des dispositions seront retenues pour éviter tout envol des terres à l'extérieur des zones de chantier.

<u>Mesures retenues pour la gestion des terres polluées :</u>

- **Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées (selon les volumes et les niveaux de pollution)**

- **Arrosage des pistes de circulation du chantier pour limiter les envols de poussières.**

- **Mise en place de débourbeurs en sortie de l'aire de stockage afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier.**
- **Utilisation de bâches sur les camions de transport limitant l'envol des poussières.**
- **Suivi des chantiers sensibles par un maître d'œuvre spécialisé (suivi de la gestion des terres, de la conformité des rejets d'eaux d'exhaure…).**

3.5.4.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Les travaux d'excavation des terres polluées en phase chantier, et les éventuelles mesures de dépollution du site permettront d'assurer un environnement sain pour les futurs usagers.

Comme indiqué précédemment, des évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) seront réalisées pour les sites les plus sensibles. Cette étude vise à assurer que les travaux de dépollution permettront les fonctions assurées par l'ouvrage en phase d'exploitation. Dans le cas présent, l'accueil des usagers dans l'infrastructure.

De plus, les caractéristiques prévues pour les ouvrages du réseau permettront d'assurer l'étanchéité des boîtes par rapport au sous-sol (se référer aux éléments de la rubrique « Hydrogéologie »).

Enfin, il est prévu l'installation d'un système de ventilation dans l'infrastructure pour assurer le renouvellement de l'air. Ce système s'appuie sur les puits de sécurité comportant des ventilateurs et sur les dispositifs spécifiques installés dans les gares.

L'impact de la pollution en phase d'exploitation sur les usagers est considéré comme négligeable.

3.5.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la gestion des terres excavées (et pollution)

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Éléments du projet en interaction***	***Impacts du projet***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Gestion des déblais issus de la phase chantier	Enjeu élevé lié au volume important de déblais pour le projet : **3,5 millions de tonnes**	Construction du tunnel, gares, ouvrages de sécurité, tranchée ouverte au niveau du SMR	Impact fort lié au volume et au caractère urbain concerné par le projet	• **Élaboration en amont des travaux du Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED).** En annexe de l'étude d'impact • **Optimisation du volume des ouvrages pour réduire la quantité de déblais** • **Recherche d'utilisation de la voie fluviale** • **Recherche d'utilisation de la voie ferrée au niveau de Pont de Rungis** • **Les itinéraires routiers seront définis en concertation avec les collectivités locales** • **Les axes routiers structurants seront recherchés en priorité.**	Impact modéré lié à la démarche d'anticipation mise en œuvre	
Évaluation de la pollution des terres	Enjeu modéré lié au contexte fortement urbanisé du territoire concerné	Construction du tunnel, des gares, des ouvrages de sécurité, tranchée ouverte, SMR	Impact faible lié à la démarche mise en œuvre pour la	• **Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées.** • **Arrosage des pistes de circulation du chantier pour limiter les envols de poussières.** • **Mise en place de débourbeurs en sortie de l'aire de stockage afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier.** • **Utilisation de bâches sur les camions de transport limitant l'envol des poussières.** • **Suivi des chantiers sensibles par un maître d'œuvre spécialisé.**	Impact faible lié à la mise en œuvre de mesures spécifiques pour les chantiers	néant
Impacts de la pollution en phase d'exploitation	Enjeu sensible pour les futurs usagers		Impact négligeable	• **Élaboration d'évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) pour les sites les plus sensibles** • **Opérations d'excavation et de dépollution pendant la phase chantier pour assurer un environnement sain au site du projet** • **Étanchéité de l'infrastructure par rapport au sous-sol (gares en parois moulées par exemple)** • **Installation d'un système de ventilation dans l'infrastructure pour assurer le renouvellement de l'air.**	néant	

3.5.6. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant la gestion des terres excavées

3.5.6.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	*Coût de la mesure*
Mise en œuvre de dispositions constructives particulières	Non quantifiable
Réalisation de diagnostics avant travaux avec maillage régulier	Diagnostic au droit des émergences : 20 000 € H .T
Dimensionnement des volumes de terres à stocker	Intégré aux coûts des études post-DUP
Réutilisation des déblais	Pas de surcoût par rapport à une évacuation en filière spécialisée
Mise en place d'une gestion appropriée des eaux issues du traitement des boues	Dépendant des conclusions des études post-DUP
Gestion des terres polluées en sortie de chantiers	Intégré au coût des travaux : coûts élevés
Mise en place d'un planning d'acceptation des terres sur les décharges	Intégré à la gestion et au phasage des travaux
Suivi des travaux de gestion des terres par un maître d'œuvre spécialisé	10% des coûts de gestion de terres (excavation, élimination, remblaiement) 15 % en cas de travaux de dépollution sur site

3.5.6.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

En l'absence d'impacts en phase exploitation, c'est-à-dire si l'ouvrage n'est pas localisé au sein d'une zone polluée, aucune mesure n'est envisagée. Sinon, les coûts des mesures à mettre en œuvre sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	*Coût de la mesure*
Blocage du transfert des composés volatils à travers les parois des ouvrages	Non quantifiable, dépendant de la géométrie précise des ouvrages
Mise en œuvre d'un système de ventilation	Non quantifiable, dépendant de la géométrie précise des ouvrages

4. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieu physique - Surface du sol

4.1. Hydrographie et risque d'inondation

4.1.1. Impacts et mesures en phase chantier sur l'hydrographie et le risque d'inondation

4.1.1.1. Atteintes au réseau hydrographique (modification des écoulements)

Le choix du mode de circulation souterraine sur la totalité du linéaire du projet (hors SMR Morangis) permet d'éviter toute interaction directe entre le projet et le réseau hydrographique.

De plus, aucun cours d'eau n'est intercepté sur le linéaire de la Ligne 14 Sud, hormis les écoulements de la Bièvre au sein du collecteur Bièvre-Watt, rencontré au Sud de la station Maison Blanche – Paris XIIIe.

L'impact du projet en phase chantier sur le régime des écoulements du réseau hydrographique est nul.

4.1.1.2. Atteintes à la qualité des eaux superficielles : pollutions accidentelles en phase chantier

L'origine de la pollution accidentelle peut être une fuite d'huile sur un moteur de camion ou sur un engin de travaux publics, un déversement accidentel de fuel ou de tout autre produit dangereux.

Les conséquences d'un déversement sont plus ou moins graves selon la nature et la quantité de produits déversés ainsi que la ressource en eau susceptible d'être contaminée.

Deux modes de contaminations des milieux récepteurs (notamment des cours d'eau) sont possibles :

- Le ruissellement direct sur le sol vers le milieu récepteur ou le cours d'eau ;
- L'infiltration dans la nappe d'accompagnement et le transfert vers le réseau hydrographique superficiel.

Concernant le premier point cité, les travaux (et bases chantier associées) sont éloignés des cours d'eau du secteur et ne représentent aucun risque de contamination directe des cours d'eau par ruissellement des eaux superficielles. Les eaux superficielles seront en effet collectées, traitées et gérées sur site.

Concernant le second point, l'incidence des travaux sur la qualité des eaux souterraines est évaluée au sein du volet « Hydrogéologie » révèle l'absence de pollution des nappes traversées.

L'impact du projet en phase chantier sur la qualité des eaux superficielles est nul.

4.1.1.3. Atteinte à la qualité des eaux : Mise en suspension de particules

En phase travaux, le transport de « fines » en période pluvieuse constitue un impact vis-à-vis de la qualité du milieu récepteur : les matières en suspension, renfermant potentiellement des substances polluantes, ont une incidence sur les zones localisées en aval de la zone de travaux et/ou les cours d'eau traversés.

Cependant, le réseau hydrographique le plus proche est relativement distant du fuseau d'étude. Le premier cours d'eau rencontré est la Seine, à l'Est.

L'impact sur la qualité des eaux superficielles lié à la mise en suspension de particules lors de la phase de chantier est nul.

4.1.1.4. Modification des débits de ruissellement (sur les emprises chantier)

La définition des bases chantier est en cours d'étude. À ce stade et au vu des enjeux du territoire concerné, le projet n'entrainera pas d'effets sur les débits de ruissellement.

Les impacts sont faibles puisque les bases chantier :

- Représentent des superficies relativement faibles vis-à-vis des surfaces urbaines traversées par la Ligne 14 Sud,
- Ne s'implantent pas aux abords de cours d'eau. Aussi, aucun ruissellement direct depuis le chantier vers un cours d'eau n'est pressenti.

4.1.1.5. Travaux en zones inondables

Le projet de la Ligne 14 Sud ne s'implante jamais au sein de la zone PHEC définie dans le secteur d'étude et présentée au sein de l'état initial de l'environnement (rapport 1/3). De ce fait, le projet ne s'implante pas non plus au sein d'un zonage de PPRI de la Seine.

Le projet ne présente pas d'impact sur le risque d'inondation.

4.1.1.6. Alimentation en eau potable de surface

La Ligne 14 Sud ne présente pas de relation hydraulique directe avec le territoire sur lequel elle s'implante :

- Aucun captage AEP superficiel (ou même souterrain) n'est identifié aux abords du linaire de la Ligne 14 Sud.
- Aucun rejet direct au sein d'un cours d'eau n'est pressenti.

L'impact du projet est nul sur les captages AEP.

4.1.1.7. Mesures d'accompagnement en phase chantier

Mesures de réduction

- **Études réglementaires : Dossier Loi sur l'Eau**

La production des dossiers Loi sur l'Eau sera nécessaire au vu des enjeux hydrauliques et hydrogéologiques.

Ces dossiers permettront notamment de définir la gestion des eaux pluviales à mettre en œuvre ainsi que les rétablissements des écoulements divers à entreprendre...

La principale rubrique de la nomenclature Loi sur l'Eau de l'article R214-1 du code de l'environnement concernée sera la rubrique 2.1.5.0 (rejets d'eau au milieu naturel ; rejets liés à la gestion des eaux pluviales sur des surfaces imperméabilisées).

Les Dossiers Loi sur l'Eau formuleront l'ensemble des recommandations applicables en matière de gestion des impacts du projet (phase chantier et phase d'exploitation) sur l'état qualitatif et quantitatif de la ressource en eau. Ils seront réalisés au stade des études réglementaires d'autorisation, post-DUP.

- **Consultation des gestionnaires des réseaux humides (assainissement usé et pluvial)**

Durant la phase chantier, les eaux pluviales et usées devront être gérées selon les exigences des gestionnaires.

La mise en œuvre de tout rejet dans un réseau existant nécessite pour la Société du Grand Paris l'accord préalable du gestionnaire dudit réseau.

Cet accord permettra de définir les modalités de rejets au réseau afin que ce dernier puisse garantir le maintien de son efficacité (débits et volumes de rejets, qualité des eaux envoyées vers le réseau,…).

- **Mise en place d'ouvrages temporaires de collecte des eaux pluviales au niveau des bases chantier**

Afin d'assurer des rejets d'eau pluviale aux exutoires compatibles avec les objectifs de qualités définis, des ouvrages de collecte provisoires seront réalisés (exemples : fossés, bassins). Ils permettront entre autres de retenir au sein des ouvrages :

- Les matières particulaires par décantation,
- Les matières hydrocarbonées,
- La pollution accidentelle.

Le gestionnaire du chantier devra organiser la gestion des eaux pluviales dans le respect des règles en vigueur, qu'elles soient liées au SDAGE, aux règlements locaux ou aux prescriptions locales de rejet des gestionnaires de réseau.

Cette gestion consistera à collecter les eaux de ruissellement, à les traiter (traitement primaire) et à réguler le rejet en fonction de l'exutoire : débit de fuite des ouvrages, qualité des eaux vers l'exutoire, localisation du rejet.

- **Mise en place d'ouvrages définitifs de collecte des eaux pluviales**

Les ouvrages définitifs de gestion des eaux pluviales, exigés en tant que mesure compensatoire dans ce dossier, et dans les dossiers Loi sur l'Eau, seront construits en phase chantier de manière à être opérationnels dès la mise en service des ouvrages auxquels ils sont associés.

Les objectifs généraux de cette gestion consisteront à collecter les eaux de ruissellement, à les traiter (traitement primaire) et à réguler le rejet en fonction de l'exutoire : débit de fuite des ouvrages, qualité des eaux vers l'exutoire, localisation du rejet.

La définition précise de ces ouvrages ne pourra être faite que dans les dossiers Loi sur l'Eau, sur la base d'éléments de conception des ouvrages de gestion.

- **Mise en place d'un Plan de Secours en cas de pollutions accidentelles ou d'incidents**

Ce plan précisera, en fonction du type de pollution ou d'incident, la procédure de traitement à suivre (personnes et organismes à alerter, moyens disponibles sur le chantier pour le traitement d'urgence) pendant et après la crise.

Par exemple, des kits d'intervention d'urgence seront mis à disposition des intervenants sur chantier par les entreprises, afin de permettre une intervention dans les meilleurs délais en cas de déversement polluant identifié.

Ainsi, les produits déversés accidentellement seront fixés, puis récupérés par décapage des sols. Les terres seront ensuite évacuées en centres de traitement agréés.

- **Entretien des engins sur des aires aménagées et système de stockage des produits polluants**

Les activités de chantiers sont génératrices de polluants sur les cours d'eau et plans d'eau. En effet, les engins et véhicules circulant sur les bases chantier sont susceptibles de transporter des poussières et blocs de terres hors des emprises de chantier,

Un entretien des engins sera donc mené systématiquement.

Il s'effectuera soit :

- Sur des surfaces étanches,
- Dans un espace confiné étanche ou comprenant un système permettant le traitement.

Le stockage des produits polluants s'effectuera à l'abri de la pluie et dans des conditions telles qu'ils ne pourront pas être lessivés et polluer le sol.

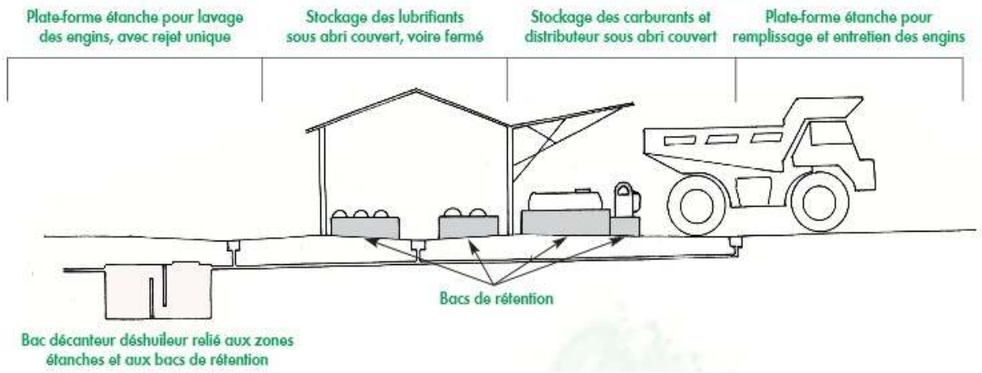


Schéma représentant les techniques d'entretien des engins et de stockage de produits polluants

Effets résiduels

L'application de la réglementation Loi sur l'Eau limite fortement les impacts résiduels pour les aspects qualitatifs des rejets et pour la gestion de la problématique inondation.

Mesures de compensation aux effets résiduels

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

Mesures de suivi dans le temps

- **<u>Contrôle de l'efficacité du chantier</u>**

La principale mesure mise en œuvre consistera à contrôler les ouvrages de chantier ou le personnel évoluant sur site :

- Contrôle des ouvrages temporaires de gestion des eaux pluviales sur site afin de vérifier leur efficacité dans le temps. Ce contrôle permettra également de s'assurer que les ouvrages sont entretenus afin d'éviter leur colmatage au fil du chantier.

- Vérification de l'application des règles de chantier concernant le nettoyage des engins sur les sites prévus à cet effet,

- Formation si nécessaire du personnel à l'intervention rapide en cas de déversement accidentel : usage des fixateurs de pollutions, procédure d'alerte des services d'interventions,…

4.1.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'hydrographie et le risque d'inondation

4.1.2.1. Gestion continue des ouvrages d'assainissement pluvial

Le démarrage de la phase d'exploitation sera marqué par la mise en service de l'infrastructure. De fait, les ouvrages de gestion des eaux pluviales seront mis en service au même moment et donc considérés comme opérationnels. Les impacts en phase d'exploitation seront maîtrisés dès la phase chantier.

Les impacts seront donc, à ce stade, dus uniquement à une mauvaise gestion ou un mauvais entretien des ouvrages d'assainissement.

Du fait de la prise en compte de la gestion des eaux en phase d'exploitation dès la réalisation du chantier, **les impacts sont considérés comme faibles à nuls car maîtrisés.**

4.1.2.2. Alimentation en eau potable

Aucun rejet d'eau pluviale n'est prévu directement dans la Seine. D'autre part, le seul périmètre de captage AEP superficiel est identifié en amont hydraulique de la zone où s'implante le projet.

De fait, l'impact est nul sur la ressource en eau potable superficielle.

4.1.2.3. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

- **<u>Mise « hors d'eau » des accès des ouvrages en zone inondable (par remontées de nappe)</u>**

A ce stade, la principale mesure d'évitement consiste à mettre « hors eau » les émergences des ouvrages et leurs accès. Cette mise « hors eau » passe par une mise à la cote casier au minimum des émergences. Elle permet d'éviter les impacts liés à la submersion de l'infrastructure et à l'entrée d'eau dans les ouvrages.

Cette mesure correspond à celle privilégiée par la Société du Grand Paris car elle répond le mieux à la réglementation en vigueur.

Or, sur le linéaire de la Ligne 14 Sud, <u>aucune zone PHEC n'est identifiée</u>.

Cependant, quelques ouvrages se situent au sein de zones submersibles par remontées de nappe :

- La gare Maison Blanche – Paris XIIIe,
- L'OA Tolbiac Nationale 2,
- L'OA Paul Bourget,
- L'OA Pistes-Orly,
- L'OA Sud-Orly.

L'ensemble des OA et gares précitées devra faire l'objet d'une mise « hors eau » sur la base de la côte maximale connue de la nappe phréatique (afin d'éviter l'entrée d'eau au sein du l'infrastructure par l'intermédiaire des ouvrages).

Mesures de réduction

Aucune mesure de réduction n'est identifiée.

Effets résiduels

L'application de la réglementation Loi sur l'Eau limite fortement les impacts résiduels pour les aspects qualitatifs des rejets et pour la gestion de la problématique « inondation ».

En pratique, ces effets sont acceptables car les études menées pour les dossiers Loi sur l'Eau conduisent à définir les mesures le permettant.

Mesures de compensation aux effets résiduels

Des éventuelles mesures seront préconisées au sens des dossiers Loi sur l'Eau.

Mesures de suivi dans le temps

- **<u>Suivi de fonctionnement des ouvrages d'assainissement pluvial</u>**

Les ouvrages de gestion des eaux pluviales ne fonctionnent de façon pérenne que s'ils sont entretenus. Cela suppose :

- Le maintien fonctionnel des orifices d'évacuation ;
- Le maintien du volume de stockage résultant du dimensionnement initial,
- Le maintien de la performance du traitement (décantation, déshuilage).

Cela passera donc par :

- Le nettoyage des grilles suivant le degré d'obstruction sur la base d'examens visuels réguliers,
- Le curage des zones de décantation. Cela consistera au retrait des matériaux décantés pour restaurer le volume initial et l'évacuation des produits dans une filière adaptée.

4.1.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'hydrographie et le risque d'inondation

Éléments concernés	*Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial*	*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*
Atteintes au réseau hydrographique (modification des écoulements)	Nul, pas de cours d'eau dans l'aire d'étude		Ouvrages émergents éventuels		Pas d'impact	Pas de mesure nécessaire		
Atteintes à la qualité des eaux superficielles	Nul, pas de cours d'eau dans l'aire d'étude		Au niveau des chantiers des ouvrages émergents		Pas d'impact	• **Mise en place d'ouvrages de collecte des eaux pluviales** au niveau des bases chantier et des ouvrages du projet • **Stockage des produits polluants dans des dispositifs adaptés** • **Plan de gestion en cas d'accident**		
Risque inondation	Nul, pas de zones inondables présentes		Ouvrages émergents éventuels		Pas d'impact	Pas de mesure nécessaire		
Alimentation en eau potable de surface	Pas d'enjeu : aucun captage AEP situé à proximité		Projet souterrain et ouvrages émergents		Pas d'impact	Pas de mesure nécessaire		
Modification des débits de ruissellements urbains		Tous milieux récepteurs exutoires d'eaux provenant des bases chantier	Ouvrages émergents + bases chantier	Modification de la surface des sols, modification de la topographie.	Faible	• **Mise en place d'ouvrages de collecte des eaux pluviales** au niveau des bases chantier et des ouvrages du projet		

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

4.1.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrographie et le risque d'inondation

4.1.4.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Etudes réglementaires: Dossier Loi sur l'Eau	Intégré au coût des études ; dépendant des marchés contractés
Consultation des gestionnaires des réseaux humides (assainissement usé et pluvial)	Intégré au coût des études
Mise en place d'ouvrages de collecte temporaire au niveau des bases chantier	Bassin de décantation provisoire : 20 à 35 €HT par m² Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 €HT par ml Imperméabilisation par géo-membrane : 8 à 10 €HT par m²
Mise en place d'ouvrages définitifs de collecte des eaux pluviales	A définir lors des études Post-DUP puisque dépendant de la gestion préconisée
Mise en place d'un Plan de Secours en cas de pollutions accidentelles ou d'incidents	Intégré au coût des travaux
Entretien des engins sur des aires aménagées et système de stockage des produits polluants	Intégré au coût des travaux
Contrôle de l'efficacité du chantier	Intégré au coût des travaux ; dépendant des marchés contractés avec un intervenant spécialisé

4.1.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures d'évitement – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Mise « hors d'eau » des accès des ouvrages en zone inondable (par remontées de nappe)	Intégré à la conception du projet
Suivi de fonctionnement des ouvrages d'assainissement pluvial	Intégré aux coûts de gestion des ouvrages

4.2. Relief et topographie

4.2.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et les volumes de terre excavée

4.2.1.1. Prise en compte des pentes

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

- Entre la station Maison Blanche – Paris XIIIe et l'OA Jules Guesdes,
- Entre la station Kremlin-Bicêtre Hôpital et Villejuif Insti tut Gustave Roussy.

Les pentes maximales du terrain naturel sont de l'ordre de 7% sur des linéaires réduits. A noter que les pentes entraînent une nécessaire adaptation du profil en long du tunnel.

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.

4.2.1.2. 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 14 Sud, sauf au niveau du raccordement avec le SMR Morangis, inscrit au niveau du TN.

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 l'essentiel de la Ligne 14 Sud est souterrain et sera construit au tunnelier.

L'impact direct sera ainsi principalement ressenti au niveau des bases chantier d'où seront extraits et temporairement stockés :

- Les déblais correspondant au volume interne de chaque gare et OA, sur leur base chantier respective,
- Les déblais de l'infrastructure au niveau de la base chantier Jean Prouvé,
- Les déblais de l'infrastructure entre le puits de sortie tunnelier au Sud des pistes d'Orly et la SMR Morangis. Sur ce linéaire, l'infrastructure sera en effet construite en tranchée couverte.

Il y aura donc un volume de terres, potentiellement significatif, à stocker durant les travaux. Ce stockage engendrera 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.

4.2.1.3. Variation du relief engendrée par le stockage de déblais hors bases chantier

La construction de l'infrastructure et de tous les ouvrages annexes conduira à produire près de 2 millions de m^3 de déblais pour la Ligne 14 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.

Cet impact n'est pas quantifiable à l'heure actuelle. Les lieux de stockage définitif des déblais ne sont pas connus mais seront principalement localisés au sein de la Grande Couronne Parisienne.

4.2.1.4. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

- **Profil en long compatible aux pentes**

Dans sa conception, le projet est adapté aux pentes fortes du secteur de Kremlin-Bicêtre et de Villejuif.

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

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 Etudes Préliminaires Approfondies de conception 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.

Effets résiduels

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

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'Evacuation 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.

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 14 Sud).

4.2.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et les volumes de terre excavée

4.2.2.1. 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 ne prévoit pas de remblais ou de déblais permanents.

4.2.2.2. Mesures d'accompagnement

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

4.2.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le relief et les volumes de terre excavée

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts du projet sur l'environnement concernant le relief – phase chantier

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Prise en compte des pentes	Seule section à enjeux : « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Secteur Kremlin-Bicêtre et Villejuif	Tunnel	*Impact direct* Adaptation du tunnel et de la méthode constructive	Faible à nul	*Evitement* Profil en long compatible aux pentes *Réduction* - Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage - Mise en place de palissades masquant la perception du site *Suivi* Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED	2 millions de mètres-cube de déblais à gérer (voir impacts du projet sur l'environnement concernant les déblais)	Néant
Variation du relief engendrée par le stockage de déblais sur les bases chantier		Emergences du réseau notamment l'ouvrage Jean Prouvé	Emergences	*Impact direct* Modifications temporaires de relief dont l'ampleur dépend de la zone de stockage des terres excavées en attente de transport hors site	Fort : à l'échelle des emprises des bases chantier Faible : à l'échelle de l'ensemble du projet			
Variation du relief engendrée par le stockage de déblais hors bases chantier		Indirectement, il s'agit des zones de stockage permanent choisies pour le stockage des déblais	Aucun	*Impact indirect* Le comblement des cavités (carrières) ou le stockage des déblais en buttes modifient significativement la topographie des zones concernées.	Fort sur les zones acceptant les déblais comme remblais			

4.2.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et les volumes de terre excavée

4.2.4.1. 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

4.2.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Aucune mesure n'est prévue en phase exploitation.

4.3. 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.

4.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie

4.3.1.1. 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.

4.3.1.2. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

4.3.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant la climatologie

4.3.2.1. 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.

4.3.2.2. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

4.4. Pédologie

4.4.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant la pédologie

4.4.1.1. Réduction du potentiel pédologique

Les sols en place, qu'ils soient agricoles ou naturels, présentent des caractéristiques résultant d'une longue histoire faisant intervenir la roche substratum, les conditions climatiques et l'occupation du sol. Ce processus, pédologique, n'est ainsi pas réversible. En effet, un sol reconstitué n'a pas les mêmes caractéristiques qu'un sol en place depuis longtemps.

La réalisation de la Ligne 14 Sud engendrera la destruction des sols en place aux endroits où le projet interfère avec la surface. L'impact est donc direct.

Compte tenu de la nature quasi-intégralement souterraine de la Ligne 14 Sud et du contexte pédologique à faible enjeu, les impacts restent cependant localisés.

Seules les constructions émergentes génèreront un impact :

- Le SMR Morangis sera l'ouvrage qui produira l'impact le plus important au niveau de la ligne, puisque ce dernier s'implantera sur des emprises non cultivées mais au potentiel pédologique avéré. Les emprises en question concernent en effet une zone utilisée pour les dépôts de matériaux inertes de construction.

  Il sera a associé l'impact du SMR Morangis celui de la voie de raccordement de la Ligne 14 Sud entre la section en souterrain et la parcelle admettant le SMR.

  L'impact lié à l'implantation du SMR Morangis et de sa voie de raccordement (au niveau du terrain naturel, puis en tranchée) est localement modéré en raison de la perte d'une superficie d'environ 13ha de sol, dont la couverture géologique correspond à des limons sableux.

- Chaque gare occupera une surface au sol de plusieurs milliers de mètres-carrés. Or, au niveau de la Ligne 14 Sud, les gares s'insèreront au sein de zones urbaines où les sols sont fortement remaniés.

  L'impact sur la pédologie, lié à l'implantation des gares est négligeable pour l'ensemble de la ligne.

- Chaque puits ne nécessitera que quelques centaines de mètres-carrés. Or, au niveau de la Ligne 14 Sud, les puits s'insèreront au sein de zone urbaine où les sols sont fortement remaniés et/ou le milieu naturel existant ne présente pas d'enjeu pédologique).

  L'impact sur la pédologie, lié à l'implantation des puits est négligeable pour l'ensemble de la ligne.

Aussi, le principal impact direct se situe au niveau du SMR Morangis, où localement, il est modéré, et où, à l'échelle de la Ligne 14 Sud, il est nul.

4.4.1.2. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

Aucune mesure d'accompagnement n'est mise en œuvre. La destruction des terres agricoles au niveau du SMR Morangis ne pourra être évitée.

Mesures de réduction

- **Réduction au maximum des emprises consommées lors des études conception du SMR Morangis**

Les emprises du projet devront être réduites au maximum de manière à limiter la destruction des sols. Les études de conception à venir sur le bâtiment du SMR Morangis devront tendre à réduire au maximum les surfaces impactées.

Effets résiduels

Inévitablement, une superficie de terres agricoles sera détruite.

Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est proposée.

4.4.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant la pédologie

4.4.2.1. Impacts directs et indirects

La disparition des sols en place est un impact qui est permanent et survient en phase chantier. Aucun impact n'est identifié en phase exploitation.

4.4.2.2. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est mise en œuvre.

4.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la pédologie

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts du projet sur l'environnement concernant la pédologie – phase chantier

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Réduction du potentiel pédologique	Seule section à enjeux : « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Emprises au Sud de l'aéroport d'Orly	SMR Morangis et voie de raccordement au tunnel	*Impact direct* Perte de superficies au potentiel pédologique (superficie d'environ 5ha au sol)	Modéré au niveau du SMR Morangis	*Réduction* Réduction au maximum des emprises consommées lors des études conception du SMR Morangis	Environ 13ha de terres consommées	Néant

4.4.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant la pédologie

4.4.4.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures concernant la pédologie – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Réduction au maximum des emprises consommées lors des études conception du SMR Morangis	Pris en compte dans la conception du projet et intégré au chantier

4.4.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Aucune mesure n'est prévue en phase exploitation.

5. Analyse des impacts et présentation des mesures : Milieux naturels et paysager

5.1. Faune-Flore-Habitats Naturels

5.1.1. Introduction

5.1.1.1. Rappel des enjeux des milieux naturels

Synthèse des enjeux liés aux milieux naturels

Secteurs concernés	*Niveau d'enjeu*
Section Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy	Chiroptères observés liés aux cavités présentes dans les arbres du secteur, présence de carrières souterraines (gîte potentiel d'hibernation)
	Secteurs ponctuels intéressants pour des espèces de mammifères et d'insectes (OA Cuchets…)
	Liaisons d'intérêt en contexte urbain identifiées par le SRCE dans le volet spécifique Petite Couronne
Section Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis	Le Parc Départemental des Hautes Bruyères présente des habitats intéressants pour la biodiversité (mares, friches, rigole…)
	Présence d'amphibiens (Crapaud Calamite, Alyte Accoucheur) au niveau du parc des Hauts Bruyères, d'insectes et oiseaux
	Secteur OA Jean Prouvé et parc Petit Leroy présentant des enjeux potentiels d'accueil d'espèces (mammifères…)
	Liaisons et secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE volet spécifique Petite Couronne
Section Pont de Rungis – SMR Morangis	Zones de friches rudérales dans les secteurs agricoles non exploités : espaces ouverts
	Mis à part la présence potentielle du cortège d'oiseaux ubiquistes et quelques espèces de milieux ouverts, le site n'est pas favorable à d'autres espèces.
	Présence d'une continuité écologique identifiée au SRCE au niveau des milieux ouverts

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

L'état initial de la ligne 14 Sud a mis en évidence un contexte urbanisé dominant (80 %) et des enjeux écologiques faibles à modérés, selon les sites.

Pour rappel, aucun zonage d'inventaire, réglementaire ou foncier n'intersecte le fuseau d'étude.

La thématique des sites Natura 2000 fait l'objet d'une rubrique spécifique « ***Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000*** ».

5.1.1.2. Typologies des impacts sur les milieux naturels et mesures proposées

Le projet de la ligne 14 Sud pour la quasi-totalité du tracé un tunnel souterrain, construit à l'aide de tunneliers. Seule une voie en section limitée est prévue en tranchée ouverte pour la liaison avec le futur site de maintenance et de remisage des trains (SMR) situé à Morangis.

Pour ce type de projet, les impacts directs sur les milieux naturels et la biodiversité sont potentiels uniquement au niveau des ouvrages situés en émergence : gares, ouvrages de sécurité, site de maintenance, tranchée ouverte, puits tunnelier…

L'évaluation des incidences liées à la mise en place de ce projet d'infrastructure sur le milieu naturel a porté sur l'analyse des effets potentiels liés à l'implantation d'ouvrages sur des sites sensibles en phase chantier, aux effets liés à l'exploitation du réseau.

Les effets potentiels sur les continuités écologiques identifiées dans l'état initial ont également été analysés.

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 des études d'impact et des dossiers de dérogation, si ces derniers sont nécessaires, par :

- Dans un premier temps, mettre en place des mesures d'évitement des impacts (adaptation de la conception et 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.

5.1.2. Impacts et mesures spécifiques en phase chantier liés à l'implantation des ouvrages

Pour l'analyse des impacts potentiels sur les habitats et les espèces, il est retenu une approche par site concerné par des ouvrages du futur métro.

5.1.2.1. Le secteur des Monts Cuchets (Villejuif)

En l'état actuel, il s'agit d'un espace semi-naturel en contexte urbain présentant des intérêts pour l'accueil de la faune. Le terrain très enfriché, pâturé, présentant de nombreux ronciers et quelques bois morts sur pied. L'enjeu est considéré comme faible sur ce site

Présentation de l'ouvrage de sécurité Cuchets
(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

L'ouvrage de sécurité Cuchets est situé à l'extrémité Sud-Est de la zone. Ce secteur présente une mosaïque d'habitats composée de ronciers, et de friche prairiale. En l'état, le site ne présente pas d'enjeux sensibles. Quelques arbres sont également présents sur environ 0.1 hectare.

Au vu des enjeux du site présent, la construction de l'ouvrage de sécurité Cuchets présente un impact faible sur le milieu naturel.

Mesures retenues pour ce site :

- **Limitation de l'emprise chantier :** Les emprises chantier devront être limitées au maximum, à la traversée des milieux naturels ou semi-naturels, afin de limiter l'impact sur les habitats naturels et les habitats d'espèces.

Exemples de balisage de zones à enjeux écologiques (© BIOTOPE)

- **Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour la faune sur le pourtour de la zone chantier.**

5.1.2.2. La partie Nord potentielle pour les chiroptères (Section Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy)

Dans le cadre de l'état initial du projet, des chauves-souris ont été identifiées dans la partie Nord du projet. Suite aux inventaires réalisés par la Société du Grand Paris avec l'aide du bureau d'étude expert Biotope, les chiroptères semblent être liés aux cavités des arbres existants de ce territoire.
Les écoutes à proximité des anciennes carrières ont permis de contacter en faible effectif deux espèces de chauves-souris (Pipistrelle Commune et de Kuhl). Les entrées de carrières connues ne sont pas propices à leur utilisation par les chauves-souris. Cette expertise ne permet pas de conclure sur l'absence totale de gite en souterrain. Néanmoins les écoutes mentionnent très peu de contacts.

La construction des ouvrages dans la partie Nord du projet ne présente pas d'impact sur des espaces naturels, des espaces verts ou des zones d'enjeux pour la biodiversité.

Néanmoins, de manière ponctuelle, la réalisation des ouvrages nécessitera la coupe de quelques arbres. Au vu de la sensibilité de cet enjeu, des mesures de prévention peuvent être prises à ce stade.

Mesures retenues pour cet enjeu des chauves-souris :

- **Précautions avant l'abattage des arbres à cavité :** Afin d'éviter la destruction d'individus, unee inspection phytosanitaire des arbres sera réalisée de manière 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…) et les loges des insectes saproxylophages. En cas de présence avérée de chiroptères, des mesures spécifiques d'abattage seront prises afin d'éviter toute destruction d'individus :
    - Pour les arbres recouverts de lierre, il est recommandé d'enlever le lierre deux mois avant l'abattage de l'arbre.

- Pour un gîte où la présence de chauves-souris est affirmée, attendre l'envol complet des individus partant chasser. Une heure après, colmater l'entrée du gîte avec un matériau solide avant l'abattage.

- Soulever toutes les écorces décollées avant d'abattre l'arbre si celui-ci ne présente pas d'autres cavités arboricoles.

- Attendre la période favorable pour procéder à l'abattage des arbres.

Chiroptérologue vérifiant une cavité (© BIOTOPE)

- Abaisser la branche ou le tronc concerné à l'aide de cordes et le laisser au sol, l'entrée face au ciel, pendant 48 heures pour permettre aux chauves-souris de quitter le gîte.

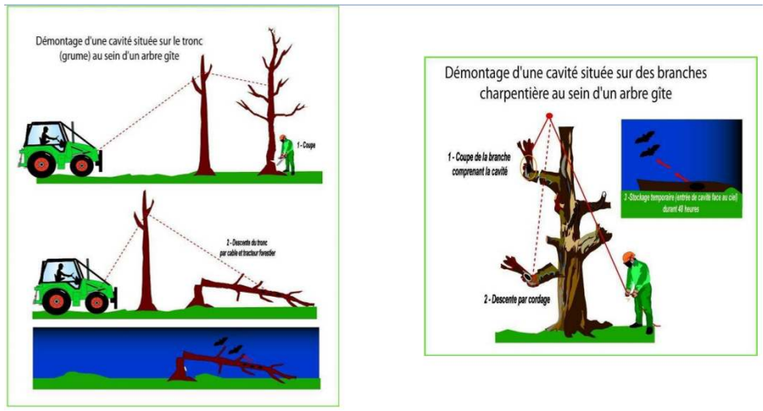


Schéma présentant les précautions à prendre en cas d'abattage d'arbres à cavité (plaquette SFEPM[14])

[14] *Société Française pour l'étude et la Protection des Chiroptères*

- **Précaution pour la déconstruction de bâti :** Au vu de l'occupation actuel des sites concernés par les ouvrages du projet, cette mesure ne sera pas utilisée. Néanmoins, il convient à ce stade du projet, de prévoir certaines mesures :

  - Réaliser une inspection du bâti à déconstruire devra être réalisée de manière à rechercher des gîtes favorables aux chiroptères (prospection par détecteur, repérage du guano, odeur d'ammoniac…). En cas de présence avérée de chiroptères, des mesures spécifiques de déconstruction devront être prises afin d'éviter toute destruction d'individus.

  - Pour un gîte où la présence de chauves-souris est affirmée, attendre l'envol complet des individus partant chasser. Une heure après, colmater l'entrée du gîte avec un matériau solide avant la déconstruction.

  - Un dernier contrôle le jour même de la déconstruction doit être réalisé par un chiroptérologue pour confirmer l'absence de chiroptères.

- **Visite des carrières avant comblement** : pour les carrières accessibles aux personnes, une visite sera organisée avec un chiroptérologue pour s'assurer de l'absence de chauve-souris et de gîte potentiel.

La mise en œuvre de toutes ces mesures s'inscrit dans la démarche en cours du Plan Régional d'Actions (PRA) Chiroptères. Il s'agit d'assurer la protection d'un réseau de sites d'hibernation qui se décline notamment au travers des actions 2 « Poursuivre l'aménagement et la protection physique et/ou réglementaire des gîtes d'importance régionale pour les chiroptères » et 6.2 « Rechercher et réaliser le suivi des gîtes d'hibernation ».

En conclusion, en l'état des connaissances, le projet ne présente pas d'impact avéré sur les chiroptères. Les mesures de vigilance prévues ponctuellement sur les arbres impactés par la construction de certains ouvrages permettront de réduire les éventuels effets. Les prochaines étapes du projet permettront d'affiner ce niveau d'impact avec la réalisation d'expertises complémentaires notamment dans les carrières avant comblement.

5.1.2.3. Le parc départemental des Hautes-Bruyères (Villejuif)

Le parc des Hautes-Bruyères est situé sur le site d'une ancienne carrière de sablons utilisés en fonderie, qui a cessé d'être exploitée en 1995. En 2008, le parc a été équipé d'un écran antibruit et la zone encaissée a été végétalisée.

Depuis 2005, le parc des Hautes-Bruyères présente un jardin de plantes médicinales. Inspirée par la proximité de l'Institut Gustave-Roussy, centre de lutte et recherche contre le cancer, cette collection présente près de 900 plantes, dont 85 variétés différentes. Par ailleurs, pour mettre en valeur le patrimoine archéologique, un espace d'aventures archéologiques a été aménagé au sein du parc.

Le parc présente des enjeux pour la biodiversité. Il s'agit notamment d'un ensemble de 5 mares au niveau de l'espace d'aventures archéologiques. Suite à un dysfonctionnement hydraulique constaté lors des prospections, seule la mare la plus au sud du parc est inondée. Cette mare, équipée d'un exutoire et empoissonnée, constitue un habitat de reproduction du Crapaud calamite sur le site, malgré leur vulnérabilité face à la prédation. Elle abrite également le Triton ponctué et la Grenouille verte.

Le parc comprend également une rigole, dite de la Redoute des Hautes Bruyères. Celle-ci est signalée dans les enveloppes d'alerte de la DRIEE. Des têtards d'Alyte accoucheur ont été contactés lors des inventaires naturalistes ainsi que des individus Crapaud Calamite.

Ce parc est également un cœur de biodiversité et participe pleinement à la continuité écologique Bièvre-Lilas identifiée par le SRCE spécifique à la Petite Couronne et par le CG94.

Sur ce secteur, le projet prévoit l'implantation de plusieurs ouvrages.

La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy :

Il s'agit d'une gare nouvelle du Grand Paris Express. Elle permettra d'assurer l'interconnexion entre la ligne rouge (Ligne 15 Sud) et la ligne bleue (la ligne 14 Sud). Il est important d'indiquer que l'implantation de la gare se situe en partie Nord du parc dans un secteur concerné par un projet plus large d'aménagement porté par la collectivité.

Présentation de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy

Il convient de préciser que cette gare est incluse dans le périmètre du projet de la ligne 15 Sud (rouge) reliant les gares de Pont de Sèvres (Hauts-de-Seine) à Noisy-Champs (Seine et Marne, Seine-Saint-Denis).

Pour rappel, la ligne 15 Sud (rouge) a fait l'objet d'une procédure de demande de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) en 2013-2014. Une enquête publique s'est tenue fin 2013 sur l'ensemble du tracé.

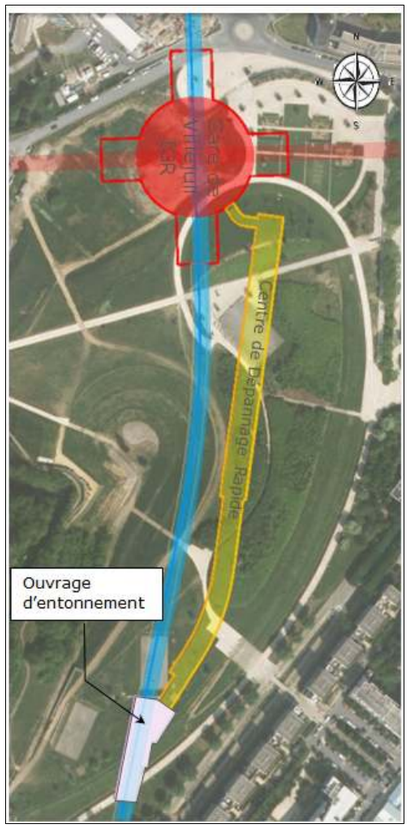
La ligne 15 Sud (rouge) fera l'objet en 2015 d'une actualisation de l'étude d'impact dans le cadre de la procédure de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, et d'une procédure de demande de dérogation à l'interdiction de destruction des espèces protégées. Ces documents comprendront un inventaire actualisé de la biodiversité de ce site de gare, et les dernières études techniques d'Avant-Projet (AVP) réalisées depuis la procédure de DUP.

Néanmoins, il peut être précisé dans ce dossier les mesures retenues pour l'insertion environnementale de la gare :

- Limiter l'emprise du chantier
- Installer clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels
- Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour les amphibiens sur le pourtour de la zone chantier
- Insertion paysagère et écologique de la gare et des cheminements pour conforter la continuité écologique Bièvre-Lilas,
- Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares

Le Centre de Dépannage Rapide des trains (CDR) :

Ce site permet des réparations rapides sur les trains. Dans la perspective d'une mise en service unique du prolongement jusqu'à Orly à l'horizon 2024, la réalisation du CDR ne serait plus nécessaire.



Présentation du CDR et de l'ouvrage d'entonnement
(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

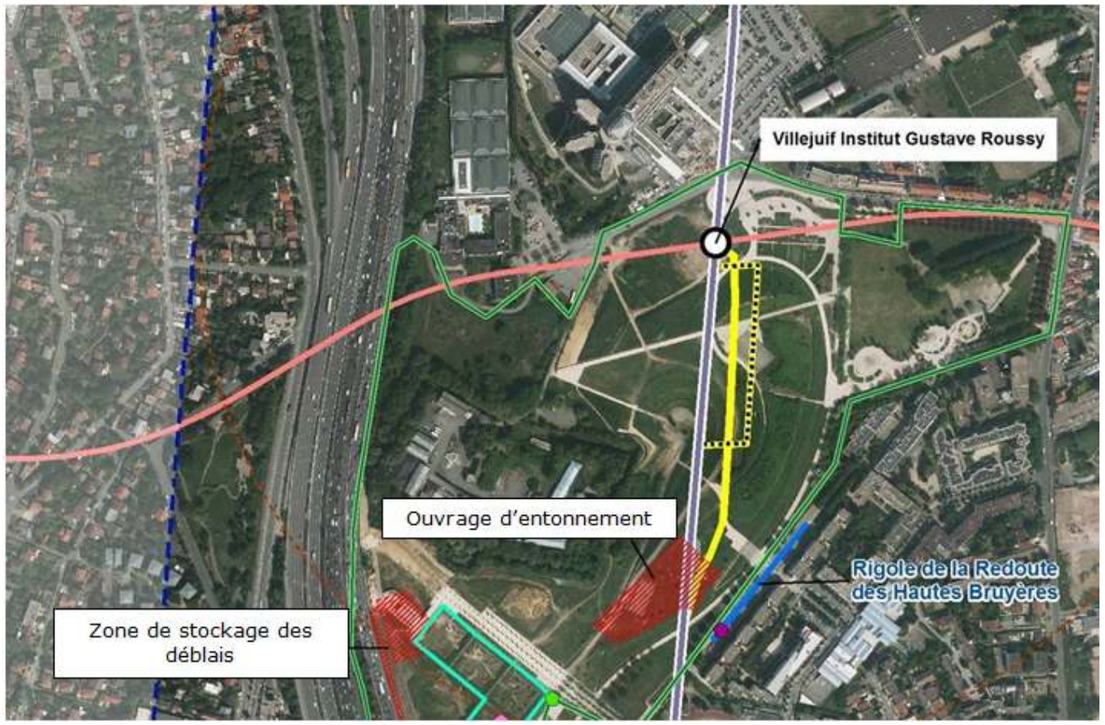
Si le CDR s'avérerait nécessaire, il serait construit avec la méthode traditionnelle, méthode souterraine qui évite la réalisation d'une tranchée en surface. L'occupation des sols au niveau de cet ouvrage ne serait pas perturbée.

La construction du CDR ne présenterait pas d'impact sur les milieux naturels.

L'ouvrage d'entonnement :

Si le CDR s'avérerait nécessaire, un ouvrage spécifique devrait être construit afin d'assurer l'aiguillage des trains vers le CDR. Cet ouvrage d'entonnement vise à réaliser une boîte reliant le tunnel unique au Sud, au tunnel au Nord, et au CDR au Nord-Ouest.

Cet ouvrage d'une taille limitée serait réalisé depuis la surface. Son implantation serait située à proximité de la rigole de la Redoute, sans l'impacter directement.



Présentation du CDR et de l'ouvrage d'entonnement
(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

L'implantation d'un ouvrage de ce type à proximité de la rigole peut présenter potentiellement des impacts sur les populations d'amphibiens protégées présentes (Crapaud calamite, Alyte accoucheur) et leurs habitats de substitution. La mise en œuvre de mesures spécifiques permettra d'éviter l'entrée d'amphibiens sur la zone de travaux. En effet, l'Alyte accoucheur et le Crapaud calamite sont deux espèces pionnières qui aiment particulièrement se réfugier dans des zones de chantier.

Mesures retenues pour ce site :

- **Limitation de l'emprise chantier :** Les emprises chantier seront limitées au maximum, à la traversée des milieux naturels ou semi-naturels, afin de limiter l'impact sur les habitats naturels et les habitats d'espèces.
- **Choix d'une localisation de l'ouvrage d'entonnement qui évite d'impacter directement la rigole de la Redoute**
- **Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour les amphibiens sur le pourtour de la zone chantier.**
- **Mise en œuvre d'un suivi des populations d'amphibiens** : ce suivi se déroulera pendant la phase de travaux mais également pendant les premières années d'exploitation du réseau.

Exemple de dispositif anti-intrusion pour les amphibiens (© BIOTOPE)

En conclusion, le projet ne présente pas d'effets directs sur la zone de la rigole. La mise en œuvre de mesures spécifiques permettra d'éviter l'entrée d'amphibiens sur la zone de travaux. Des mesures de suivi pendant le chantier et en phase d'exploitation permettront de suivre la population d'amphibiens présente. La remise en état des sols après travaux rend négligeable les impacts en phase d'exploitation.

5.1.2.4. La zone concernée par l'ouvrage de sécurité et le puits de tunnelier Jean Prouvé (L'Haÿ-les-Roses)

Le projet prévoit l'implantation d'un puits de tunnelier au niveau d'un secteur actuellement en friche, au bout de la rue Jean Prouvé. A terme, ce puits sera à terme un ouvrage de sécurité pour l'exploitation de la ligne 14 Sud. Il s'agit d'une zone de fiche comprenant des arbres.

Présentation des travaux Puits tunnelier puis OA Jean Prouvé
(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

Comme le montre le schéma présenté ci-dessus, le projet ne présente pas d'impact sur les jardins familiaux.

La réalisation de travaux pour cet ouvrage nécessitera une modification du site, et notamment la coupe de certains arbres actuellement présents.

Les prospections réalisées n'ont pas permis à ce stade l'identification d'espèces protégées sur le site. Néanmoins, les habitats présents peuvent permettre potentiellement l'accueil d'espèces intéressantes (oiseaux inféodés aux milieux arbustifs, insectes notamment les papillons aux abords des jardins…).

Au vu de la sensibilité des espèces présentes sur ce site, l'impact du projet est considéré comme modéré.

Mesures retenues pour ce site :

- **Limitation de l'emprise chantier :** Les emprises chantier seront limitées au maximum, à la traversée des milieux naturels ou semi-naturels, afin de limiter l'impact sur les habitats naturels et les habitats d'espèces. Ce travail prendra en compte les éléments issus des inventaires écologiques à venir.
- **Maintien des accès aux jardins familiaux**
- **Évacuation des déblais du creusement au tunnelier par tapis convoyeur :** cette solution permet de réduire les nuisances pour les riverains, et pour les espèces par rapport à une évacuation par camions.

- **Installation de protections pour éviter l'entrée d'espèces faunistiques dans la zone chantier.**

5.1.2.5. La zone concernée par l'implantation d'un tapis convoyeur pour l'évacuation des déblais (L'Haÿ-les-Roses et Villejuif)

Le fonctionnement du puits de tunnelier nécessite l'évacuation des déblais issus du creusement en souterrain du tunnel. Afin de limiter les nuisances auprès des riverains, et maintenir l'accès aux jardins familiaux, le projet comprend l'implantation d'un tapis convoyeur le long de l'autoroute A6.

Ce secteur est la frange de l'autoroute enfrichée et peu propice à l'installation d'espèces exigeantes en termes de ressources. En revanche, depuis le rond-point de la république jusqu'au sud du parc départemental des Hautes Bruyères, l'emprise chantier s'inscrit sur des habitats terrestre avéré et potentiel du Crapaud Calamite.

Visuels de la frange d'autoroute A6 (source : Société du Grand Paris)

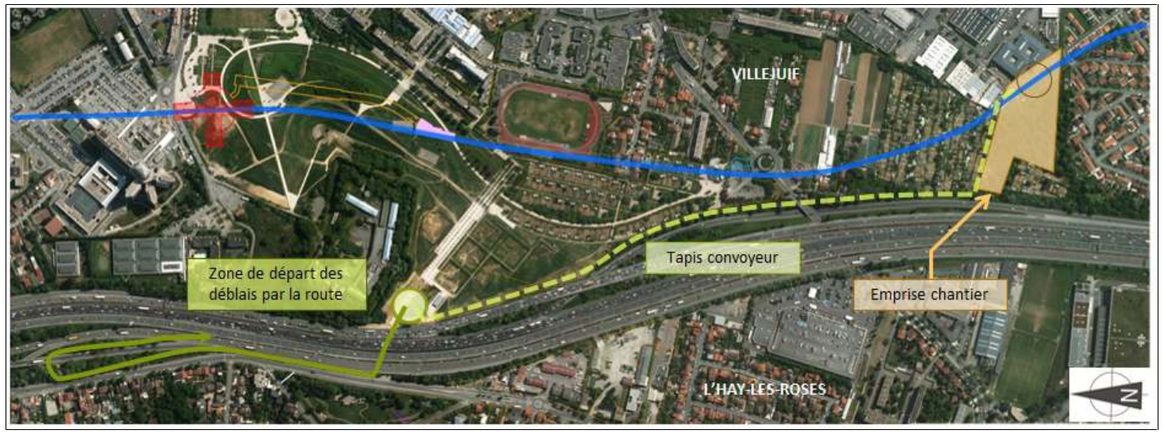
La mise en place d'un tapis convoyeur aura un impact limité sur les habitats présents. En effet, la mise en place de cet équipement ne nécessite pas de travaux lourds sur le sol, le tapis convoyeur est « posé » sur la surface, avec un vide entre le sol et le tapis.

Sur certaines sections ponctuelles, un faible réaménagement de la topographie pourra être nécessaire mais restera limité.

Le choix d'une implantation de tapis en limite de l'autoroute et hors-sol permet de limiter les impacts sur les habitats et les espèces.

L'implantation du tapis convoyeur en bordure d'autoroute présente un impact faible sur les habitats secondaires des Crapauds Calamite lors de l'installation et déconstruction de l'élément.

En fin de tapis convoyeur, les déblais sont stockés temporairement sur la frange de l'autoroute. Ils sont ensuite récupérés par des camions. Leur itinéraire pour se connecter à l'autoroute A6 est présenté sur la figure ci-dessous.



Présentation du tapis convoyeur pour l'évacuation des déblais depuis le puits tunnelier Jean Prouvé

(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

Ce choix d'organisation permet d'éviter la circulation de poids-lourds dans les communes voisines, ce qui limite les nuisances et les risques de circulation.

La zone de stockage temporaire est située à proximité du réseau de mares (Grenouille verte, Triton ponctué, Crapaud calamite). Le stockage n'impacte pas directement les mares des amphibiens présents. Néanmoins, les travaux sont susceptibles d'impacter les habitats terrestres des amphibiens. Comme pour l'ouvrage d'entonnement, des mesures spécifiques seront mises en place pour éviter toute entrée d'amphibiens sur la zone de chantier.

<u>Mesures retenues pour ce site :</u>

- **Choix de retenir un dispositif technique (tapis convoyeur) qui ne remet pas en cause l'état de conservation des habitats présents pour le Crapaud Calamite**

- **Choix d'implantation du tapis convoyeur sur un secteur à faibles enjeux écologiques**

- **Protection des espèces utilisant cette zone comme corridor écologique :** La zone de chantier du départ du tunnelier (OA Jean Prouvé) qui remonte jusqu'au parc départemental des Hautes Bruyères, fera l'objet de préconisations spécifiques étant donné sa proximité avec les mares et les habitats semi-naturels du parc. Une clôture à mailles fines sera installée (type «treillis soudé à petite section»- maille 6,5 mm X 6,5 mm –hauteur : 50 cm avec rabat) pourra être installée le long de l'emprise de la zone de travaux. Ce dispositif permettra d'éviter les intrusions de la petite faune (Hérisson, amphibiens, etc.) dans

l'emprise chantier. De plus, la couche de grillage « petite faune » devra présenter un rabat dans sa partie supérieure. En effet, les amphibiens peuvent escalader les grillages à petites mailles ; le rabat les empêchera ainsi de franchir malgré tout la clôture.

Triton escaladant un grillage petites mailles, stoppé par le rabat (Setra, Cete ouest, 2008)

Les entreprises travaillant à proximité des zones sensibles devront veiller à ne pas dégrader la clôture. L'état de la clôture sera vérifié lors des visites de chantier préconisées dans le suivi de chantier. En cas de dégradation, l'entreprise responsable assurera, le cas échéant, les réparations adéquates.

- **Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour les amphibiens sur le pourtour de la zone de stockage temporaire des déblais.**

En conclusion, l'organisation retenue pour la gestion des travaux et la localisation retenue des différents ouvrages du projet permet de réduire de manière significative les impacts potentiels sur les espèces présentes sur le site et leurs habitats, notamment par rapport aux amphibiens présents (Alyte accoucheur, Crapaud calamite, Grenouille verte, Triton ponctué…).

La mise en place de mesures adaptées pendant la phase travaux permettra d'éviter toute entrée d'espèce sur les zones de chantier.

L'impact résiduel est considéré comme faible sur ce site.

Croisement entre les ouvrages de la ligne 15 Sud et les habitats écologiques (la plupart des ouvrages sont souterrains)

Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Gares
- Ouvrages annexes
- Puits d'attaque de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- CDR souterrain et voie de connexion à la ligne
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares
- Emprises chantier

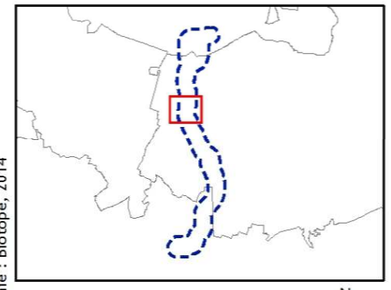
Espace vert
- Parc départemental des Hautes des Bruyères

Zones en eau ou partiellement en eau
- Réseaux des mares du parc des Hauts Bruyères (SGP-Biotope)
- Zones humides (SMBVB)

Amphibiens protégés observés (2014)
- Alyte accoucheur
- Crapaud calamite
- Triton ponctué

Habitats des amphibiens
- Habitat terrestre
- Habitats terrestre secondaire
- Aquatique
- Aquatique potentiel

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP ©IGN, Ortho© ©Biotope 2014
- ©SGP ; ©IGN, Ortho© ©SMBVB syndicat de la Bievre - Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



5.1.2.6. Secteur du parking du parc départemental des Hautes-Bruyères (OA République) (Villejuif)

L'ouvrage de sécurité République est situé en limite Sud du parc départemental des Hautes-Bruyères, au niveau du parking d'une des entrées.

Des échanges avec le gestionnaire du parc ont permis une identification des enjeux à préserver.

Le choix d'implantation de l'ouvrage permet d'éviter d'impacter l'alignement existant de pins.

L'ouvrage sera implanté au niveau des places de stationnement. Les habitats présents au niveau du parking présentent une sensibilité faible. Il s'agit de pelouses et de quelques arbres.

Présentation de l'ouvrage de sécurité République

(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

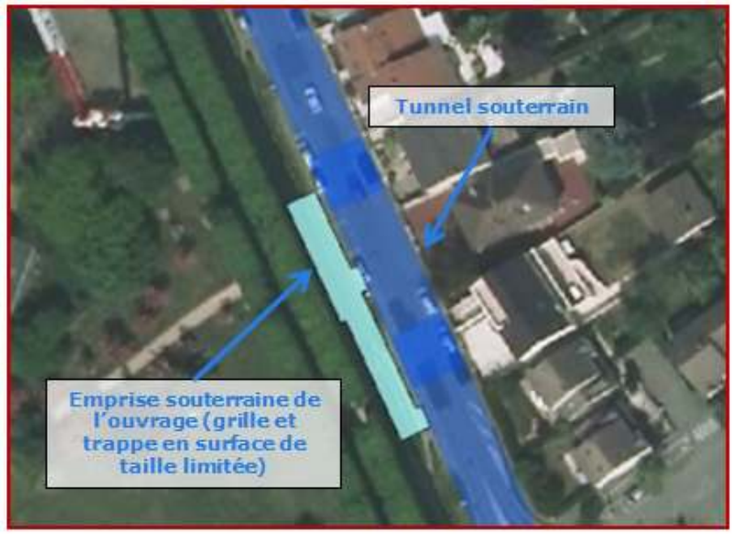
Les travaux pour l'ouvrage de sécurité République présentent un impact faible.

Mesures retenues pour ce site :

- **Limitation de l'emprise chantier :** Les emprises chantier devront être limitées au maximum, à la traversée des milieux naturels ou semi-naturels, afin de limiter l'impact sur les habitats naturels et les habitats d'espèces.
- **Maintien d'une implantation de l'ouvrage qui permet de ne pas impacter l'alignement d'arbres existants.**

5.1.2.7. La zone concernée par l'ouvrage de sécurité Petit Leroy (Chevilly-Larue)

Le parc du Petit Leroy présente de vastes pelouses, prisées pour les activités de loisirs sportifs et accueillent des fêtes locales. Cet espace semi-naturel en contexte urbain présente des intérêts pour l'accueil de la faune. Ainsi, le parc héberge une bonne diversité d'insectes et présente des alignements d'arbres à petites cavités en vieillissement. Le parc constitue un secteur d'intérêt en contexte urbain, identifié par le SRCE dans le volet spécifique à la Petite Couronne.



Projet de l'OA Petit Leroy

(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

L'ouvrage de sécurité Petit Leroy est prévu à l'extrémité Est du parc. Il sera implanté au niveau du trottoir en dehors du parc.

La construction de l'ouvrage de sécurité Petit Leroy ne présente pas d'impact sur le parc du Petit Leroy et ne remet pas en cause la continuité écologique identifiée par le SRCE dans le volet spécifique à la Petite Couronne.

Mesures retenues pour ce site :

- **Choix d'une localisation qui évite d'impacter le parc du Petit Leroy**

5.1.2.8. Le secteur de milieux ouverts à Orly (Morangis)

Le projet concerne une zone de milieux ouverts au niveau de l'aéroport d'Orly. Le projet prévoit sur ce secteur plusieurs ouvrages nécessaires au fonctionnement du métro. Il s'agit d'ouvrages de sécurité, d'un puits de tunnelier, d'une section en tranchée de la ligne pour relier le site de maintenance et de remisage des trains prévu au niveau de Morangis.

Le site comprend des espaces agricoles ouverts, des zones de friches et quelques zones de dépôts de matériaux liées aux activités proches.

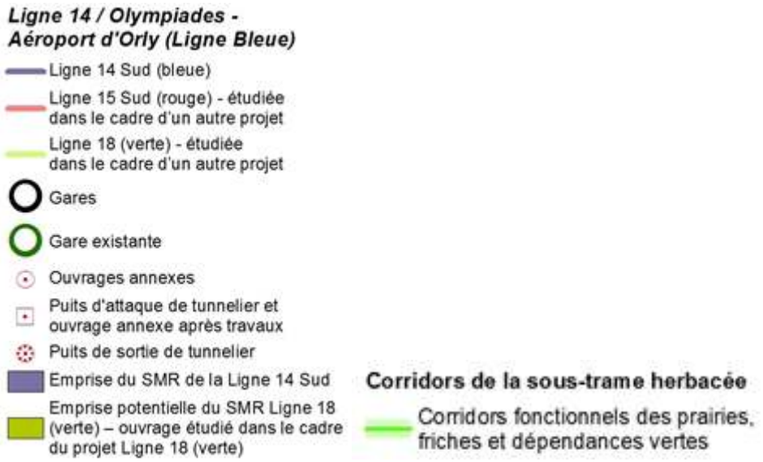
Ce secteur présente des zones de faible surface à enjeux floristiques (friches, prairies et espèces patrimoniales identifiées par le CBNBP) et à enjeux faunistiques pour l'avifaune (Linotte mélodieuse). Le site comprend également des insectes du cortège des milieux ouverts. La présence du Lézard des murailles est potentielle.

Au vu des enjeux faibles de ce secteur, l'impact du projet est considéré comme faible.

S'agissant des continuités écologiques, ce secteur de milieux ouverts représente un enjeu pour les fonctionnalités des espèces.

Un corridor écologique fonctionnel de la sous-trame herbacée est identifié dans le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE).

Extrait du SRCE Ile-de-France au niveau de l'aéroport d'Orly



Légende :

Le projet prévoit la réalisation d'une tranchée ouverte pour la liaison avec le site de maintenance de Morangis à partir du puits de tunnelier situé en arrière de l'ouvrage de sécurité Sud-Orly. Le reste de la ligne 14 Sud est prévu en souterrain, avec la technique du tunnelier.

Projet de SMR et ouvrages tunnelier et de sécurité
(Image non contractuelle susceptible d'évoluer dans les phases d'étude ultérieures)

Les continuités écologiques identifiées par le SRCE sont représentées à une échelle régionale. A l'échelle du projet, il s'agit donc d'un principe de continuité qui mêle l'ensemble des milieux favorables à cette sous-trame herbacée.

Le SMR de Morangis s'inscrit sur une zone de friche herbacée et arbustive qui participe pleinement à la fonctionnalité du corridor écologique (zone de relais, de corridor pour diverses espèces, notamment la Linotte Mélodieuse). L'imperméabilisation du sol sur ce secteur tend à amoindrir la fonctionnalité du corridor notamment pour certaines espèces à déplacement court. Toutefois, la présence d'habitat de substitution limite l'impact fragmentant du SMR.

En conclusion, le projet ne présente qu'un impact faible sur la continuité écologique identifiée dans le SDRIF Ile-de-France.

Mesures retenues pour ce site :

- **Limitation de l'emprise chantier :** Les emprises chantier devront être limitées au maximum, à la traversée des milieux naturels ou semi-naturels, afin de limiter l'impact sur les habitats naturels et les habitats d'espèces.

- **Choix d'une sortie du tunnelier à proximité du site de maintenance pour une longueur de tranchée réduite. Cette action permet le maintien d'habitats de substitution pour les déplacements d'espèces sur la section souterraine du tunnel au nord de la tranchée ouverte.**

- Au niveau du SMR Morangis et du raccordement depuis le puits de sortie du tunnelier, compte tenu de stations potentielles de flore patrimoniale (**Cynoglossum officinale et Chondrilla juncea**, identifiées par le CBNBP mais non recensées par les botanistes dans le secteur privé non accessible), **des balisages seront mis en place pour éviter la circulation dessus.**

- **Pour les espèces situées identifiées au niveau de la zone de travaux, un déplacement des espèces florales présentes est envisagé.**

- **Mise en œuvre d'un suivi des populations de Cynoglosse officinale et Chondrilla juncea** indiquées dans les bases de données du CBNBP. Un suivi spécifique des stations de ces espèces est envisagé pour ce site.

- **Mise en place d'une gestion différenciée envisagée sur le site du site de maintenance.** Un fauchage tardif permettra de laisser pousser la végétation sur les fossés, talus des routes, prairies et friches pendant la période printanière et estivale afin de favoriser le développement de la flore et de la faune abritées dans cette végétation.

5.1.3. Mesures générales pour l'ensemble des chantiers comportant des espaces naturels

- **Formation du personnel de chantier :** L'ensemble du personnel de chantier devra recevoir 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 :** Il sera nécessaire d'éviter la dispersion des espèces végétales invasives en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale). Pour cela, il est préférable d'éviter au maximum l'export de terre et de gravats. 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.

- **Remise en état du sol après travaux** : 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.

- **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, à une fréquence à déterminer avec la Société du Grand Paris, pour s'assurer du bon déroulement du chantier.

- **Disposer de 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.

- **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 la première fois, les habitats d'espèces à la période où elles sont le plus sensible. Cette période va d'environ septembre à février.

5.1.4. Impacts et mesures spécifiques en phase d'exploitation de la ligne 14 Sud

L'exploitation du futur métro n'entrainera pas de nuisances particulières vers l'extérieur, et notamment pour la biodiversité.

5.1.4.1. Les impacts et mesures liés à l'exploitation des gares

Les gares sont projetées au sein d'espaces urbanisés en connexion avec le réseau routier et ferré existant. Si une augmentation de la fréquentation est attendue, elle n'entrainera pas une augmentation de la fréquentation des espaces écologiques sensibles présents sur le territoire.

S'agissant du cas particulier de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy prévue au sein du parc départemental des hautes-Bruyères, il convient de préciser que la gare s'insère dans un projet d'aménagement urbain plus large qui prévoit la mise en place d'accès dédiés pour connecter la gare à la ville. Plus d'informations sont disponibles dans le dossier relatif à la ligne 15 Sud (rouge).

Gare M.I.N. Porte de Thiais – Représentation 3D

Evocation 3D susceptible d'évoluer lors des prochaines phases du projet

En phase d'exploitation, les gares ne présentent pas d'impact sur les milieux naturels.

Mesures de suivi retenues :

- Pour rappel, pour les gares situées à proximité de sites écologiques intéressants, **des campagnes de suivi des populations faunistiques et floristiques sont prévues.**

5.1.4.2. Les impacts et mesures liés à l'exploitation des ouvrages de sécurité

Les ouvrages de sécurité disposés tous les 800 mètres le long du tracé assurent deux fonctions principales :

- Assurer la bonne ventilation du tunnel en exploitation normale et assurer le désenfumage en cas exceptionnel d'accident ;
- Permettre l'arrivée des secours dans le tunnel, et assurer une évacuation des usagers en cas exceptionnel d'accident.

Exemple d'ouvrage annexe

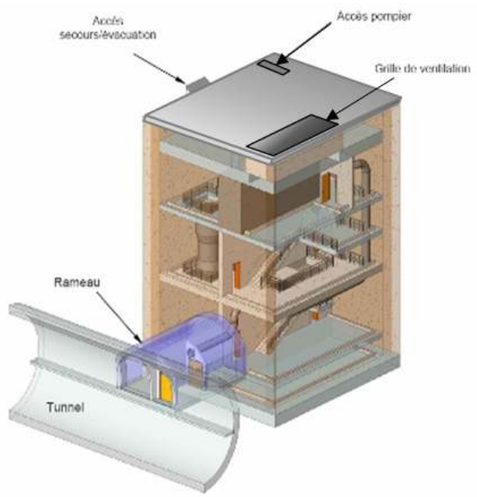


Illustration donnée à titre indicatif

En phase normale d'exploitation, les nuisances sont limitées au niveau de l'ouvrage de sécurité. Des échanges d'air sont effectués avec l'extérieur.

Mesures retenues :

- **Des dispositifs sont prévus au niveau des grilles de surface** pour éviter toute intrusion d'animal dans le système de ventilation et dans les trappes des secours.

En conclusion, l'exploitation des ouvrages de sécurité ne présentent pas d'impact sur les milieux naturels.

5.1.4.3. Les impacts et mesures liés à l'exploitation du site de maintenance et de remisage des trains à Morangis

Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) situé à Morangis correspond à un site industriel d'envergure. Il permettra le remisage du matériel roulant de la ligne 14, la réparation des rames.

Il est composé :

- D'un atelier de maintenance courante ;
- De voies dédiées au nettoyage des rames ;
- De locaux administratifs ;
- De locaux logistiques et techniques ;
- De positions de remisage.

Ces opérations seront effectuées au sein du site, la plupart des actions au sein même du bâtiment. Les nuisances de cette activité vers l'extérieur seront faibles et limitées.

En cas d'accident, les pollutions seront contenues dans l'enceinte. Une procédure d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sera engagée dans les étapes suivantes du projet.

En phase d'exploitation, le site de maintenance et de remisage (SMR) ne présente pas d'impact sur les milieux naturels. La réduction des milieux de friches herbacés, prairies et arbustes peut toutefois entrainer une perte de fonctionnalité de la continuité écologique de la sous-trame herbacée identifiée par le SRCE. Au vu du choix d'aménagement retenu, cet effet est considéré comme limité.

Mesures prévues :

- **L'éclairage du site sera adapté** pour éviter d'attirer les espèces faunistiques. Plusieurs critères sont retenus : choix des lampadaires l'orientation des lampadaires, densité des lampadaires, spectre d'émission, puissance lumineuse…
- **Dispositifs de kits anti-pollution**
- **Afin de conforter la continuité écologique au niveau du SMR, une gestion différenciée est envisagée sur le site après remise en état des prairies, dépendances vertes et zones de friches.**

5.1.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le milieu naturel

Les tableaux de synthèses des impacts en phase chantier et en phase d'exploitation sont présentés pages suivantes

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Éléments du projet en interaction***	***Impacts du projet***	***Mesures***	***Mesures générales***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Enjeux écologiques identifiés	**Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »**	Secteur Monts Cuchets	OA Cuchets	Travaux réalisés depuis la surface sur des espaces naturels. Enjeux faibles.	• **Limitation de l'emprise chantier** • **Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour la faune sur le pourtour de la zone chantier.**	• **Formation du personnel de chantier** • **Éviter la prolifération d'espèces invasives** • **Remise en état du sol après travaux** • **Disposer de dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers** • **Adapter les calendriers de début travaux dans lorsque cela est possible** **Mesure de suivi :** • **Suivi de chantier par un écologue**	Négligeable	Nul
		Sites potentiels pour les chauves-souris (liés aux cavités d'arbres)	Section comprise entre Paris et Villejuif	Travaux de construction nécessitant la coupe d'arbres ponctuels	• **Précautions avant l'abattage des arbres à cavité** • **Précaution pour la déconstruction de bâti** • **Visite des carrières avant comblement**			
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Le parc départemental des Hautes-Bruyères	Gare de Villejuif IGR	Travaux réalisés depuis la surface à proximité d'une zone sensible pour les amphibiens. Projet dans le cadre de la ligne 15 Sud (rouge).	**Mesures prévues dans le cadre du projet de la ligne 15 Sud (rouge) :** limitation du chantier, suivi des populations d'amphibiens.			

			Construction éventuelle du CDR	Nul : recours à la technique du tunnelier	Pas de mesure nécessaire			
			Construction éventuelle de l'ouvrage d'entonnement	Travaux réalisés depuis la surface sur des espaces naturels. À proximité de la rigole	• **Limitation de l'emprise chantier** • **Choix d'une localisation de l'ouvrage d'entonnement qui évite d'impacter directement la rigole de la Redoute** • **Balisage de l'emprise chantier pour éviter toute intrusion d'espèces faunistiques sur la zone de travaux** **<u>Mesure de suivi :</u>** • **Mise en œuvre d'un suivi des populations d'amphibiens par des experts**			
		Zone de friche Jean Prouvé	Puits tunnelier et OA Jean Prouvé	Travaux réalisés depuis la surface sur des espaces naturels boisés.	• **Limitation de l'emprise chantier** • **Maintien des accès aux jardins familiaux** • **Évacuation des déblais du creusement au tunnelier par tapis convoyeur** • **Installation de protections pour éviter l'entrée d'espèces faunistiques dans la zone chantier**			
		Frange le long de l'autoroute A6	Installation d'un tapis convoyeur pour l'évacuation des déblais	Travaux sur la frange de l'autoroute A6. Tapis convoyeur ne remettant pas en cause l'occupation du sol et les déplacements d'espèces.	• **Choix de retenir un dispositif technique (tapis convoyeur) qui ne remet pas en cause les habitats présents** • **Choix d'implantation du tapis convoyeur sur un secteur à faibles enjeux écologiques** • **Protection des espèces utilisant cette zone comme corridor écologique** • **Mise en place de dispositifs anti-intrusion pour les amphibiens sur le pourtour de la zone de stockage temporaire des déblais.**			

		Secteur du parking du parc départemental des Hautes-Bruyères	OA République	Travaux réalisés depuis la surface en bordure du parc départemental des Hautes-Bruyères	• **Limitation de l'emprise chantier** • **Maintien d'une implantation de l'ouvrage qui permet de ne pas impacter l'alignement d'arbres existants.**			
		Le parc du Petit Leroy	OA Petit Leroy	Nul : Travaux réalisés depuis la surface au niveau du trottoir en bordure du parc Petit Leroy	• **Choix d'une localisation qui évite d'impacter le parc du Petit Leroy**			
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis	Le secteur de milieux ouverts à Orly	Ouvrages de sécurité Puits de tunnelier Tranchée Site de maintenance et de remisage (SMR)	Tunnel souterrain jusqu'au puits de tunnelier Travaux de tranchée sur une faible longueur Implantation d'un site industriel **Préservation de la continuité écologique (SRCE) du fait d'un tunnel en souterrain en majeure partie**	• **Limitation de l'emprise chantier** • **Choix d'une sortie du tunnelier à proximité du site de maintenance pour une longueur de tranchée réduite** • **Balisages pour Cynoglossum officinale et Chondrilla juncea** • **Pour les espèces situées identifiées au niveau de la zone de travaux, un déplacement des espèces florales présentes est envisagé** **<u>Mesure de suivi :</u>** • **Mise en œuvre d'un suivi des populations de Cynoglosse officinale et Chondrilla juncea** • **Gestion avec fauche tardive au niveau du site de maintenance**			

5.1.5.1. Coûts liés aux mesures

Coûts des mesures concernant la Faune, la flore et les habitats naturels

Numéro	Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
		Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	Estimation chiffrée des coûts
Mesures génériques d'évitement			
	Limitation de l'emprise chantier		Pas de surcoût estimé
	Ne pas modifier l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	A intégrer dans le programme de conception Coût de la mesure égal à la différence entre le programme intégrant la mesure et le programme initial	A intégrer dans le programme de conception Pas de surcoût estimé
Mesures spécifiques d'évitement			
	Adaptation du projet aux enjeux écologiques	A intégrer dans le programme de conception Coût de la mesure égal à la différence entre le programme intégrant la mesure et le programme initial	A intégrer dans le programme de conception Pas de surcoût estimé
Mesures génériques de réduction			
	Management environnemental de la phase travaux	A intégrer dans le programme de travaux Le suivi de chantier par un écologue accompagne la mise en place de cette mesure.	-
	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 Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m²	Pas de données relatives aux volumes des déblais
	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 - Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 € par ml - 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.
	Rendre la zone de travaux peu attractive	A intégrer dans le programme de travaux	Pas de surcoût
	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.	-
	Limiter les perturbations sonores	Non quantifiable, à intégrer au programme et au cahier des charges des travaux	Liée aux estimations mesures de la partie 7.5 « Environnement sonore »

Numéro	Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
		Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	Estimation chiffrée des coûts
	Remise en état du sol après travaux	Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m3 Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m3 Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3 Plantations : dépendant des essences sélectionnées	La plupart des infrastructures sont situées en contexte urbain Dépend du volume exporté Remise en état pour Cuchets, République, Jean Prouvé, Sud Orly, raccordement au SMR sur environ 5 ha
	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 Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j <u>Coût du suivi de chantier :</u> - 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 - 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 = 900 € /j
Mesures spécifiques de réduction			
	Limitation de l'emprise du chantier	<u>Coût du balisage :</u> - Rubalise entre 15€ le rouleau de 500 m (rubalise simple) et 32€ le rouleau de 250 m (rubalise biodégradable et personnalisable) - Grillage plastique : de 48 à 58 € les 50 m en fonction de l'épaisseur - Cordage - Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ) <u>Coût des clôtures</u> : - clôtures standard grande faune : de 35 à 50 € le mètre linéaire - clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire	1 rouleau par emprise chantier minimum = 285 € Clôtures à mailles fines pour l'OA Jean Prouvé jusqu'au parc des Hautes Bruyères = 4500€
	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 Pas de surcoût estimé si intégré suffisamment en amont des travaux
	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

Numéro	Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
		Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	Estimation chiffrée des coûts
	Réaliser des caches de substitution pour la petite faune	Gîtes à Hérisson : de 80 à 140 € l'unité Plaque à reptiles : 5€ / m²	Environ 4 gîtes à Hérissons= 440 € Environ 4 plaques à reptiles = 20 €
	Suivi spécifique des sites à forts enjeux	Coût indicatif pour le suivi d'une zone à enjeux écologiques de 30 ha : - Suivi de la flore (2 passages d'expertise annuels) : 1 400€ /an - Suivi des amphibiens (2 passages d'expertise annuels) : 1 400€/an - Suivi des reptiles (1 passage d'expertise annuel) : 700 € /an - Suivi des oiseaux (4 passages d'expertise annuels) : 2 800€/an - Suivi des mammifères (1 passage d'expertise annuel) : 700 € /an	Passage d'un botaniste sur les stations de flore patrimoniales et/ou protégées= 1400 € Passage d'un fauniste sur le réseau de mare et rigole du parc départemental des Hautes Bruyères= 1400 € =2800€
	Rétablir des continuités écologiques	A intégrer dans le cahier des prescriptions environnementales de travaux Gestion extensive type fauche tardive des zones de milieux ouverts	En cours d'évaluation
	Passage d'un écologue dans les carrières souterraines	Passage d'un chiroptérologue en période hivernale : - 1 passage dans les carrières souterraines : 700 €	Passage d'un chiroptérologue = 700 € (selon le marché contractualisé)
	Mise en compatibilité avec le Plan Régional d'Actions Chiroptères d'Ile-de-France	A définir si impacts confirmés	A définir si impacts confirmés
Mesures de compensation			
	Mettre en place une gestion écologique des mares du Parc des Hautes Bruyères	• Mise en place d'une gestion écologique des mares : elle s'évaluera en fonction du type de gestionnaire et des modalités de gestion établies dans le plan de gestion. • Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier ;	Mise en place d'un cahier des charges pour la gestion écologique des mares = Suivi extérieur = 900 €
Mesure de suivi dans le temps			
	Suivi écologique des sites à enjeux	A intégrer à la mission du Coordinateur environnemental	Fonction du marché contractualisé
	Suivre scientifiquement l'efficience des mesures et l'évolution de la biodiversité	A préciser en fonction des besoins avérés	Fonction du marché contractualisé

5.2. Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000

En application des dispositions de l'article R.414-19 du code de l'environnement, l'étude d'impact comprend l'analyse des incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches.

Pour cette thématique, le fuseau d'étude a été néanmoins élargi pour prendre en compte les sites Natura 2000 les plus proches.

L'analyse des incidences a porté sur plusieurs types d'impacts potentiels :

- Les incidences directes sur les sites Natura 2000 ;
- Les incidences indirectes liées aux effets potentiels du projet sur les fonctionnalités écologiques des espèces, sur les nappes souterraines, sur la fréquentation des sites.

5.2.1. Les incidences directes du projet sur les sites Natura 2000

Analyse des incidences directes du projet sur les sites Natura 2000 :

La carte présentée ci-après démontre qu'aucun site Natura 2000 n'est situé dans l'aire d'étude. Aucun ouvrage émergent (gares, ouvrages de sécurité…) de la ligne 14 Sud n'est situé dans ou à proximité d'un de ces sites protégés. La carte suivante présente ces éléments.

Le projet ne présente aucune incidence directe sur les sites Natura 2000.

Incidence du projet sur les sites Natura 2000 présents dans un rayon d'environ 20km

Site	*Protection*	*Habitats/Espèces ayant motivé la désignation du site Natura 2000*	*Habitats présents*	*Distance au projet*	*Incidence du projet sur les sites Natura 2000*
Sites de Seine-Saint-Denis (ensemble d'entités au nord-est du fuseau d'étude)	ZPS (Directive Oiseaux)	Butor étoilé, Blongios nain, Bondrée apivore, Busard Saint-Martin, Busard cendré, Hibou des marais, Martin-pêcheur d'Europe, Pic noir, Gorgebleue à miroir, Pie-grièche écorcheur	Forêt caducifoliées, vignes, vergers (>60%), prairies améliorées (>15%), prairies semi-naturelles (5%), zones humides (landes humides et milieux tourbeux) (<5%). Autres : zones urbanisées, industrielles, etc (10%)	>5km	Il s'agit d'un site protégé pour les espèces d'oiseaux présentes. Aucune de ces espèces n'a été observée sur les espaces verts concernés par la ligne 14 Sud. **Les sites du projet ne présentent pas de sensibilité pour ces espèces Natura 2000.**
Marais d'Itteville et de Fontenay-le-Vicomte	ZPS (Directive Oiseaux)	Blongios nain, Bihoreau gris, Aigrette garzette, Héron pourpré, Oie cendré, Sarcelle d'hiver, Sarcelle d'été, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Bondrée apivore, Milan noir, Busard des roseaux, Autour des palombes, Epervier d'Europe, Buse variable, Balbuzard pêcheur, Faucon crécerelle, Faucon émerillon, Faucon hobereau, Râle d'eau, Bécassine des marais, Bécasse des bois, Chevalier guignette, Sterne pierregarin, Hibou moyen-duc, Martin-pêcheur d'Europe, Guêpier d'Europe, Pic noir, Pic épeichette, Bouscarle de Cetti, Locustelle luscinioïde, Lusciniole à moustaches, Fauvette babillarde	Zones humides : marais, bas marais, tourbières (30%) et eaux stagnantes, eaux courantes (30%), Forêt mixtes (30%), Forêt artificielle en monoculture (10%)	>15km	Il s'agit d'un site protégé pour les espèces d'oiseaux présentes. Aucune des espèces sensibles n'a été observée sur les espaces verts concernés par la ligne 14 Sud. **Au vu des habitats présents, les sites du projet ne présentent pas de sensibilité pour ces espèces Natura 2000.**
Massif de Rambouillet et zones humides proches	ZPS (Directive Oiseaux)	Butor étoilé, Blongios nain, Aigrette garzette, Héron pourpré, Bondrée apivore, Milan noir, Busard des roseaux, Busard Saint-Martin, Busard cendré, Balbuzard pêcheur, Marouette ponctuée, Echasse blanche, Avocette élégante, Mouette mélanocéphale, Sterne pierregarin, Guifette moustac, Guifette noire, Engoulevent d'Europe, Martin-pêcheur d'Europe, Pic noir, Pic mar, Alouette lulu, Pie-grièche écorcheur	Forêt caducifoliées, de résineux, mixtes (>90%), Zones humides (landes humides et milieux tourbeux) (<5%) et prairies semi-naturelles humides, prairies mésophiles améliorées, Landes, broussailles, prairies (<5%)	>15km	Il s'agit d'un site protégé pour les espèces d'oiseaux présentes. Aucune des espèces sensibles n'a été observée sur les espaces verts concernés par la ligne 14 Sud. **Au vu des habitats présents, les sites du projet ne présentent pas de sensibilité pour ces espèces Natura 2000.**
Marais des basses vallées de l'Essonne et de la Juine	SIC (Directive Habitats)	3150 - Lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition 3260 - Rivières des étages planitiaire à montagnard avec végétation du Ranunculion fluitantis et du Callitricho-Batrachion 3270 - Rivières avec berges vaseuses avec végétation du Chenopodion rubri p.p. et du Bidention p.p 6410 - Prairies à Molinia sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux 6430 - Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin 6510 - Prairies maigres de fauche de basse altitude 7210 - Marais calcaires à Cladium mariscus et espèces du Caricion davallianae 91E0 - Forêts alluviales à Alnus glutinosa et Fraxinus excelsior	Zones humides : marais, bas marais, tourbières (20%) et eaux stagnantes, eaux courantes (20%) Forêt caducifoliées (30%) Forêt artificielle en monoculture (30%)	>15km	Il s'agit d'un site protégé pour la qualité de ses habitats. Le projet de la Ligne 14 Sud se situant en contexte très urbain, il n'entre pas en relation directe avec ce type d'habitat **Les sites de la ligne 14 Sud ne représentent pas un enjeu pour ce site.**

5.2.2. Les incidences indirectes du projet sur les sites Natura 2000

Plusieurs types d'impacts sont potentiels, il convient d'évaluer les incidences pour chacun.

Analyse des incidences du projet sur le fonctionnement écologique des espèces :

L'analyse s'appuie sur la comparaison des habitats et espèces présentes sur les sites Natura 2000 et ceux de l'aire d'étude de la ligne 14 Sud identifiés dans le cadre de l'état initial.

Il convient de se référer au tableau présenté ci-après qui présente les enjeux des sites Natura 2000 les plus proches.

Le projet ne présente aucune incidence directe sur le fonctionnement écologique des espèces et des habitats des sites Natura 2000 les plus proches.

Analyse des incidences indirectes : le fonctionnement des nappes souterraines :

Certains sites, comme le parc Georges Valbon, et le parc du Sausset, tous deux inclus dans le site Natura 2000, Sites de Seine-Saint-Denis (ZPS) comprennent des plans d'eaux sensibles pour la biodiversité, directement liés à la nappe d'eaux souterraines.

Les méthodes constructives retenues pour les ouvrages de la ligne 14 Sud permettent d'éviter tout rabattement des nappes d'eaux souterraines, ou tout pompage directement dans les nappes. Il est en effet prévu :

- Le recours à la technique des parois moulées pour la construction des gares de la nouvelle ligne de métro ;
- L'utilisation de tunneliers pour le creusement du tunnel qui permet de maintenir l'étanchéité du tunnel pendant tout le creusement ;
- En phase d'exploitation, l'ensemble des ouvrages construits (tunnel, gares, ouvrages de sécurité…) sont étanches. Les volumes d'infiltration résiduels sont faibles et peuvent être considérés comme négligeables pour le fonctionnement des nappes présentes.

Pour plus d'information concernant ces techniques de construction, le lecteur est invité à prendre connaissance de la rubrique sur la présentation du projet au début de ce document, ou de la rubrique relative à l'hydrogéologie.

La construction des ouvrages et leur exploitation ne présentent pas d'impact sur le fonctionnement des nappes souterraines, et donc sur le fonctionnement des plans d'eau des sites Natura 2000 concernés par cet enjeu.

Analyse des incidences indirectes : l'effet barrage :

Si les méthodes constructives retenues permettent d'éviter toute action de rabattement et de pompage des nappes souterraines, l'implantation de structures importantes dans le sous-sol peut contraindre de manière locale la circulation des eaux de part et d'autres des ouvrages.

Au vu de leurs caractéristiques, ce phénomène est potentiel pour les gares du futur métro. Les éléments d'analyse de la rubrique « Hydrogéologie » de ce document ont montré un impact local et limité sur la circulation des eaux.

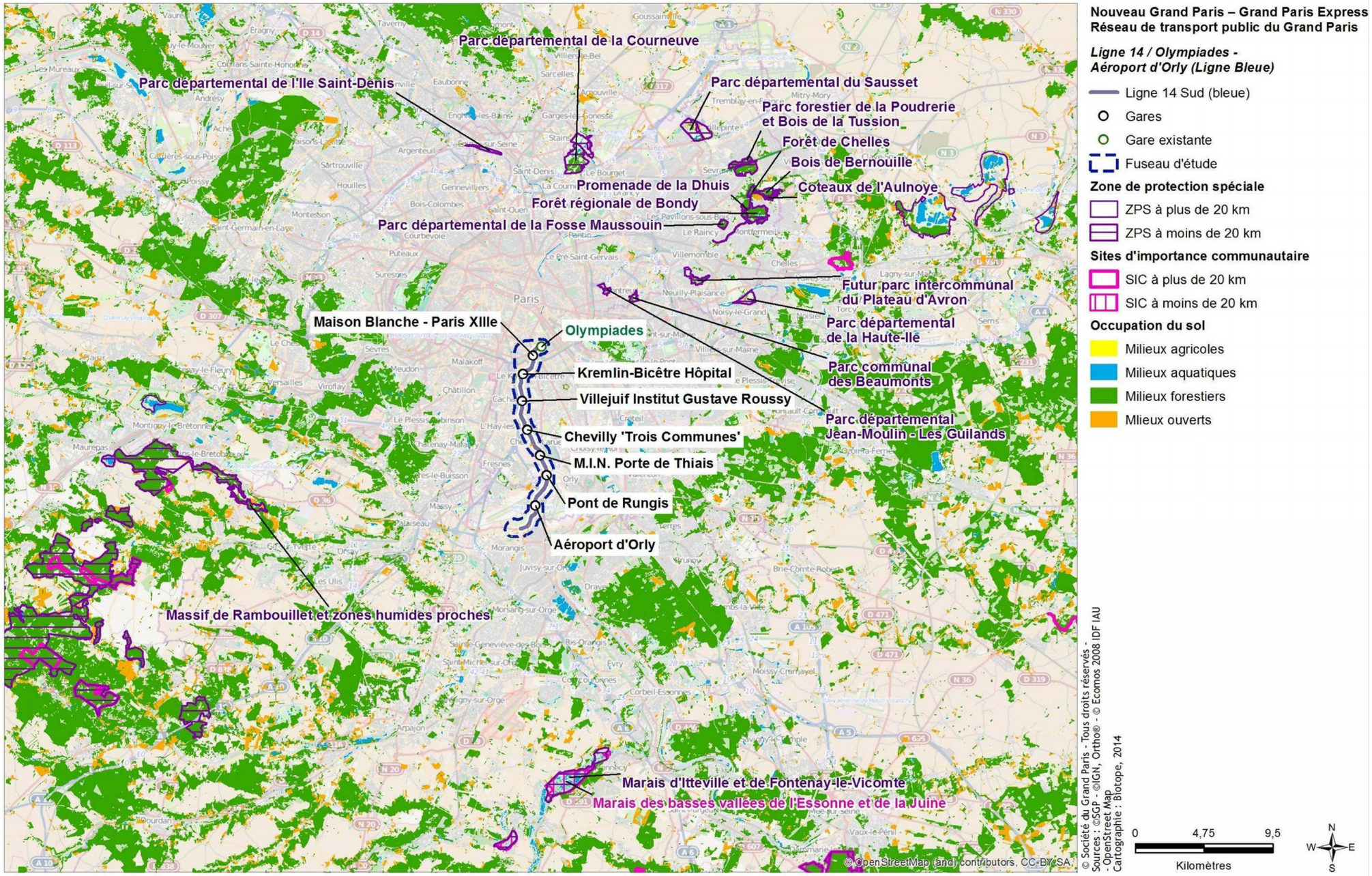
Au vu des distances entre la ligne 14 Sud et les sites sensibles au vu de leurs plans d'eaux, le projet ne présente pas d'incidence sur les plans d'eaux des sites Natura 2000 de la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ».

En phase d'exploitation, analyse des incidences indirectes : l'augmentation de la fréquentation des sites Natura 2000 les plus proches :

Les gares de la future ligne 14 Sud ne dessert aucun espace désigné Natura 20000. Son exploitation n'induira pas d'augmentation de la fréquentation de ces sites sensibles.

Le projet ne présente pas d'incidence indirecte sur la fréquentation de visiteurs des sites Natura 2000 les plus proches.

Carte de localisation des sites Natura 2000 et de l'occupation du sol aux abords du fuseau d'étude <u>à titre d'information</u>



5.2.3. Synthèse de l'évaluation des incidences du projet sur les sites Natura 2000

Éléments concernés	*Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial*	*Eléments du projet en interaction*	*Impacts potentiels*	*Niveau d'impact brut*	*Mesures*	*Impacts résiduels*	*Mesures compensatoires*
Incidences directes du projet	Ensemble de la ligne 14 Sud	Ouvrages émergents : gares, ouvrages de sécurité…	Réduction éventuelle des habitats des espèces Natura 20000	Nul	• **Projet en dehors des sites Natura 2000**	néant	néant
Incidences sur les fonctionnalités écologiques des espèces	Ensemble de la ligne 14 Sud	Ouvrages émergents : gares, ouvrages de sécurité…	Réduction de surfaces sensibles pour les espèces Natura 2000	Nul	• **Ouvrages émergents non situés sur des habitats identiques aux sites Natura 2000**		
Incidences sur le fonctionnement des nappes souterraines	Ensemble de la ligne 14 Sud	Tunnel, gares, ouvrages de sécurité…	Modification du fonctionnement des nappes (+ effet barrage)	Nul	• **Méthodes constructives adaptées :** tunnelier, parois moulée…		
Incidences sur la fréquentation des sites	Ensemble de la ligne 14 Sud	Gares de la ligne	Augmentation du nombre de personnes sur le secteur	Nul	• **Gares de la future ligne éloignée des sites Natura 2000**		

La ligne 14 Sud ne présente aucune incidence sur les sites Natura 2000.

5.3. Services écosystémiques

Consacrés en 2005 par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire[15] (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 14 Sud. 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 :

- Définition d'une typologie des systèmes naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude (fuseau d'étude intégrant les éléments connexes),
- Identification et, selon les données disponibles, quantification des services rendus par ces milieux,
- Evaluation de l'impact du projet sur les services rendus.

[15] *Millennium Ecosystem Assessment, 2005.* Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press, Washington, DC.*

5.3.1. 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).

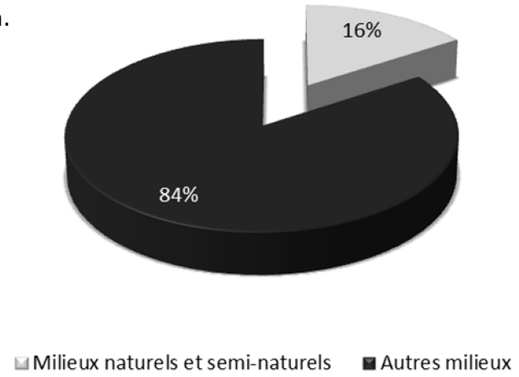
Liens entre milieux (semi)naturels et services écosystémiques

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		■		■	■	■							■				

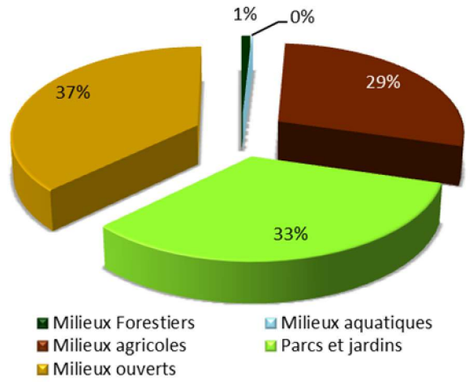
5.3.1.1. Analyse des milieux (semi)naturels à l'origine de services écosystémiques

A l'échelle de la Ligne 14 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de 360,8 ha soit environ 16 % de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.

a.



b.



Proportions de milieux (semi)naturels au sein du fuseau d'étude

Les milieux (semi)naturels se répartissent globalement selon un gradient nord/sud. La partie nord du fuseau, comprise entre les futures gares de Maison Blanche – Paris XIIIe et Pont de Rungis, caractérisée par un contexte urbain très dense regroupe la majorité des parcs urbains. *A contrario*, la partie sud, comprise entre les futures gares de Pont de Rungis et d'Orly, regroupe la quasi-totalité des milieux ouverts (principalement au niveau de l'aéroport d'Orly) et agricoles.

Les milieux ouverts représentent quasiment la moitié des milieux (semi)naturels du fuseau d'étude. Ils sont très nettement représentés par des prairies localisées aux abords des pistes de l'aéroport d'Orly. Près du tiers des milieux (semi)naturels correspondent à des parcs et jardins principalement représentés par des parcs communaux dont les plus étendus sont le parc de Choisy (Paris), le Jardin Panoramique départemental (Cachan) et le Parc départemental des Hautes-Bruyères (Villejuif).

Les milieux agricoles, majoritairement représentés par des grandes cultures, sont relativement peu représentés (21% des milieux (semi)naturels) et concentrés dans le sud du tronçon. Néanmoins, des jardins familiaux se répartissent sur l'ensemble du territoire. De manière générale, les milieux agricoles présents au sein de la zone d'étude sont enclavés dans des zones anthropisées, même si à proximité immédiate de l'aéroport d'Orly, certaines exploitations agricoles sont dans un contexte plus favorable (zones non constructibles liées à la pollution sonore générée par la proximité de l'aéroport).

Liens entre milieux (semi)naturels et services écosystémiques

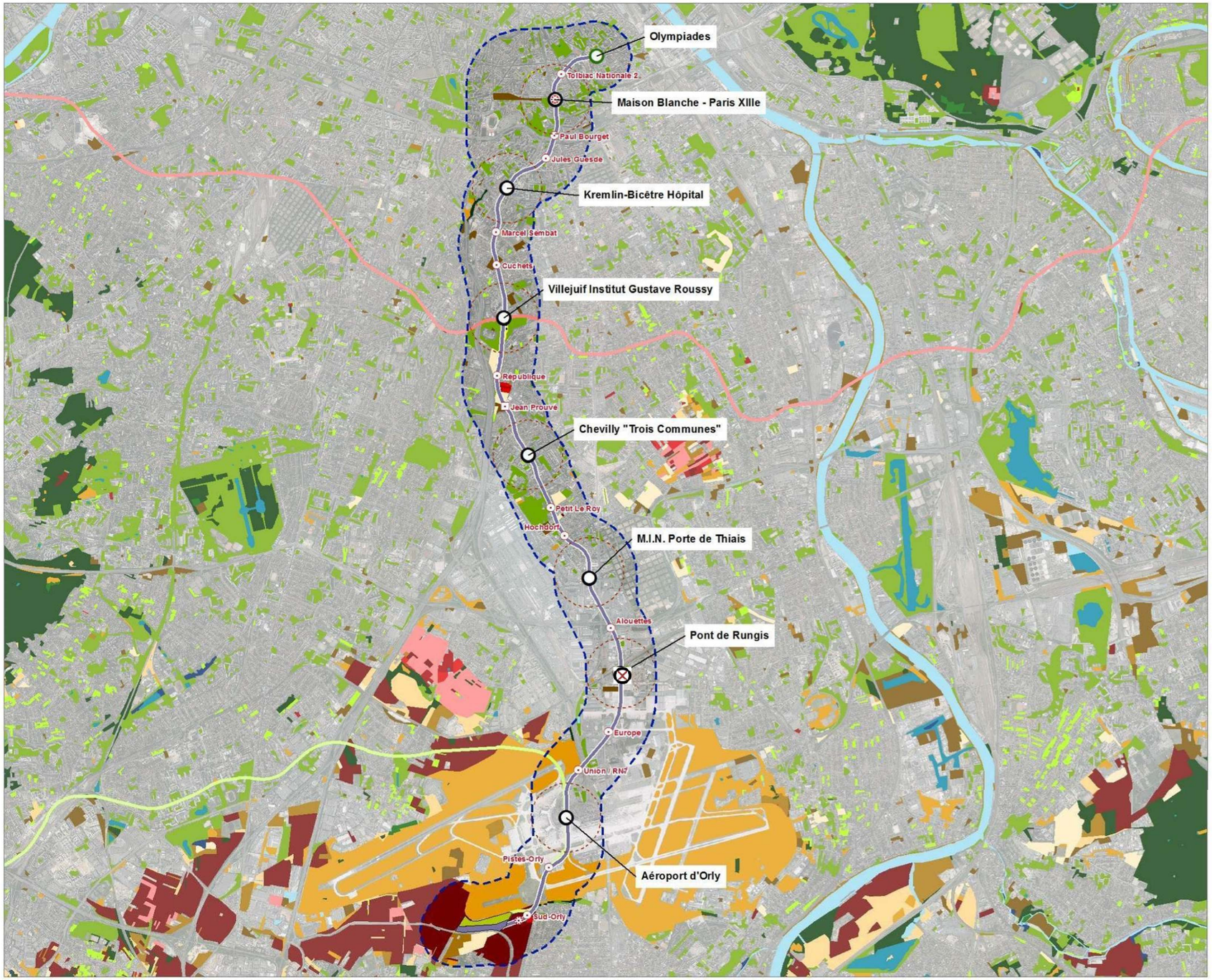
Catégories	*Surface (ha)*	*Sous-catégories*	*Surface (ha)*
Milieux forestiers	*3,1*	Espaces boisés	3,1
		Plantations	0
Milieux aquatiques	*0,5*	Zone humide	0
		Eau	0,4
		Plan d'eau	0,1
Milieux agricoles	*102,8*	Cultures	79,9
		Cultures intensives	1,0
		Cultures spécialisées	2,5
		Jardins familiaux	19,0
		Vergers	0,4
Milieux ouverts	*134,0*	Friche	0
		Prairie	96,3
		Vacant rural	18,0
		Terrain vacant	19,7
Parcs et jardins	*120,4*	Jardins	3,6
		Parcs urbains	116,8

Les milieux forestiers sont très peu présents au sein de la zone d'étude. Les quelques entités du fuseau d'étude sont associées à des parcs urbains (notamment le parc de la Coulée Verte à Paray-Vieille-Poste) et aux espaces verts urbains (notamment aux abords du complexe sportif de Gentilly). Enfin, les milieux aquatiques, eux-mêmes marginaux, correspondent à des plans d'eaux inclus dans des parcs urbains et au Trou à Glaise de la commune d'Orly.

Par ailleurs, la plaine de Montjean qui s'étend sur 138 hectares dans les communes de Wissous, Rungis et Fresnes n'est pas incluse dans le fuseau d'étude mais se trouve à sa proximité immédiate, non loin des futures gares de Pont de Rungis et de l'Aéroport d'Orly. Cette proximité pourrait engendrer une augmentation de la fréquentation au niveau de cette plaine. Dans ce contexte, elle est incluse à l'analyse des services écosystémiques. Gérée par le Syndicat Intercommunal de la Plaine de Montjean, elle accueille des terres agricoles, un bois, les pépinières de la Ville de Paris et un château (dont le domaine est classé en Espace Naturel Sensible). Alors que la Plaine de Montjean était mal connue, des habitants locaux, la création du Syndicat Intercommunal et la communication qui en a découlé ont conduit à une meilleure connaissance du territoire.

La mise en place du projet de la ligne 14 Sud pourrait se répercuter sur la fréquentation de ces milieux par une amélioration de leur accessibilité.

Typologie d'occupation du sol par sous-catégories retenues pour l'étude des services écosystémiques



Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Gares
- Gare existante
- Gare avec puits d'attaque et de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes
- Puits d'attaque de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits de sortie de tunnelier
- Emprise du SMR de la Ligne 14 Sud
- Emprise potentielle du SMR Ligne 18 (verte) – ouvrage étudié dans le cadre du projet Ligne 18 (verte)
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares

Occupation du sol
(sous-catégories)

Milieux agricoles
- Cultures
- Cultures intensives
- Cultures specialisées
- Vergers
- Jardins familiaux

Milieux aquatiques
- Eau
- Plans d'eau
- Zones humides

Milieux forestiers
- Espaces boisés
- Plantations

Milieux ouverts
- Friches
- Prairies
- *Vacants ruraux*
- Terrains vacants

Parcs et jardins
- Jardins
- Parcs urbains

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® 2011 - MOS® 2008
Cartographie : Biotope, 2014

0 1 2
Kilomètres

N W E S

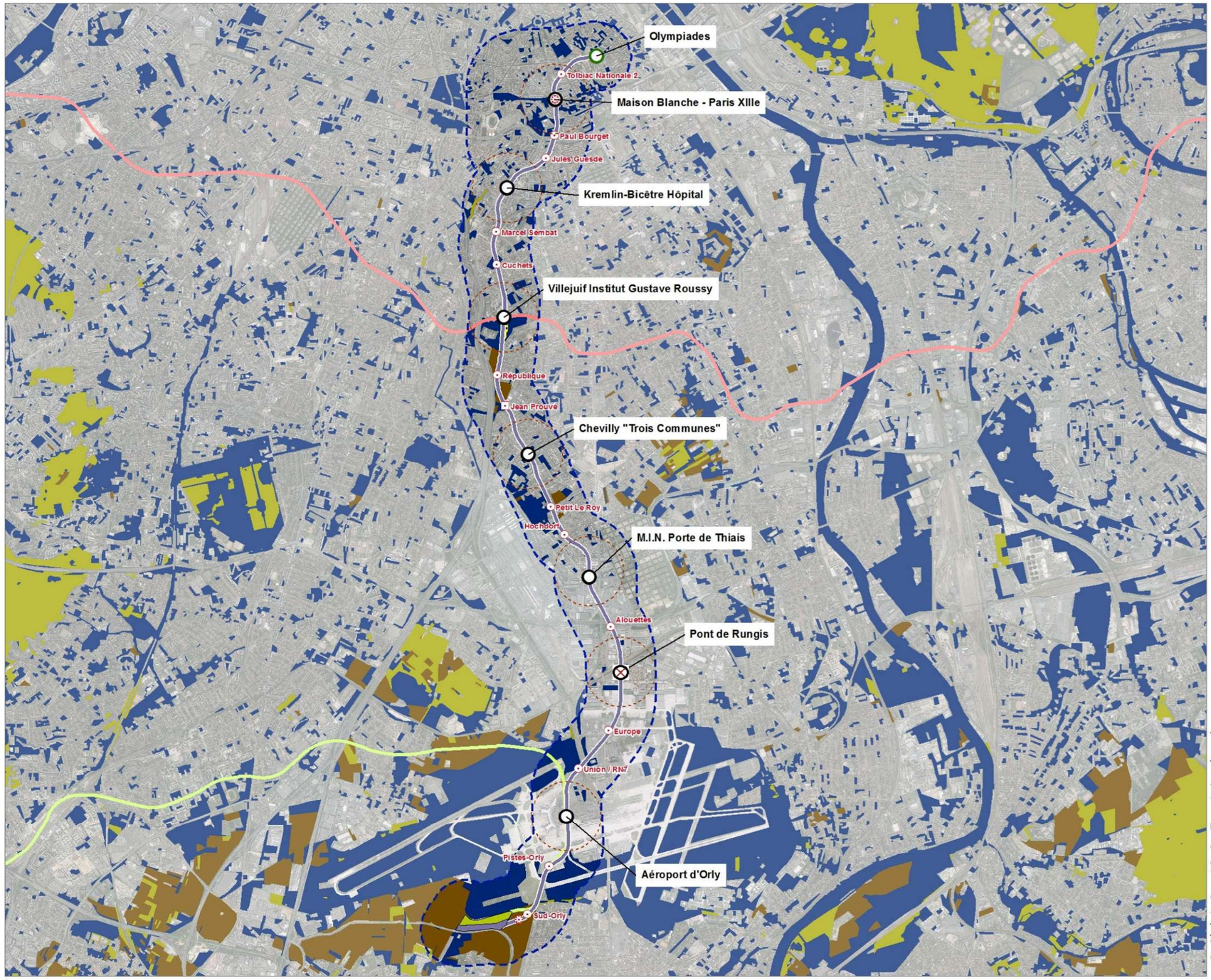
5.3.1.2. Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude

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 sur la zone

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***							79,9	1,0	2,5		0,4						
	Cueillette terrestre										19,0							
	Récolte de bois		0	0														
REGULATION	***Ecrêtement des crues***				0		0								0	0	0	0
	Soutien d'étiage				0	0	0											
	Autoépuration de l'eau				0	0	0											
	Purification de la qualité de l'air		3,1	0	0							0,4	3,6	116,8				
	Régulation du climat global		3,1	0								0,4		116,8				
	Régulation du climat local		3,1	0								0,4	3,6	116,8				
	Contribution à la pollinisation												3,6	116,8	0	96,3	19,8	18,0
SOCIO-CULTUREL	***Paysage***		3,1	0	0	0,4	0,1	79,9	1,0	2,5	19,0	0,4	3,6	116,8	0	96,3	19,8	18,0
	Chasse		0		0	0	0											
	Pêche de loisir				0	0	0											
	Sports de nature		3,1		0	0	0,1							116,8	0	96,3	19,8	18,0
	Tourisme et loisirs de nature		3,1		0	0	0,1							116,8				

Différents services écosystémiques rendus par les milieux du fuseau d'étude du projet



Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Gares
- Gare existante
- Gare avec puits d'attaque et de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes
- Puits d'attaque de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits de sortie de tunnelier
- Emprise du SMR de la Ligne 14 Sud
- Emprise potentielle du SMR Ligne 18 (verte) – ouvrage étudié dans le cadre du projet Ligne 18 (verte)
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares

Services Ecosystemiques

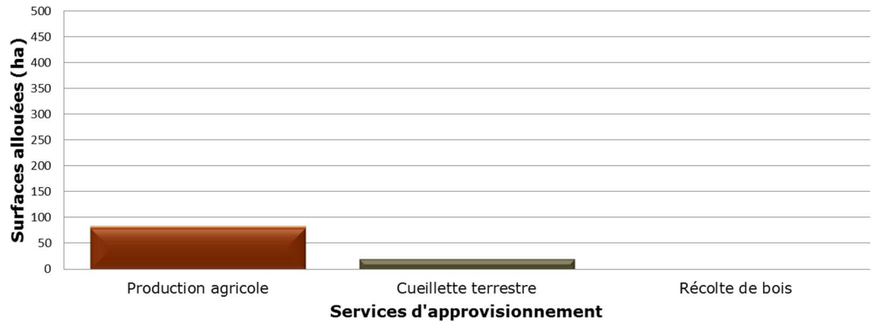
- Services socioculturels et de régulation
- Services socioculturels, de régulation et d'approvisionnement
- Services socioculturels et d'approvisionnement

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® 2011 - MOS® 2008
Cartographie : Biotope, 2014

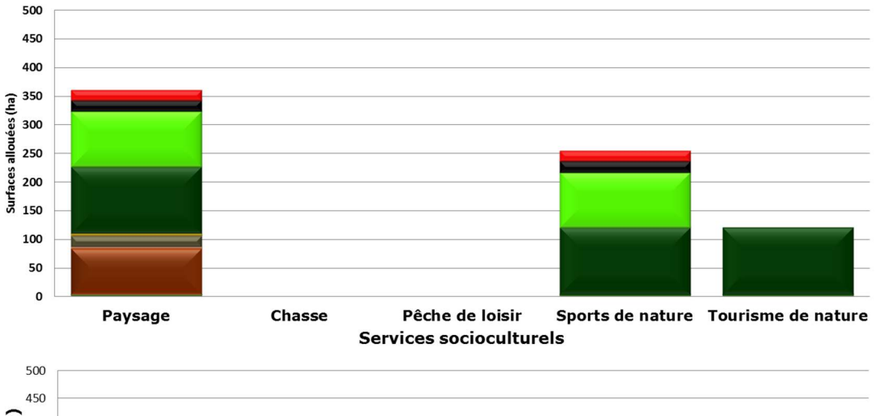
0 1 2
Kilomètres

N W E S

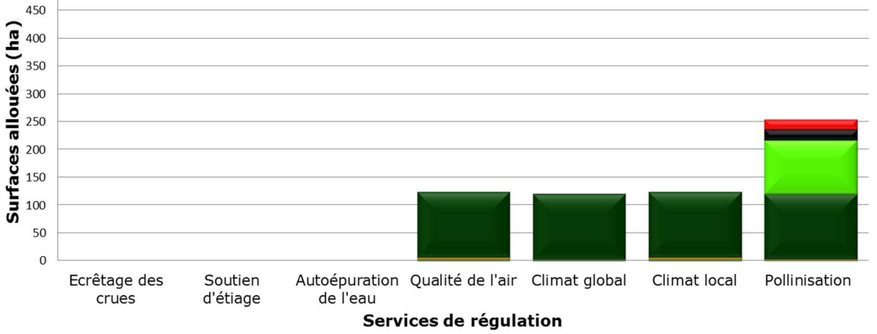
a.



b.



c.



Surfaces (en ha) relatives aux services d'approvisionnement (a), de régulation (b) et socioculturels (c) fournis par les différents milieux (semi)naturels au sein du fuseau d'étude

La fourniture de <u>services d'approvisionnement</u> par les milieux recensés au sein du fuseau d'étude est limitée mais non négligeable. Les parcelles agricoles présentes au sein du fuseau d'étude sont principalement orientées vers la production de céréales, oléagineux et protéagineux. Quelques parcelles spécialisées en maraîchage et en horticulture permettent une diversification de l'agriculture locale. Bien que représenté sur une faible superficie, le service de cueillette terrestre rendu par les jardins familiaux est à souligner. Au nombre de huit d'après l'occupation du sol, ces jardins familiaux, principalement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (FNJFC), jouent un rôle social indéniable et sont un support de sensibilisation au lien qu'il existe entre la santé, la nutrition et la protection de l'environnement. Les quelques espaces boisés présents au sein du fuseau ne sont pas supports au service de récolte de bois puisqu'ils sont inclus dans des espaces urbains.

Concernant les <u>services de régulation</u>, les milieux aquatiques et les milieux ouverts du fuseau d'étude ne sont pas localisés en zones inondables[16] et ne participent donc pas au service d'écrêtage des crues. Parmi les services de régulation, les parcs urbains et dans une moindre mesure les espaces boisés participent à l'amélioration du cadre de vie des citoyens par une purification de l'air et une régulation du climat local et global. Enfin, ils contribuent avec les prairies à la diversité et à l'abondance des insectes pollinisateurs, qui pourront à leur tour favoriser les services d'approvisionnement dans les milieux agricoles limitrophes.

Les parcs urbains contribuent également à favoriser le bien-être humain en fournissant un certain nombre de <u>services socioculturels</u>. Propices à la pratique d'activités sportives et touristiques de plein air, ils sont également des lieux de détente et sont considérés comme de véritables « cœurs verts » contribuant ainsi à l'embellissement du paysage.

<u>Dans un contexte urbain particulièrement dense, les parcs urbains constituent de véritables « poumons » en ville, tant pour leurs fonctions régulatrices (climat local, carbone, épuration des eaux, soutien d'étiage) que pour les activités sociales qu'ils génèrent. Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis par ces milieux. Bien que les services d'approvisionnement représentent un enjeu moindre, ils seront également à considérer avec attention.</u>

Par ailleurs et à proximité immédiate du fuseau d'étude, la Plaine de Montjean est à l'origine de services d'approvisionnement (terrains agricoles), de régulation (espaces arborés) et socioculturels (domaine du château de Montjean). Ces milieux ne sont pas inclus dans le fuseau d'étude et aucun impact négatif ne touchera ces milieux. *A contrario*, les services socioculturels pourraient même être valorisés par le biais d'une amélioration de l'accessibilité à cette plaine.

[16] *Zones définies par la DRIEE Île-de-France*

5.3.2. Impacts et mesures en phases chantier et exploitation concernant les services écosystémiques

5.3.2.1. 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 15 ha, soit moins de 4 % de la surface totale des milieux (semi)naturels inclus dans le fuseau d'étude. Les milieux (semi)naturels les plus impactés sont :

- Les vacants ruraux et les parcelles agricoles localisés dans la commune de Morangis et principalement impactés par l'emprise du site de maintenance ;
- Les parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau.

En phase d'exploitation et pour le tracé de référence, 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 : les vacants ruraux demeurent les milieux les plus impactés dus à l'emprise du site de maintenance localisé à Morangis.

5.3.2.2. Services écosystémiques impactés par le projet

Durant la phase chantier, les services socioculturels et de régulation sont les plus impactés. 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, cette dégradation s'élève à moins de 5 % de la surface totale de parc urbain disponible par les citoyens. D'autre part, cette dégradation de ces services ne sera que temporaire si des mesures de restauration des milieux (semi)naturels impactés sont prises à la suite aux travaux de construction du métro.

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 pour compenser les pertes temporaires des services socioculturels.

Les vacants ruraux et services associés seront également affectés par le projet du fait de la construction du site de maintenance localisé à Morangis et lié au tracé de référence. Cette emprise chevauche également des terres agricoles de grandes cultures, impactant ainsi le service d'approvisionnement dont elles sont le support.

En phase d'exploitation, les impacts sont très limités, excepté pour les services socioculturels et de régulation rendus par les vacants ruraux. Ces derniers sont dégradés par l'emprise du site de maintenance situé dans la commune de Morangis et associé au tracé de la Ligne 14 Sud.

5.3.2.3. Services écosystémiques d'approvisionnement impactés par le projet

Seuls les services d'approvisionnement rendus par les terres agricoles seront impactés par le projet. En effet, et d'après l'occupation du sol, aucun des ouvrages associés au projet n'est localisé au sein d'un jardin familial. Toutefois, la proximité d'un ouvrage pourra conduire à des nuisances sonores mais celles-ci ne sont pas évaluées dans le cadre de cette thématique. Seul le service d'approvisionnement par les terres agricoles est donc détaillé dans ce paragraphe.

Le Registre Parcellaire Graphique (RPG) de 2010 recense la majorité des terres agricoles (70,5 ha) et renseigne leur assolement au cours de l'année 2010. En ce qui concerne les parcelles non recensées au RPG 2010 (14,2 ha), seule leur Orientation Technico-Economique des Exploitations (OTEX) est connue grâce au MOS.

SAU de terres agricoles incluses dans le fuseau d'étude mais non recensées au RPG 2010 selon leur OTEX

Département	*OTEX définie par le MOS*	*SAU[17] (ha)*
Essonne	*Grandes cultures*	*10,6*
	Cultures spécialisées	*1,0*
	Vergers	*0*
Val-de-Marne	*Grandes cultures*	*0,1*
	Cultures spécialisées	*1,5*
	Cultures intensives	*1,0*

Parmi les parcelles non recensées au RPG 2010 (renseignée grâce au MOS dans l'étude), les parcelles de cultures spécialisées ou intensives sont localisées au niveau des communes de Villejuif et de Morangis. Le Recensement Agricole (RA) de 2010 de la commune de Villejuif précise que l'OTEX de la commune s'oriente vers l'horticulture ce qui laisse à penser que les parcelles de cultures intensives et spécialisées de la commune assurent une production de fleurs. En ce qui concerne la commune de Morangis le RA 2010 ne permet pas de conclure quant à l'orientation des terres. Par prudence vis-à-vis des hypothèses avancées, les deux cas de figure (horticulture ou maraîchage) sont étudiés.

Les productions cultivées sur ces parcelles non recensées au RPG 2010 sont estimées à partir des Statistiques Agricoles Annuelles (SAA) de 2010 des départements de l'Essonne et du Val-de-Marne. Elles permettent de connaître l'assolement de l'ensemble des parcelles départementales selon leur OTEX. Quel que soit le département, et parmi les grandes cultures, la production de blé tendre est majoritaire suivie de celle de l'orge et du colza. Les cultures spécialisées de type maraîchage sont principalement caractérisées par la production de laitue et de persil dans le département de l'Essonne et par la production de laitue et de haricot vert dans le département du Val-de-Marne.

Sur base de ces données, les SAU par type de production des terres agricoles non recensées par le RPG 2010 sont estimées à partir des assolements départementaux appliqués au prorata des surfaces des terres agricoles incluses dans le fuseau d'étude.

[17] *SAU : Surface Agricole Utile*

Au sein du fuseau d'étude, les terres agricoles sont le support d'une production de l'ordre de 4 800[18] quintaux de produits de grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux, cultures industrielles), de 50 quintaux de fruits et de 1 500 quintaux de denrées maraîchères si les parcelles renseignées en cultures intensives et spécialisées (MOS, 2008) sont effectivement des parcelles maraîchères.

Seules des parcelles de grandes cultures localisées dans la commune de Morangis (Essonne) sont concernées par les emprises du SMR en phase chantier (les cultures spécialisées pourraient être impactées mais de manière négligeable). Ces impacts induisent une perte de production inférieure à 100 quintaux par an de denrées issues des grandes cultures, soit moins de 5 % de la production fournie dans le fuseau d'étude (en limitant les pertes agricoles aux emprises chantier uniquement).

5.3.2.4. Services écosystémiques de régulation impactés par le projet

Seuls les services 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.

Au sein du fuseau d'étude, seule une formation végétale boisée (principalement terrains en friche et zones rudérales sur le fuseau d'étude) est recensée par l'Inventaire Forestier National (IFN). Les autres espaces boisées participant au service de régulation du climat global correspondent aux parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau d'étude. Dans les résultats qui suivent, un coefficient de recouvrement du sol par des arbres fixé à 30 % a été appliqué aux parcs urbains non renseignés par l'IFN. L'ensemble de ces milieux participe au stockage d'environ 2 800 t de CO_2.

Calcul du stock de CO_2 par les milieux boisés de la Ligne 14 Sud

Essence	Surface (ha)	Biomasse sur pied (m^3)	Densité	Quantité de bois (t)	Quantité de carbone (t)	Quantité de CO_2 (t)
Châtaignier						
Chêne	2,2	79,4	690	70,1	33,3	123,2
Frêne	7,9	285,6	690	252,3	119,8	443,4
Pins	2,2	78,5	530	53,3	25,3	93,6
Milieux hors IFN	120,3					1 933,9
TOTAL						**2 594**

Les impacts liés au projet sur le service de régulation du climat global sont faibles en phases chantier et exploitation. En effet, l'impact sur le stockage de CO_2 est toujours inférieur à 5 % du carbone stocké par l'ensemble des milieux arborés présents sur le fuseau d'étude.

[18] *Estimation réalisée sur la base du RPG 2010 et des rendements associés aux cultures et provenant de la Statistique Agricole Annuelle du département de l'Essonne (Agreste, Srise Île-de-France)*

5.3.2.5. Services écosystémiques 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 être évalués à travers l'estimation de la densité d'espaces verts communale par habitant avant, durant la phase de construction du métro et en phase d'exploitation. Les résultats concernant le tracé de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Densité d'espaces verts par commune et par habitant intersectés par le fuseau d'étude, en situation actuelle et avec projet

Communes	Densité d'espaces verts par habitant (m^2/habitant)*		Gare Grand Paris
	Surface Actuelle (m^2/hab)	Variation maximale en phase chantier (%)	
Arcueil	**6,5**	-	-
Cachan	**9,5**	-	-
Chevilly-Larue	**21,5**	< 5 %	M.I.N Porte de Thiais
Gentilly	**6,6**	-	-
L'Haÿ-les-Roses	**16,9**	< 5 %	Chevilly « Trois Communes »
Ivry-sur-Seine	**9,0**	-	-
Le Kremlin-Bicêtre	**2,6**	< 5 %	Kremlin-Bicêtre Hôpital
Morangis	**11,3**	-	-
Orly	**16,2**	-	-
Paray-Vieille-Poste	**21,4**	-	Aéroport d'Orly
Paris XIII	**8,8**	-	Maison Blanche - Paris XIIIe
Rungis	**23,4**	-	-
Thiais	**13,7**	< 5 %	Pont de Rungis / M.I.N. Porte de Thiais

Communes	Densité d'espaces verts par habitant (m^2 /habitant)*		Gare Grand Paris
	Surface Actuelle (m^2/hab)	Variation maximale en phase chantier (%)	
Villejuif	**7,7**	< 5 %	Chevilly « Trois Communes » / Villejuif Institut Gustave Roussy
Wissous	**81,4**	-	-

** Les densités qui ne varient pas significativement par rapport à la densité de référence ne sont pas indiquées pour faciliter la lecture du tableau.*

Les communes déficitaires en espaces verts avant-projet sont surlignées en orange.

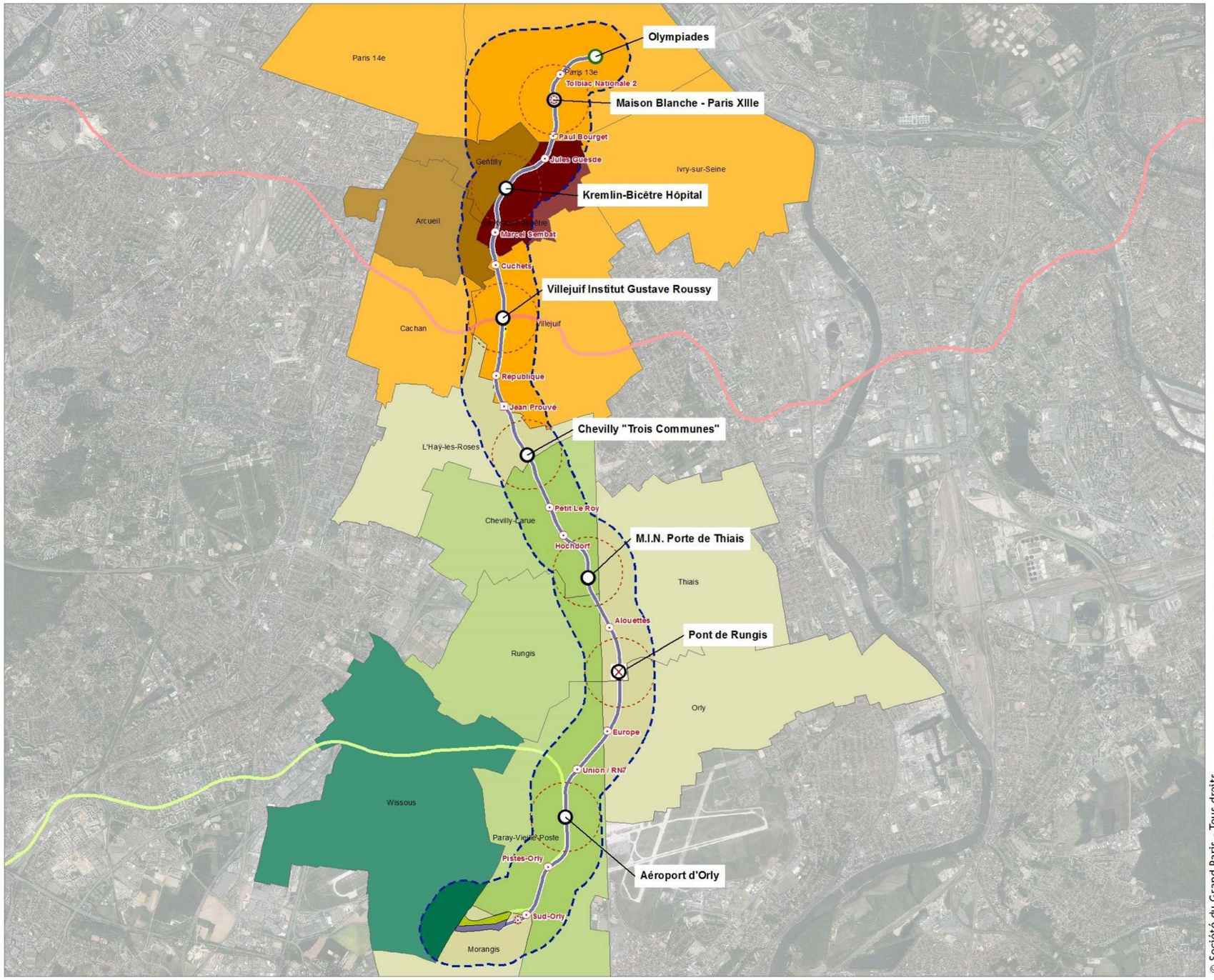
Les communes du fuseau d'étude sont globalement déficitaires en espaces verts (densité inférieure à 10 m²/hab) du fait d'une urbanisation très dense. Ces densités s'expliquent par la proximité de ces communes avec la ville de Paris et leur éloignement par rapport à de grands espaces verts publics. Les autres communes du fuseau d'étude entrent dans les objectifs fixés par la circulaire ministérielle du 8 février 1973 mais aucune ne se détache, excepté la commune de Wissous dont la densité d'espaces verts s'explique principalement par une faible population.

En phase chantier selon le tracé de référence, aucune diminution significative de la densité d'espaces verts n'est observée sur l'ensemble de la ligne 14 Sud (la diminution de la densité d'espaces verts est toujours inférieure à 5 %), pour laquelle la diminution de la densité d'espaces verts s'explique principalement par l'emprise chantier de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy. Les impacts liés à l'emprise chantier du projet sur les espaces verts sont donc faibles pour la commune de Villejuif et négligeables pour l'ensemble des autres communes.

Par voie de conséquence, et en phase d'exploitation, aucune diminution significative de la densité d'espaces verts n'est observée sur l'ensemble de la ligne 14 Sud, sous réserve de réaménagement des zones dégradées durant la phase chantier.

Soulignons par ailleurs que l'implantation de certaines gares devrait être accompagnée par l'aménagement d'espaces verts. En particulier, les communes du Kremlin-Bicêtre et de Villejuif (actuellement déficitaires en espaces verts et impactées en phase chantier) verront probablement leur densité en espaces verts légèrement augmenter à la suite de la phase de travaux liée à l'insertion paysagère des gares correspondantes. Néanmoins, il n'est, à ce stade de l'étude, pas envisageable de quantifier le gain issu de tels aménagements.

Densité en espaces verts des communes traversées par le fuseau



Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Gares
- Gare existante
- Gare avec puits d'attaque et de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes
- Puits d'attaque de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits de sortie de tunnelier
- Emprise du SMR de la Ligne 14 Sud
- Emprise potentielle du SMR Ligne 18 (verte) – ouvrage étudié dans le cadre du projet Ligne 18 (verte)
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares

Densité en espaces verts (m²/hab)

- < 5
- 5.0 - 7.5
- 7.5 - 10.0
- 10.0 - 17.5
- 17.5 - 25.0
- 25.0 - 50.0
- > 50.0

Les objectifs de densité d'espaces verts par habitant sont fixés à 10m²/hab en zone centrale et à 25m²/hab en zone périurbaine selon la circulaire ministérielle qui fixe les objectifs et moyens réglementaires et fonciers dans la mise en œuvre d'une politique d'espaces verts en Ile-de-France

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® 2011 - MOS® 2008
Cartographie : Biotope, 2014

0 1 2
Kilomètres

N W E S

5.3.2.6. 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 :

- Ne pas modifier en eau l'alimentation en eau des secteurs à enjeux ;
- 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 ;
- Mettre en place une gestion écologique des mares du Parc des Hautes-Bruyères ;
- Rétablir 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.

5.3.3. Coûts liés aux mesures correctives

Aucune mesure d'évitement, de réduction et de compensation ne sont proposés en plus de celles figurant dans la partie milieu naturel. Pour les coûts des mesures, se référer au paragraphe 6.1.4 « Faune – Flore – Habitats naturels ».

5.3.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les services écosystémiques

Sur l'ensemble du fuseau d'étude de la Ligne 14 Sud, les milieux (semi)naturels représentent environ 1 % de sa superficie totale soit 360,8 ha, le reste étant occupé par des zones urbanisées.

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, de l'évapotranspiration, atténue 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...) 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 relativement faible du projet sur les milieux (semi)naturels recensés au sein du fuseau d'étude et donc sur les services écosystémiques.

Les services d'approvisionnement, principalement rendus par les terres agricoles concentrées au sud du fuseau d'étude, sont faiblement impactés par le projet, en se basant sur des pertes agricoles limitées aux emprises chantier uniquement. Par ailleurs, les jardins familiaux localisés dans l'ensemble du fuseau d'étude sur la base de l'occupation du sol ne sont pas directement impactés par le projet.

En ce qui concerne les services de régulation, l'emprise du site de maintenance de Morangis lié au tracé de référence conduit à une diminution non négligeable de la superficie des milieux ouverts et des services écosystémiques associés en phases chantier et exploitation. Néanmoins, par manque de donnée, ces impacts n'ont pu être quantifiés et des incertitudes résident à ce niveau. *A contrario*, les impacts sur les services de régulation portés par les parcs urbains sont répartis sur l'ensemble du fuseau. Cependant, l'étude réalisée met en évidence des niveaux d'impact relativement faibles et majoritairement temporaires (phase chantier) sur ces milieux. Ainsi, concernant les services de régulation rendus par les parcs urbains, et celui de régulation du climat global notamment, seuls des effets restreints ont été révélés par cette étude car l'emprise du projet reste limitée en surface.

En outre, si les impacts sur les services socioculturels liés à ces milieux sont faibles pour les mêmes raisons, la construction du métro devrait améliorer l'accessibilité de certains parcs favorisant ainsi l'ensemble de ces services (socioculturels).

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.

5.4. Milieu agricole

5.4.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le milieu agricole

5.4.1.1. Impacts directs et indirects

Le territoire traversé par le fuseau est dominé par un contexte urbain et péri-urbain. Les surfaces agricoles comprises dans le fuseau représentent environ 85ha (70ha recensés dans le RPG, 2010 et 15ha dans le MOS, 2008).

Le tracé de la Ligne 14 Sud se distingue entre une partie souterraine et une partie aérienne au sud de l'aéroport d'Orly. Pour le scénario 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. Pour le scénario en aérien, au sud d'Orly, l'impact direct du projet sur les milieux agricoles se limite donc aux effets d'emprise durant la phase de travaux et à l'emprise du tracé aérien et du SMR Morangis durant la phase d'exploitation.

Les milieux agricoles impactés en phase chantier sont ceux concernés par :

- l'emprise chantier de l'OA Sud-Orly,
- la sortie du tunnelier après l'ouvrage Orly-Sud,
- le raccordement en tranchée couverte puis ouverte jusqu'au SMR (approximativement 300m).

A noter que le SMR de Morangis est prévu sur une zone de dépôt de matériaux et non sur des parcelles agricoles identifiées au préalable dans le rapport 1/3 (MOS, 2008 et RPG, 2010).

Jardin privé en premier plan, non impacté, champ de Miscanthus en second plan et infrastructures de l'Aéroport d'Orly en troisième plan (à gauche : direction le futur SMR de Morangis, à droite l'Aéroport d'Orly)

Parcelles agricoles concernées par le projet	***Type d'exploitation***	***Niveau d'enjeu associé et surfaces impactées***
Sud Orly Parcelle 0026	Miscanthus (observation 2013-2014) Autrefois Colza (RPG, 2010)	Emprise chantier d'environ 0.2 ha
Puits de sortie du tunnelier Parcelle 0024	Miscanthus (observation 2013-2014) Autrefois Colza (RPG, 2010)	Tranchée couverte de moins de 1ha en totalité sur la parcelle agricole
Raccordement avec le SMR Parcelle 0028 - 0031	Miscanthus (observation 2013-2014) Autrefois Colza (RPG, 2010)	Tranchée ouverte de moins de 0.2 ha sur la parcelle agricole

Par ailleurs, les incidences indirectes 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.

Les surfaces des milieux agricoles potentiellement concernées par l'emprise du chantier sont inférieures à 2ha au regard des données projet transmises en mars 2014. L'impact par emprise est considéré comme faible sur les milieux agricoles au sud du fuseau au vu de la faible surface agricole directement impactée (<2ha). Le nombre d'exploitations touchées sera précisé lors d'une réunion prévue avec la SAFER.

Par ailleurs, l'impact par pollution est traité dans le volet « faune-flore- milieux naturels ».

Malgré la qualité des sols et l'enjeu de pérenniser une agriculture à bon rendement dans des secteurs périurbains, le fractionnement des exploitations agricoles déconstruit les dynamiques et l'organisation des systèmes agricole en place. L'impact du projet sur les espaces agricoles apparait donc faible.

5.4.1.2. Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

Mesures d'évitement

Tout comme les enjeux faune-flore, les enjeux en termes d'emprise sur des terres agricoles ont été intégrés en amont dans la réflexion notamment à travers l'Evaluation Stratégique Environnementale (ESE). L'évitement est bien évidemment la première mesure qui a été privilégiée pour limiter les impacts sur les zones agricoles et les conséquences que cela peut avoir sur l'économie des exploitations touchées. Entre l'Aéroport d'Orly et le SMR Morangis, la section est prévue en aérien elle concerne notamment des terres agricoles. L'évitement n'est pas possible sur ce tronçon.

Aucune mesure d'évitement n'est donc proposée.

Mesures de réduction

Les cultures de Miscanthus sont des cultures pérennes (au moins 15ans), sans perte de production au cours du temps pour une récolte en fin d'hiver.

Plusieurs mesures de réduction sont proposées sur la section prévue en aérien entre l'Aéroport d'Orly et le SMR Morangis et sont décrites dans le tableau pages 188 et 189.

Effets résiduels

Les impacts résiduels sont considérés comme négligeables pour cette thématique sur la Ligne 14 Sud.

Mesures de compensation aux effets résiduels

Les impacts bruts et les impacts résiduels sont considérés comme négligeables pour le volet agricole sur la Ligne 14 Sud.

Mesures de suivi dans le temps

La ligne 14 Sud n'engage pas d'impact notable sur le milieu agricole. Les mesures de suivi dans le temps ne sont pas envisagées à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

5.4.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le milieu agricole

5.4.2.1. Impacts directs et indirects

En phase exploitation, l'emprise du projet se limitera à moins de 1 ha, correspondant aux puits de ventilation (OA Sud-Orly) et au raccordement en trachée couverte puis ouverte jusqu'au SMR.

Le SMR étant construit sur une zone de carrière n'impacte donc pas les milieux agricoles.

Compte-tenu des faibles surfaces potentiellement concernées par cette thématique sur le fuseau d'étude et la nature des ouvrages présents, l'impact sur les milieux agricoles en phase d'exploitation est considéré comme faible à négligeable.

5.4.2.2. Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

Mesures d'évitement

Aucune mesure d'évitement n'est proposée.

Mesures de réduction

Les mesures de réduction sont proposées dans le tableau pages 188 et 189.

Effets résiduels

Les impacts résiduels sont considérés comme négligeables pour cette thématique sur la Ligne 14 Sud

Mesures de compensation aux effets résiduels

Les impacts bruts et les impacts résiduels sont considérés comme négligeables pour le volet agricole sur la Ligne 14 Sud.

Mesures de suivi dans le temps

Aucune mesure de suivi dans le temps n'est envisagée concernant le milieu agricole.

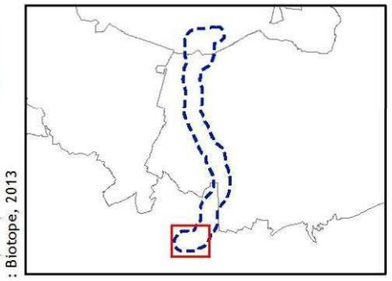
Localisation des parcelles agricoles (RPG, 2010, MOS, 2008, BD Parcellaire, 2011)

Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ouvrages annexes
- Puits de sortie de tunnelier
- Emprise chantier
- Emprise du SMR de la Ligne 14 Sud
- Emprise potentielle du SMR Ligne 18 (verte) – ouvrage étudié dans le cadre du projet Ligne 18 (verte)
- Fuseau d'étude
- Fuseau d'étude des gares
- Parcellaire

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, BD Ortho® (2011), BD Parcellaire® (2011) - ©RPG 2011 - ©MOS 2012
Cartographie : Biotope, 2013



0 150 300
Mètres

N
W E
S

5.4.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le milieu agricole

Au vu de la présence de flore patrimoniale sur le site de Morangis, les impacts sur le site du Morangis sont traités dans le volet « faune-flore- milieux naturels ».

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant l'agriculture – phase chantier

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par secteur dans l'état initial***	***Eléments du projet en interaction***	***Niveau d'enjeu identifié sur zones impactées si spécifiquement localisées***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Zones agricoles	Pont de Rungis – SMR Morangis	Tracé en aérien / couvert au Sud d'Orly	Zones agricoles sur moins de 2km entre l'aéroport d'Orly et le SMR Morangis	Emprise sur des terres agricoles	Faible	MR07 - Remise en état des sols	Faible	Néant
				Effet de coupure	Faible	MR05 - Rétablir l'ensemble des réseaux intersectés y compris rétablissement des chemins agricoles, rétablissement hydraulique, des clôtures…	Négligeable	
				Pollution	Non quantifiable	MR08 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	Non quantifiable	
				Poussières	Faible	MR01 - Arroser le chantier pour limiter la production de poussière	Faible	
				Perte de récolte	Faible	MR03 - Limiter l'emprise en phase travaux au maximum	Faible	

				Modification des conditions stationnelles (apport en eau, circulation d'air…)	Faible	MR05 - Rétablir l'ensemble des réseaux intersectés y compris rétablissement des chemins agricoles, rétablissement hydraulique, des clôtures… Etude complémentaire nécessaire lorsque le tracé en aérien sera définitif	Négligeable	
					Faible	MR07 - Remise en état des sols Mesure en commun avec les mesures de réduction faune-flore	Négligeable	

5.4.4. Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Les mesures d'évitement, de réduction et de compensation prises pour les milieux agricoles n'ajoutent pas de surcoût au projet.

5.5. Patrimoine protégé

5.5.1. Impacts et mesures concernant le patrimoine protégé

5.5.1.1. Les sites classés et inscrits

Réglementairement, l'impact sur l'intégrité des sites classés et inscrits est étudié uniquement dans le cas où des interventions sont situées à l'intérieur des périmètres protégés. Cette réglementation n'est pas assortie de la notion de co-visibilité.

Lorsque le projet est proche, mais hors d'un périmètre, l'impact du projet est analysé au regard des impacts sur le grand paysage.

En phase chantier

Le niveau d'impact du projet sur les sites dépend de l'ampleur des menaces que le projet fait peser sur leur intégrité c'est-à-dire le degré d'altération voire la destruction des qualités pour lesquelles ces sites ont été protégés. Pour cette raison, la réglementation interdit les interventions et modifications sur les périmètres des sites classés (sauf autorisation spéciale) et oblige la déclaration préalable avant travaux sur les périmètres des sites inscrits.

Considérant que tout le linéaire de la Ligne 14 Sud est prévu en souterrain, l'évaluation des effets prévisibles du projet sur les sites protégés recensés sur le tronçon présentée dans le tableau ci-après s'appuie sur plusieurs observations :

- La localisation des gares et de leurs éventuelles variantes, sachant que ces éléments sont à ce stade assez précisément connus ;
- La présence d'ouvrages aériens (d'aération ou de sécurité) et de zones de travaux d'ores et déjà prévus et localisés sur le tracé de référence ou sur les variantes le cas échéant ;
- La nature du site et sa configuration au niveau du projet (contexte urbain, naturel, boisé topographie locale,...).

La prise en compte de l'ensemble de ces éléments permet d'évaluer les effets du projet qui seront essentiellement visuels et directs. Les menaces qui résultent de ces effets visuels portent sur l'intégrité du site et sont mises en perspective avec les motivations de protection et les qualités intrinsèques des sites.

Aucun site classé n'étant recensé sur le fuseau d'étude, le tableau ci-après présente l'évaluation des impacts du projet uniquement sur les sites inscrits, et ce en phase chantier.

Evaluation des impacts du projet en phase chantier sur les sites inscrits recensés sur le fuseau d'étude

Communes concernées	*Nom*	*Impacts prévisibles en phase exploitation*
Paris 13ème arrondissement	Cité Daviel	Nuls Aucune composante du projet n'est prévue sur les périmètres
Paris 13ème et 14ème arrondissement	Ensemble urbain	
Thiais	Avenues de Versailles et de la République	

En phase d'exploitation

De la même manière que pour l'évaluation des impacts en phase chantier, l'évaluation des impacts en phase d'exploitation se fonde sur l'existence d'interventions au sein des périmètres protégés.

Or, aucune composante du projet n'est prévue sur les périmètres protégés. Les impacts en phase d'exploitation sont donc nuls et non traité à ce stade de l'étude.

5.5.1.2. Les monuments historiques

En phase chantier

En phase chantier, le projet de métro fait potentiellement peser deux principaux types de menaces sur les monuments historiques :

- des menaces sur l'intégrité physique des immeubles protégés, qui peuvent être de deux types :
  - les monuments historiques peuvent soit être tout ou partie détruits ou modifiés dans les cas où le principe d'évitement n'a pu être appliqué (secteurs très contraints),
  - la phase travaux va générer des vibrations pouvant déstabiliser certains édifices proches des tunnels.
- des effets visuels portant atteinte à la monumentalité ou à l'identité des édifices protégés. Ces effets pourront être temporaires (installation de bases vie de chantier, stockage de matériaux, passages d'engins,……) ou pérennes (abattage d'arbres pour le besoin du chantier, défrichement,……)

Les périmètres de protection de quelques monuments historiques classés et inscrits sont traversés et concernés par le projet de la Ligne 14 Sud. L'état initial a recensé 13 périmètres de protection sur le fuseau (4 étant classés et 9 inscrits).

Le recensement des monuments historiques et l'identification des enjeux liés présentés dans l'état initial a permis d'identifier uniquement des menaces du deuxième type (effets visuels) à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

Le tracé de la Ligne 14 Sud étant intégralement souterrain, les éléments de la phase chantier pouvant porter atteinte à la monumentalité ou à l'identité des éléments de patrimoine protégés au titre des monuments historiques en intervenant dans leur champ de visibilité sont localisés au niveau des installations nécessaires à la phase travaux. La localisation et l'emprise de ces installations ne sont pas précisément connues à ce jour. Chaque émergence de la ligne est toutefois considérée comme accompagnée d'une zone de travaux sur ces abords proches**.**

Pour chaque monument dont le périmètre de protection intersecte une zone de travaux, la potentialité de relations visuelles avec cette zone est évaluée.

Pour évaluer ces relations visuelles, la méthode utilisée a constitué en premier lieu à analyser la potentialité au moyen d'une pré-analyse cartographique (pour plus d'informations le lecteur se reportera au rapport 1/3). 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*.

Ces observations sont consignées dans le tableau suivant qui reprend les zones de travaux de la ligne intervenant dans le périmètre de protection d'un monument historique.

Evaluation des relations visuelles entre les zones de chantier du projet et les monuments historiques

Zone de travaux	*Monuments*	*Statut*	*Relations visuelles*	*Commentaires*
Ouvrage annexe Jules Guesde	Eglise Saint-Saturnin	Classé	Aucune	Les secteurs bâtis qui s'interposent entre le projet d'ouvrage annexe et les édifices protégés ne sont pas favorables à l'existence de relation visuelle.
	Ancien Hospice de Bicêtre – bâtis et sols	Partiellement inscrit et classé		
Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital	Ancien Hospice de Bicêtre – bâtis et sols	Partiellement inscrit et classé	Faibles	Le projet de gare est situé en limite du Périmètre de Protection Modifié de l'édifice, le long de l'Autoroute du Soleil, au niveau d'un des accès au C.H.U. de Bicêtre. La probabilité de relations visuelles entre le projet et le monument est faible, et se limite à une co-visibilité indirecte possible ponctuellement depuis les voies de circulation internes au site hospitalier.
Gare Chevilly « Trois Communes »	Eglise Sainte-Colombe	Inscrit	Aucune	Les monuments sont situés dans le centre-ville de Chevilly-Larue, au sein d'un tissu urbain relativement peu dense et riche en espaces verts. Les espaces boisés et le bâti qui s'interposent entre le projet d'ouvrage annexe et les édifices protégés ne sont pas favorables à l'existence de relation visuelle.
	Pavillon du 18s	Inscrit		

Ouvrage annexe Petit Le Roy	Eglise Sainte-Colombe	Inscrit	Aucune	Les monuments sont situés dans le centre-ville de Chevilly-Larue, au sein d'un tissu urbain relativement peu dense et riche en espaces verts. Les espaces boisés qui s'interposent entre le projet d'ouvrage annexe et les édifices protégés ne sont pas favorables à l'existence de relation visuelle.
	Pavillon du 18s	Inscrits		

A la lecture du tableau précédent, aucun monument n'est concerné par des relations visuelles significatives avec des éléments de la phase chantier.

Dans tous les cas cités dans le tableau précédent, des interventions sont prévues dans les périmètres de protection des monuments historiques (servitudes d'utilité publique), et nécessiteront à ce titre l'obtention de l'accord de l'Architecte des Bâtiments de France.

En phase d'exploitation

De la même manière que pour l'évaluation des impacts en phase chantier, l'évaluation des impacts en phase d'exploitation a constitué en l'analyse de la potentialité au moyen d'une pré-analyse cartographique. Cette première approche a donc été complétée d'une analyse formelle de terrain *in situ*.

L'impact du projet sera principalement lié à la possibilité de relations visuelles avec les monuments, qu'il s'agisse de co-visibilité ou d'intervisibilité. Pour chaque monument dont le périmètre de protection intersecte un élément de superstructure du projet prévu (gare, ouvrage annexe,...), la potentialité de relations visuelles est évaluée suivant un degré de perception forte, moyenne, faible ou nulle qui concerne aussi bien l'intervisibilité ou la co-visibilité.

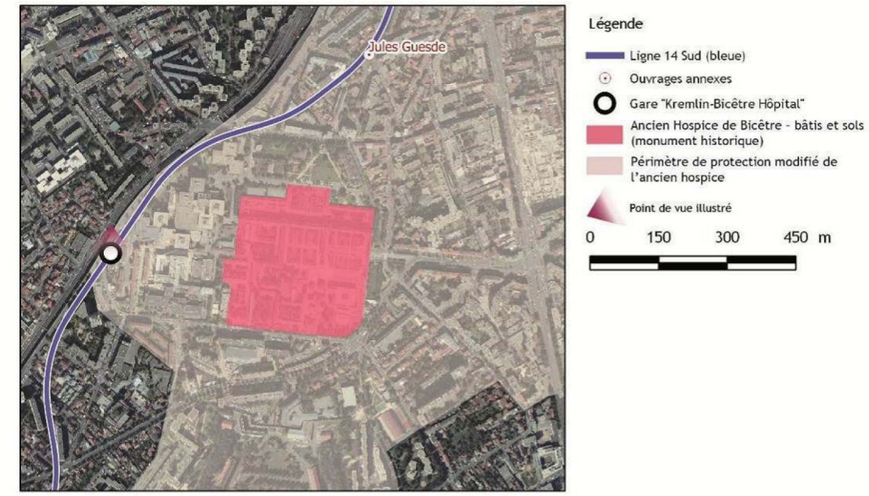
Ces observations sont consignées dans le tableau suivant qui reprend les émergences aériennes de la ligne intervenant dans le périmètre de protection d'un monument historique.

Comme l'indique le tableau, la lecture du tableau précédent, aucun monument n'est concerné par des relations visuelles significatives avec des émergences aériennes de la ligne.

Les impacts identifiés inhérents à la phase exploitation sont nuls à faibles.

Pour réduire les impacts permanents identifiés et prendre en compte l'environnement patrimonial sensible, des mesures d'intégration devront être systématiquement prises dans la conception des émergences aériennes prévues au sein des périmètres de protection des monuments historiques.

Les impacts identifiés inhérents à la phase chantier ou d'exploitation sont nuls à faibles.



Vue vers le site d'implantation de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital depuis le rond-point situé au croisement de la rue Gabriel Péri, rue Condorcet et accès CHU

5.5.1.3. Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

Mesures d'évitement

L'objectif du Grand Paris Express étant de desservir les centralités et les milieux habités, le projet s'approche 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, 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 de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

Toutefois, du fait de la superposition de nombreuses contraintes et du grand 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.

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…).

Ces mesures en phase d'exploitation consistent en un soin particulier à l'étude architecturale et à l'insertion paysagère de ces émergences au niveau :

- Dès la conception architecturale et du design des équipements ; le projet se veut porteur de modernité et de renouveau urbain et devra donc s'affirmer dans ce sens, dans le respect de l'existant,

- Du traitement paysager des abords par plantation de masses boisées lorsque le site est à dominante naturelle et boisée,

- Des mesures d'intégration paysagères prévues en milieu urbain adaptées au contexte pour les émergences techniques, les gares et autres équipements liés à l'infrastructure.

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. Cette précaution permettra réduire au maximum l'impact du projet sur le patrimoine protégé.

De la même manière que l'évaluation des impacts en chantier, l'évaluation des impacts en phase d'exploitation se fonde sur l'existence d'intervention au sein des périmètres protégés.

Dans tous les cas cités dans les tableaux précédents, des interventions sont prévues dans les périmètres de protection des périmètres protégés et des monuments historiques (servitudes d'utilité publique), et nécessiteront à ce titre l'obtention de l'accord de l'Architecte des Bâtiments de France.

5.5.2. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine protégé

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***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***
Monuments protégés	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Église Saint-Saturnin	Ouvrage annexe 'Jules Guesde'	Intervention au sein du périmètre de protection d'un monument historique	Nul	Pas de mesure nécessaire	néant	néant
		Ancien hospice de Bicêtre	Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital Ouvrage annexe 'Jules Guesde'	Intervention au sein du périmètre de protection d'un monument historique	Faible	• **Échange avec l'Architecte des Bâtiments de France**		
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Pavillon du 18ème siècle et Église Sainte-Colombe	Gare Chevilly « Trois Communes » Ouvrage annexe Petit Le Roy	Intervention au sein du périmètre de protection d'un monument historique	Nul	• **Échange avec l'Architecte des Bâtiments de France**		
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Pas d'enjeu concerné par le projet			Nul			
Sites classés, inscrits, ZPPAUP, AMVAP, secteurs sauvegardés	Ensemble de la ligne 14 Sud	Pas d'enjeu concerné par le projet	Aucun		Nul	Pas de mesure nécessaire		

5.5.3. 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.

5.6. Grand Paysage

En matière de paysage, l'analyse des effets du projet consiste en l'analyse de ses effets visuels. Il s'agit essentiellement d'effets directs. L'analyse s'appuie sur la caractérisation des sensibilités et des perceptions identifiées dans l'état initial.

L'analyse est donc subjective.

Le tracé étant souterrain, il ne sera pas visible. Il s'agit 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 14 Sud qui jalonnent le tracé (gares, OA,...). Ces effets seront permanents mais ponctuels et limités à des vues immédiates compte tenu de leur faible émergence visuelle et du contexte urbain.

Les effets indirects sont plus complexes à identifier. Il s'agit là d'avoir une vision prospective des dynamiques générées par le projet. Très probablement, la création de ce métro automatique va impulser l'urbanisation de certains secteurs, le paysage s'en trouvera ainsi modifié.

Au niveau des gares, la Société du Grand Paris n'a en charge que la construction des infrastructures souterraines. La construction ou l'extension des bâtiments d'accueil des gares sera réalisée par les collectivités locales tout comme le réaménagement de l'espace public aux abords des gares. L'ampleur des réaménagements et donc les emprises travaux concernées ne sont pas encore définies et ne concernent pas directement l'objet de cette étude.

Toutefois, l'emplacement des gares et les emprises du chantier de la Société du Grand Paris étant globalement prévus, l'analyse paysagère s'est attachée à identifier les enjeux paysagers propres à ces travaux, mais également les structures ou fonctions paysagères qu'il conviendrait de conserver pour limiter les impacts y compris lors des réaménagements induits.

Ce volet paysager s'intéresse essentiellement aux effets visuels directs au niveau des secteurs identifiés comme présentant un enjeu ou de certains types d'aménagements (gares et émergences). Ainsi, au regard de l'état initial, ce sont principalement les éléments situés au niveau du parc départemental de Villejuif et le plateau agricole de Morangis qui seront détaillés.

Nota : L'étude du grand paysage se rattache à un territoire dans son ensemble composé de son patrimoine, sa structure physique (vallon, plaine…) et de son couvert (champs, urbanisation, forêt…). Tous ses éléments permettant de le caractériser suivant des grands ensembles. Il s'agit d'une échelle d'analyse relativement importante puisqu'elle s'affranchit, en quelque sorte, des limites visuelles d'un lieu.

5.6.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le Grand Paysage

5.6.1.1. Les gares

Seule la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est prévue dans un parc urbain, le parc départemental des Hautes Bruyères.

Ce parc, en cours d'aménagement (programme en plusieurs phases), prend place au niveau d'une ancienne carrière le long de l'autoroute A6. L'emprise de la gare et du chantier associé est située sur le parc, en partie sur des secteurs aménagés ou en cours d'aménagement. Certains des aménagements récents, notamment le jardin des plantes médicinales, seront directement impactés.

L'ensemble du secteur étant en cours de renouvellement notamment avec le projet de ZAC de cancérologie (Cancer campus), les effets visuels des travaux resteront faibles.

Pour les autres gares, les implantations de la ligne ne concernent pas des secteurs sensibles du point de vue du paysage.

Les effets visuels en phase chantier sont faibles et localisés.

5.6.1.2. Le SMR Morangis

Le SMR de la Ligne 14 Sud est situé au cœur de l'unité paysagère du « Plateau de Longboyau ». Ce vaste plateau très urbanisé est limité par l'Yvette, la Bièvre et la Seine. Le secteur de l'unité paysagère sur lequel est envisagé le SMR se distingue par la présence de la zone aéroportuaire d'Orly et la présence de quelques parcelles agricoles.

Les parcelles sur lesquelles est envisagée la construction du SMR sont actuellement composées d'une carrière en activité et de terrains en friche. Ces parcelles s'appuient sur la déviation de la RD118 mais sont relativement peu perçues depuis cet axe du fait de la présence de merlons qui bloquent la vue. De plus, 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.

Les effets visuels du SMR en phase chantier sont faibles et localisés.

5.6.1.3. Les puits d'accès du tunnelier

Les puits d'accès (d'attaque ou de sortie) du tunnelier sont des installations propres à la phase chantier qui seront à l'origine d'impacts visuels essentiellement temporaires.

Seul le puits de sortie de tunnelier à l'Ouest de l'OA Sud-Orly est envisagé dans un secteur paysager sensible, c'est-à-dire sur le plateau agricole de Morangis. Le principal secteur depuis lequel le puits pourrait être perçu se situe sur la commune de Paray-Vieille-Poste, au niveau de l'espace vert « La Vanne » qui marque la limite d'urbanisation de la commune et des jardins familiaux attenants.

Toutefois, le puits est prévu au cœur d'une culture de Miscanthus. Cette culture pérenne dont la hauteur de végétation est comprise entre 1 m et 2 m est récoltée annuellement en fin d'hiver. Le Miscanthus constituera donc un masque visuel efficace au moins la moitié de l'année si une bande de 10 ou 20m est maintenue entre les installations de chantier et les espaces récréatifs.

Les effets visuels en phase chantier sont faibles et localisés.

5.6.1.4. Les ouvrages annexes

Les ouvrages annexes regroupent les puits de ventilation et les accès pompiers. Ces ouvrages sont généralement situés sur des secteurs peu sensibles du point de vue du paysage.

Seul l'ouvrage Sud-Orly est envisagé dans un secteur paysager sensible, c'est-à-dire sur le plateau agricole de Morangis. Le principal secteur depuis lequel le puits pourrait être perçu se situe sur la commune de Paray-Vieille-Poste, au niveau de l'espace vert La Vanne qui marque la limite d'urbanisation de la commune et des jardins familiaux attenants.

Comme le puits de tunnelier décrit précédemment, l'ouvrage est prévu au cœur d'une culture de Miscanthus.

Les effets visuels en phase chantier sont faibles et localisés.

5.6.1.5. Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

Mesures d'évitement

Aucune mesure d'évitement n'est mise en œuvre.

Mesures de réduction

- **Mesure générale de résorption des impacts liés au chantier**

La Société du Grand Paris devra s'engager dans un processus de cicatrisation efficace lors du repliement des installations. Ce processus consiste à une remise en état des lieux d'un point de vue visuel et structurel.

- **Mesure de réduction spécifique à la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy**

Le projet implique la destruction d'une partie du parc urbain des Hautes Bruyères. Toutefois, le parc étant très récent, il n'y aura pas de destruction d'un patrimoine végétal ancien (vieux arbres, …). L'impact des travaux se limitera à la suppression d'une végétation nouvellement mise en place. La remise en état du site consistera à un réaménagement des abords de la gare dans le respect du parti d'aménagement préexistant.

Afin de limiter les effets visuels du chantier sur les autres parties du parc qui resteraient accessibles au public le temps des travaux, il conviendra de soigner la tenue du chantier et de l'occulter dans la mesure du possible avec des palissades.

- **Mesure de réduction spécifique au SMR Morangis**

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 RD118 et sa piste cyclable, ainsi que vis-à-vis de l'espace vert de la Vanne à Paray-Vieille-Poste.

- **Mesure de réduction spécifique au puits de sortie de tunnelier d'Orly sud**

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 l'espace vert de la Vanne à Paray-Vieille-Poste au cas où la culture de Miscanthus ne suffirait pas dans le rôle d'occultation (de janvier à juillet principalement).

A l'issue du chantier, la cicatrisation se basera sur une remise en culture des surfaces occupées par le chantier et des éventuelles pistes de circulation des engins de chantier. Pour ce faire, les terrains compactés seront décompactés et du Miscanthus sera replanté.

5.6.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le Grand Paysage

5.6.2.1. Impacts directs et indirects

Comme évoqué précédemment, l'impact en phase exploitation sera essentiellement associé à l'impact des gares et des émergences, mais également à l'impact des travaux induits (aménagement de l'espace public, restructurations urbaines…).

Il n'est pas possible d'évaluer à ce stade l'effet exact de chaque aménagement, le parti architectural ou paysager n'étant encore pas défini. Tout comme l'impact du développement urbain environnant, la réflexion paysagère d'aménagement des gares et de l'espace public aux abords des émergences s'inscrira dans la démarche propre à chaque CDT[19].

Toutefois, au regard de l'état initial, des enjeux, de l'emplacement envisagé pour les gares et des emprises chantier nécessaires, il est possible de préciser les impacts des ouvrages et de proposer quelques mesures d'accompagnement.

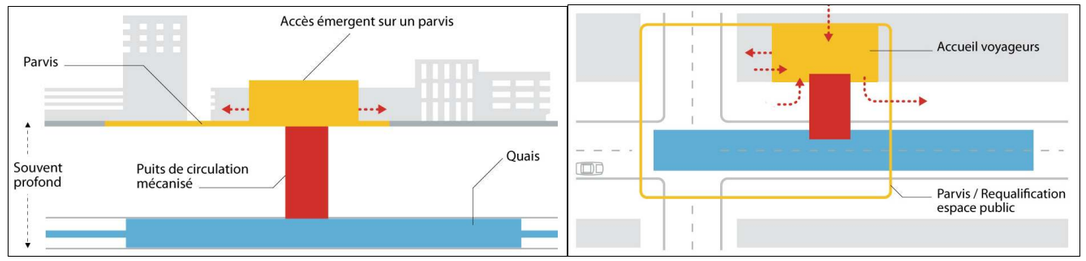
Le tracé

Le tracé est entièrement souterrain, il ne sera pas visible et les emprises chantier auront été remises en état. Les effets visuels en phase exploitation sont donc très ponctuels, concentrés au niveau des gares et des ouvrages annexes (émergences du réseau).

Les gares

La conception architecturale des gares du Grand Paris suit une double approche de conception, transversale et territoriale, visant à construire des gares à la fois pratiques, accueillantes et ancrées dans leurs quartiers. Il est souhaité que le réseau exprime une identité d'ensemble, où chaque gare sera un projet singulier qui partagera certaines orientations communes avec toutes les autres gares.

La Société du Grand Paris s'est engagée, avec le cabinet d'architecture Jacques Ferrier, dans la définition d'une charte pour la conception des gares, qui définira les ambiances, la palette des matériaux, les types de mobiliers, les orientations en termes de lumières ou d'acoustique. Ce cadre cherche à assurer une conception maîtrisée sur tout le réseau, permettant de respecter le cadre des enveloppes budgétaires et les délais de mises en service prévus. Sur le plan fonctionnel et des usages des gares, la charte vise à offrir un service lisible et fiable aux voyageurs. Elle facilite l'appropriation des espaces, l'accessibilité et l'efficacité des parcours. Elle fait des gares des lieux apaisants où il est facile de s'orienter. Concernant les enjeux d'identité, la charte définit une image propre aux gares du Grand Paris tout en inscrivant le nouveau réseau en continuité avec le patrimoine du métro parisien et du RER francilien. Chacune des gares fera l'objet d'études de conception spécifiques en lien avec les collectivités locales concernées.



Principes de fonctionnement des gares du Grand Paris (*site Internet www.societedugrandparis.fr)*

A ce stade, pour une première évaluation de l'effet visuel des gares, l'étude d'impact comprend la représentation des parties émergentes des ouvrages dans leur quartier d'implantation (rapport G.2, chapitres « *Patrimoine protégé* » et « *Grand paysage* »).

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. Les effets visuels des gares seront également tributaires des choix architecturaux pris par les différents maîtres d'ouvrage (la conception architecturale des gares a été confiée aux collectivités locales).

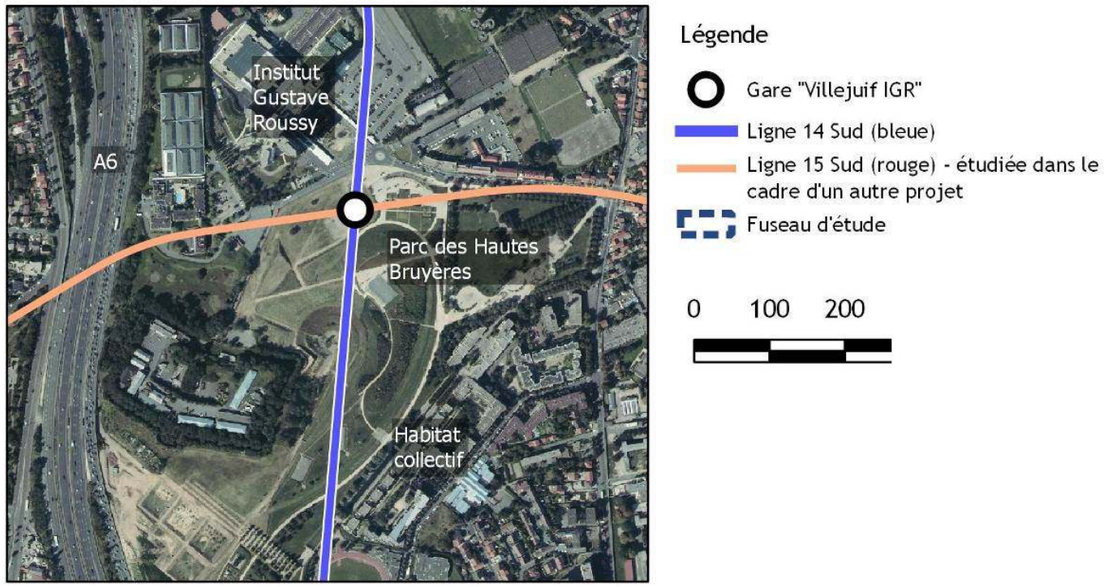
La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy présente le plus d'enjeux visuels puisque c'est la seule à être prévue en site peu urbanisé. Elle est implantée à proximité immédiate de l'A6, au niveau d'une ancienne carrière, dans le parc départemental des Hautes Bruyères.

L'ensemble du secteur étant en cours de renouvellement notamment avec le projet de ZAC de cancérologie, les effets visuels des travaux resteront faibles.

L'effet visuel de la nouvelle gare sera faible, notamment du fait des études de conception architecturales menées de manière concomitante aux phases d'étude AVP/PRO.

Toutefois, cette gare devra bénéficier d'un traitement architectural qui l'intègre au mieux dans un contexte de renouvellement urbain en lien avec le pôle de cancérologie, tout en prenant en compte le projet de Parc départemental des Hautes Bruyères.

[19] *CDT : Contrat de Développement Territorial*



Localisation de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy au sein du Parc départemental des Hautes Bruyères

Le SMR Morangis

L'implantation du SMR est prévue sur le plateau agricole de Morangis, au niveau d'une carrière en activité en partie masquée depuis la RD118 (déviation) par des merlons. La RD118 sera le principal vecteur de perception du SMR. Ce dernier apparaîtra lié au paysage aéroportuaire situé éventuellement en arrière-plan ou déjà perçu lors de séquences paysagères précédentes.

Les effets visuels du SMR Morangis seront faibles.

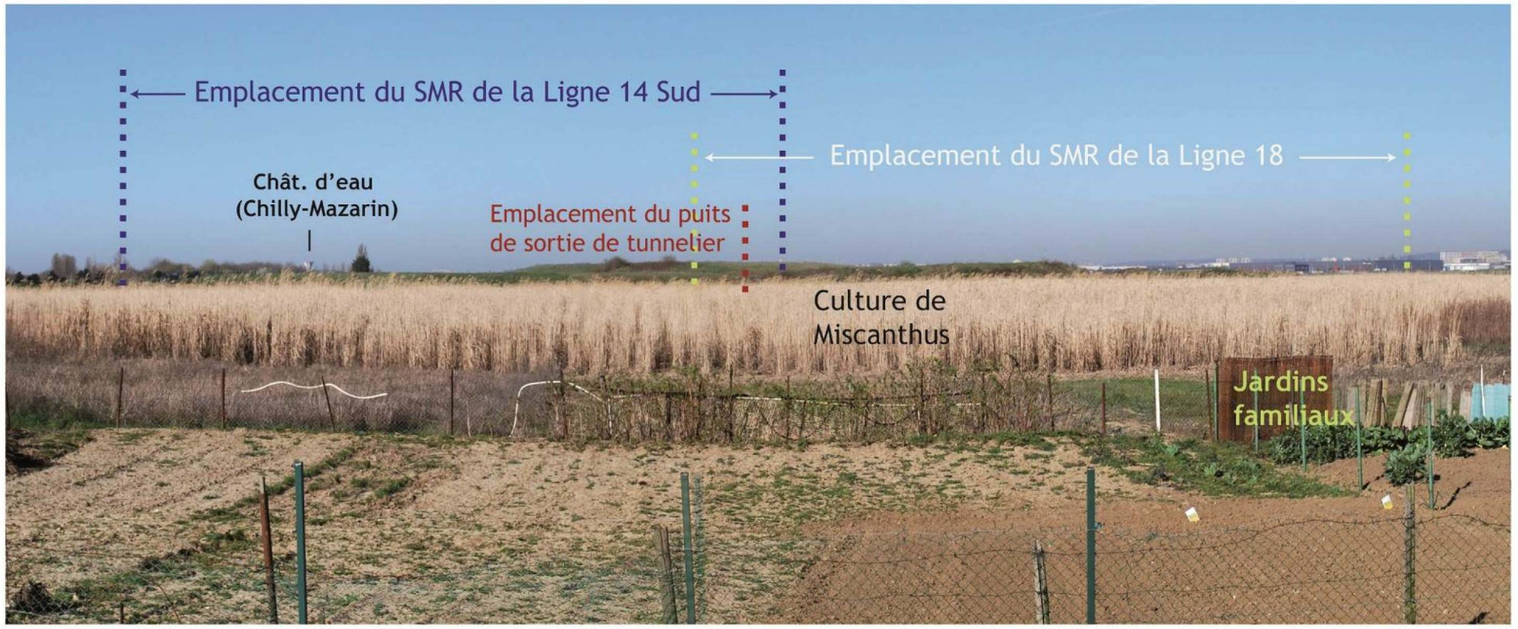
Légende

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Fuseau d'étude
- Ouvrages annexes
- Puits de sortie du tunnelier

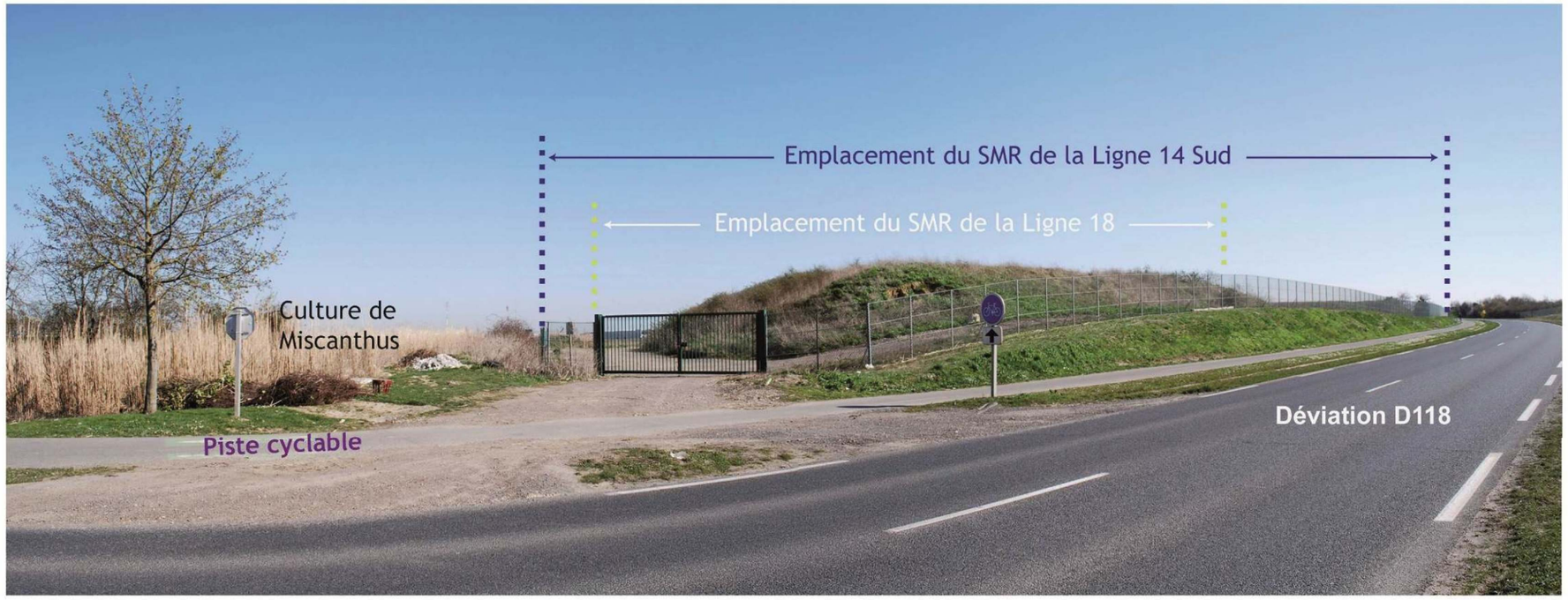
Emprise SMR

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 18 (verte) - étudié dans le cadre d'un autre projet
- 1 Point de vue illustré

0 150 300 450 m



VUE 1 Vers le site du SMR depuis l'espace vert de La Vanne à Paray-Vieille-Poste



VUE 2 Vers le site du SMR depuis la Déviation D118

Zoom sur le secteur du SMR Morangis

Les ouvrages annexes

Compte tenu de la densité du bâti généralement constaté le long du fuseau de la Ligne 14 Sud, l'ouverture du paysage est limitée et les perceptions sur les ouvrages seront limitées aux vues immédiates. L'aspect visuel des émergences liées aux ouvrages n'est pas précisément connu à la rédaction de cette étude (voir description du projet). Il est probable que ces ouvrages soient accompagnés d'une dalle de couverture située au plus proche du terrain naturel et surmontée d'un édicule en surface. Ces ouvrages s'implanteront au niveau du terrain naturel bas sauf dans le cas très particulier des zones de gestion des eaux de ruissellement qui impliqueront une élévation des orifices.

L'ensemble est donc très peu perceptible, en vues immédiates uniquement.

5.6.2.2. Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

Mesures d'évitement

- **Mesure d'évitement spécifique à l'ouvrage annexe sur le parc des Hautes Bruyères**

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.

Mesures de réduction

- **Intégration des émergences aériennes du projet**

D'une manière générale, afin de faciliter l'insertion paysagère des gares et des ouvrages annexes, une réflexion portant sur l'ensemble des espaces publics, leur fonction, les espèces végétales à utiliser et les matériaux de construction (ou l'habillage de la gare) devra être menée, en partenariat avec les collectivités concernées.

En effet, les émergences en surface ne seront « visuellement » pas raccrochées à un tracé et donc ne seront pas reconnues comme telles. En ce sens, elles doivent à 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.

Pour les gares, la requalification urbaine doit avant tout valoriser les espaces existants et notamment les trames existantes (alignements d'arbres, perspectives, esplanades…)

- **Mesure de réduction spécifique à la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy**

Au niveau de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, il s'agira d'intégrer la gare dans son contexte de renouvellement urbain dans le respect des aménagements déjà réalisés au niveau du parc départemental. Ces éléments seront traités dans l'étude relative à la ligne 15 Sud.

- **Mesure de réduction spécifique au SMR Morangis**

Un traitement paysager des abords du SMR, notamment le long de la piste cyclable et de la déviation D118 devra être mis en place en cohérence avec le contexte paysager. Dans un paysage plat comme celui-ci les merlons enherbés cachent efficacement des activités industrielles mais ne participent pas à l'intégration des sites. Que les merlons soient maintenus pour réduire l'impact sonore des activités ou non, des plantations arborées et arbustives en pied et sur les merlons permettront à terme de filtrer efficacement les vues sur le SMR depuis la voirie. En référence au contexte agricole, la palette végétale s'appuiera sur des essences rustiques spontanées, en s'inspirant de la composition des haies champêtres observées dans le secteur.

5.6.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Le coût des mesures est difficilement détaillable car elles sont intégrées au coût 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.

5.6.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le Grand Paysage

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant le paysage

Eléments concernés	***Eléments du projet en interaction***	***Niveau d'enjeu identifié par secteur dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impact résiduel***	***Mesures compensatoires***
Grand Paysage	Ensemble du tracé	Toutes les sections		Tracé en tunnel non visible, effets ponctuels et localisés au niveau des émergences aériennes	Nul	Intégration au contexte des émergences aériennes du projet Cicatrisation efficace lors du repliement des installations de chantier	Néant	Néant
	Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »	Ensemble urbain de Paris : Enjeux patrimoniaux, reconnaissance sociale internationale, site inscrit	Effets visuels sur le parc départemental des Hautes Bruyères	Faible	Précaution sur la tenue du chantier et occultation des emprises de travaux dans la mesure du possible avec des palissades Cicatrisation efficace lors du repliement des installations de chantier Intégration de la gare dans son contexte de renouvellement urbain dans le respect des aménagements déjà réalisés au niveau du parc départemental	Faible	
	Ouvrage annexe d'Orly Sud	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Plateau de Longboyau	Effets visuels sur le plateau agricole de Morangis	Faible	Cicatrisation efficace lors du repliement des installations de chantier Précaution sur la tenue du chantier et occultation des emprises de travaux dans la mesure du possible avec des palissades	Faible	
	Puits de tunnelier d'Orly Sud			Effets visuels sur le plateau agricole de Morangis	Faible	Cicatrisation efficace lors du repliement des installations de chantier Précaution sur la tenue du chantier et occultation des emprises de travaux dans la mesure du possible avec des palissades	Faible	

	SMR Morangis			Effets visuels sur le plateau agricole de Morangis	Faible	Précaution sur la tenue du chantier et occultation des emprises de travaux dans la mesure du possible avec des palissades Traitement végétal des abords du site	Faible	

5.6.5. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux impacts sur le Grand Paysage

Le coût des mesures est difficilement quantifiable car il est intégré au coût 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.

5.7. Patrimoine archéologique

5.7.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant le patrimoine archéologique

Les impacts sur le patrimoine archéologique sont uniquement traités en phase chantier. En effet, en phase d'exploitation, aucun effet n'est lié au patrimoine archéologique.

5.7.1.1. Impacts directs et indirects

La réalisation de travaux d'infrastructure linéaire peut induire la mise à nu ou la destruction lors des terrassements de vestiges archéologiques d'intérêt variable. Ces vestiges peuvent correspondre :

- A des sites connus et répertoriés ;
- A des sites marqués par la présence d'indices ou sur lesquels pèsent un certain nombre de présomptions mais qui ne sont pas localisés précisément. Pour certains de ces périmètres de saisine, des seuils ont été définis dans des listes datant de 2002 et de 2004.

Les travaux sont également l'occasion de prendre connaissance des archives du sous-sol.

Le tracé étant principalement prévu en tunnel à grande profondeur, les enjeux liés à l'archéologie se localisent essentiellement au niveau des émergences que sont les gares et les différents ouvrages annexes.

Le patrimoine archéologique identifié au sein de l'aire d'étude de la Ligne 14 Sud est constitué de 42 sites de vestiges et de 3 périmètres de saisine dont 2 avec seuil, présentés dans l'état initial.

Les vestiges et périmètres de saisine sur lesquels des aménagements, autres que le tracé en tunnelier (gares, emprises chantier, OA,...), sont détaillés ci-après en fonction du type d'aménagement.

Seuls deux secteurs sont concernés :

- Il s'agit de la zone de saisine située à Paris dans le 13ème arrondissement, pour laquelle le seuil de saisine concernant les opérations d'aménagement est fixé à 500 m² sur le périmètre de la voie antique et de ses abords. Un ouvrage annexe Tolbiac Nationale 2 et sa zone de travaux associée sont prévus sur ce périmètre. La surface de travaux pourrait atteindre le seuil de 500 m². Il s'agit du seul périmètre de saisine d'archéologie préventive défini par le décret n°2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive concerné par le projet**.**
- Sur la commune Villejuif, la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy et la zone de travaux associée sont situés sur un secteur riche en vestiges connus appartenant à l'ensemble des Sablons de la Bruyère. Au niveau du projet de gare Villejuif Institut Gustave Roussy, des fouilles archéologiques ont d'ailleurs déjà été réalisées en 1978 sous la direction de Philippe Andrieux.

Ce repérage n'est toutefois pas exhaustif mais fournit une information sur la sensibilité archéologique du territoire étudié sans permettre de localiser de nouveaux sites archéologiques potentiels.

5.7.1.2. Mesures d'accompagnement

A l'exception des secteurs où le sol et le sous-sol ont été fortement remaniés au cours de travaux d'aménagements successifs et relativement récents, les impacts sur le patrimoine archéologique sont potentiels sur tout le tracé du réseau, sur le tracé souterrain comme sur les émergences.

Toutefois, la profondeur de creusement du tunnel (minimum 14m sous le niveau du terrain naturel), réduit fortement la probabilité de rencontrer et donc d'impacter des vestiges archéologiques. Il appartiendra toutefois au Service Régional d'Archéologie d'en juger, en fonction de la nature des vestiges et des connaissances s'y rapportant.

La probabilité d'impacter des vestiges archéologiques lors de la réalisation des travaux se concentre sur les secteurs de terrassement, où des remaniements de sols importants sont prévus comme les sites des gares, d'interconnexion, les zones de dépôts, les bassins de traitement des eaux, les ouvrages tels que les puits des tunneliers, les ventilations, les accès pompiers et les tranchées couvertes.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive (prévues par le code du patrimoine) 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.

L'archéologie préventive et les délais de prescriptions et de réalisation du diagnostic et éventuellement de fouilles sont à prendre en compte dans le planning du projet.

De plus, le risque d'impact le plus fort concerne principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux peuvent mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas, la réglementation sur les découvertes fortuites s'applique et des mesures particulières seront prises au cours du chantier.

5.7.2. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine archéologique

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant l'archéologie

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par secteur dans l'état initial***	***Éléments du projet en interaction***	***Niveau d'enjeu identifié sur zones impactées si spécifiquement localisées***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Sensibilité archéologique	**Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy**	Tolbiac Nationale 2	Zone de saisine archéologique dans le XIIIe arrondissement de Paris	Impact sur les vestiges en place lors des phases de creusement	À prendre en compte dans le planning du projet	Sollicitation des services en charge de l'archéologie. Réalisation de fouilles si nécessaire après consultation des services en charge de ce sujet.	néant	néant
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	Vestiges archéologiques recensés autour de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy					
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Pas d'enjeu identifié			Nul			

5.7.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux impacts archéologiques

Les coûts liés aux mesures sont dus à la réalisation de diagnostic et de fouilles préventives. Des surcoûts sont à envisager si des secteurs archéologiques non connus à ce jour sont identifiés lors des travaux.

Ces coûts ne sont donc pas mesurables à l'heure actuelle et dépendront des marchés passés par la Société du Grand Paris

6. Analyse des effets du projet sur l’environnement et présentation des mesures correctives : Milieu humain

6.1. Mobilité

6.1.1. Impacts et mesures en phase chantier

6.1.1.1. Impacts directs et indirects

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 (vélos 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 : un plan de circulation tenant compte des particularités locales pourrait permettre de réduire les incidences.

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 retenue par la Société du Grand Paris à cet effet.

Le tableau suivant présente les voies où l'impact des zones de chantier représentera un enjeu très fort (trafic à l'heure de pointe du matin supérieur à 9000 véhicules), fort (supérieur à 3000), modéré (supérieur à 200), faible (inférieur à 200). Cette graduation des enjeux est déterminée sur 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.

Enjeux liés à l'impact des zones de chantier sur le trafic routier (source : Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)

Type chantier	Chantiers	Voie	Total Trafic (nb de véhicules à l'HPM)	Enjeu
puits	OA Hochdorf	Rue du Lieutenant Petit le Roy/ Rue des Pensées	Pas d'empiétement	Faible
puits	OA Jules Guesde	Rue du 14 Juillet /Rue Edouard Vaillant	Trafic local	fort
puits	OA Sud-Orly	Voie d'Orly	Trafic local	Faible
puits	OA Pistes- Orly		Pas d'empiétement	Faible
puits	OA Union/RN7	Autoroute A106 à proximité	Pas d'empiétement	Faible
puits	OA Jean Prouve	Rue Jean Prouvé	Trafic local	Faible
puits	OA Marcel Sembat	Rue Marcel Sembat/Rue du Professeur Bergonié	Pas d'empiétement	Faible
puits	OA Cuchets	Rue Rameau	Trafic local	Faible
puits	OA Paul Bourget	Square Rosny-Aimé	Trafic local	Faible
puits	OA Petit le Roy	Rue du Lieutenant Petit le Roy	Trafic local	Faible
puits	OA Alouettes	Avenue de Fontainebleau	Pas d'empiétement	Faible
puits	OA République	Avenue de la République	Pas d'empiétement	Faible
puits	OA l'Europe	Avenue de Fontainebleau/Zone Juliette	Pas d'empiétement	Faible
gare	Maison Blanche Paris XIIIe	Av. d'Italie/Rue Caillaux	3 000	Modéré
gare	Kremlin-Bicêtre Hôpital	Rue Séverine/Rue Gabriel Péri	12 500	Très fort
gare	Villejuif Institut G. Roussy	Voie des Sables	Trafic local	Faible
gare	Chevilly « Trois communes »	Rue de Bicêtre/Rue de Lallier/Rue Paul Hochart	2 800	Modéré
gare	M.I.N. Porte de Thiais	Avenue de la Cité/Rue de la Pompe	Trafic local	Faible
gare	Pont de Rungis	Avenue de la Victoire/Av. Du Maréchal Devaux	Pas d'empiétement	Faible
gare	Aéroport d'Orly	Aérogare Orly Ouest	2 300	Modéré

Un seul site est identifié comme représentant un enjeu très fort, deux comme un enjeu fort, trois comme un enjeu modéré et quinze comme un enjeu faible. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

Travaux spécifiques à l'adaptation de la station actuelle Maison Blanche de la ligne 7 et à la continuité de la petite ceinture

Préalablement aux travaux de la gare Maison Blanche – Paris XIIIe, un nouvel accès spécifique à la ligne 7 (entre les quais et la voirie) situé sur la rive ouest de l'avenue d'Italie sera réalisé. Une fois cet accès mis en service, les travaux de la gare de Maison Blanche Paris XIIIe seront engagés et mobiliseront les volumes désaffectés de l'ancien accès principal de la ligne 7. Cet accès ligne 7 sera dimensionné pour accueillir les passagers dans de bonnes conditions et les services notamment de vente aux voyageurs seront assurés pendant les travaux de la gare de la ligne 14. Ainsi, les travaux de la gare de la ligne 14 permettront la continuité de fonctionnement des accès à la station de métro de la ligne 7 et de la circulation des trains. Lorsque les travaux de la gare de Maison Blanche Paris XIIIe seront terminés, la gare proposera un nouvel accès commun aux lignes 7 et 14 situé sur la rive est de l'avenue d'Italie. Par ailleurs, la création de la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe impacte un ouvrage de ventilation du tunnel direction Villejuif et des locaux techniques à rétablir.

Enfin, la traversée quasi perpendiculaire de la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe par le tunnel de la petite ceinture à - 9 m du terrain naturel (avenue d'Italie) génère une coupure au niveau de la salle des billets de la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe. La petite ceinture sera démolie dans l'emprise de la gare pendant la phase travaux puis restituée en phase définitive.

Impacts sur l'exploitation de la ligne 14 existante

Arrière-gare existante d'Olympiades :

Le prolongement de la ligne 14 au sud en se raccordant à la ligne existante nécessite de transformer l'arrière-gare (espace technique) en inter-gare Olympiades – Maison Blanche - Paris XIIIe compatible avec la circulation des trains de voyageurs.

Les travaux consistent en la reprise des voies dans le tunnel de raccordement à l'atelier « Tolbiac National 2 » (en arrière-gare de la station Olympiades), à génie civil inchangé. D'autres adaptations techniques liées au raccordement de la ligne existante au prolongement pourront être nécessaires.

Pendant les travaux d'adaptation de l'arrière-gare existante et du raccordement à la ligne nouvelle, l'ensemble des mesures seront définies pour assurer la continuité de l'exploitation.

Les fonctionnalités de l'atelier TN2 sont adaptées en phase chantier, puis supprimées en phase d'exploitation. En fonction du schéma d'alimentation électrique des trains, un poste de redressement pourrait être intégré dans TN2.

Phasage des travaux des prolongements au nord jusqu'à Saint Denis Pleyel et au sud à Aéroport d'Orly :

En raison des différents projets de prolongement, une coordination étroite devra être mise en place avec la RATP pour préserver l'exploitation de la ligne 14.

Impact sur le T7 et le TVM à Porte de Thiais - Marché international

Lors de la conception puis de la construction de la gare, un ensemble de mesures sera défini à l'occasion des études de maitrise d'œuvre à venir pour préserver l'exploitation de la ligne du T7 et maintenir la desserte du quartier en adaptant la station existante.

Le phasage de chantier sera organisé de telle sorte qu'il minimise les impacts sur la circulation routière notamment celle du TVM (bus à haut niveau de service).

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 modernisation de la ligne RER C (interaction avec le secteur Pont de Rungis),
- le prolongement du tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge (interaction avec le secteur Aéroport d'Orly),
- le tramway Paris-Orly (T9) sur la RD 5 (interaction avec l'ensemble de la Ligne 14),
- le bus à haut niveau de service (BHNS) Orly-Sénia (interaction avec les secteurs Aéroport d'Orly et Gare de Rungis),
- le projet de gare TGV (interaction avec le secteur Aéroport d'Orly),
- le boulevard urbain Massy-Athis Mons, impliquant le dévoiement de l'Aqueduc de la Vanne et du Loing et potentiellement du réseau Trapil (interaction avec le secteur Sud Orly),
- plusieurs projets de construction dans des ZAC (Cité Paul Bourget, ZAC Campus Grand Parc, Eco-quartier Les Portes d'Orly et la Cité de la Gastronomie, ZAC Sorbiers Saussaie, Opérations Cœur d'Orly et Sénia (interaction avec les secteurs Maison Blanche – Paris XIIIe, Villejuif Institut Gustave Roussy, M.I.N. Porte de Thiais, Chevilly « Trois Communes » et Pont de Rungis),
- les projets d'aménagement issus du contrat de développement territorial (CDT) Campus Sciences et Santé (interaction avec le secteur compris entre Maison Blanche – Paris XIIIe et Villejuif Institut Gustave Roussy),
- la construction d'un bâtiment de jonction entre les terminaux Ouest et Sud de l'aéroport d'Orly ainsi que du parking P0 (interaction avec le secteur Aéroport d'Orly).

Pour plus d'informations sur ces différents projets et leur stade d'avancement, le lecteur se référera au chapitre 7.1 : « 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.

6.1.1.2. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement et de réduction

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.

Modes actifs

Les chantiers influenceront également les cheminements piétons à proximité. Ces cheminements seront maintenus ou déviés et les modifications seront adéquatement balisées. Il sera veillé 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.

Transports en commun

Durant les travaux, le maître d'ouvrage veillera à ne pas détériorer la qualité de service sur les lignes ferroviaires de transport en commun et à maintenir l'accessibilité des stations de métro ou des gares de RER.

Les chantiers pourront également avoir un impact sur l'organisation et la circulation des lignes du réseau d'autobus 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.

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.

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.

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.

6.1.2. Évolution des déplacements 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.

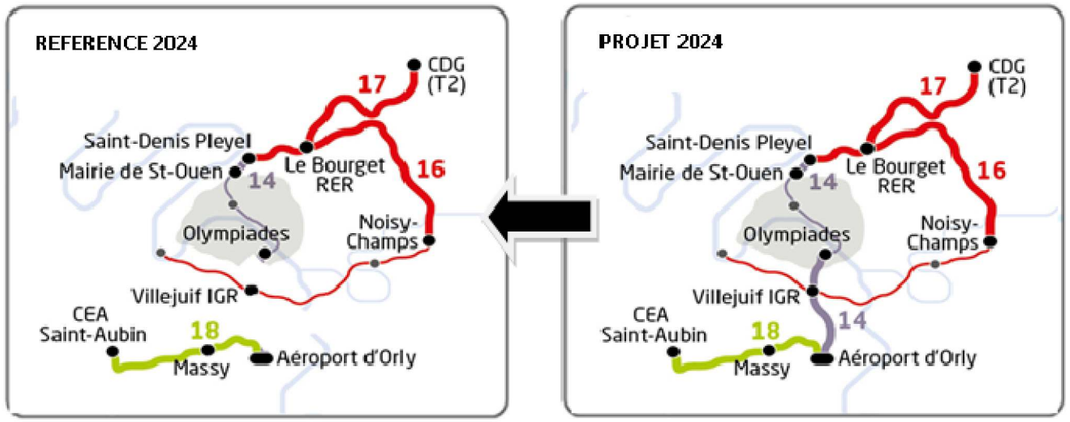
Les éléments issus du modèle MODUS sont plus spécifiquement présentés dans les points suivants. Ils illustrent les effets du projet sur la structure des déplacements, la répartition modale et la fréquentation des réseaux de transport dans le secteur d'étude associé au projet « Ligne 14 Sud ». Le processus d'élaboration des prévisions de trafic du projet à partir des outils de modélisation (détail des hypothèses et des résultats) fait l'objet d'un volet spécifique dans la pièce H du présent dossier.

Les résultats de modélisation produits par MODUS ont également servi à alimenter en données d'entrée les volets « Energie 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.

6.1.2.1. Impacts directs du projet à l'horizon 2024 (mise en service)

Les indicateurs présentés dans cette partie comparent la situation « avec projet » à la mise en service de ce dernier (horizon 2024) 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 : elle est construite ici en prenant notamment en compte les tronçons du Grand Paris Express prévus pour être en service à l'horizon 2024, à l'exception de celui qui constitue expressément le projet soumis à la présente enquête préalable à déclaration d'utilité publique (Ligne 14 Sud). Cette méthode est cohérente avec celle retenue pour l'évaluation socio-économique du projet (voir pièce H du présent dossier).

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier les **impacts liés à la réalisation du projet « Ligne 14 Sud » à l'horizon 2024**, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive des différents tronçons du Grand Paris Express, intégrés à la situation de référence sans projet.



Définition des situations avec et sans projet pour l'analyse des impacts du projet « Ligne 14 Sud » (horizon 2024)

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 le prolongement Sud de la ligne 14.

L'offre en mobilité apportée par le projet

Sur les sept gares de la ligne 14 prolongée à Aéroport d'Orly, quatre offrent une correspondance avec au moins une ligne ferrée structurante (RER, métro) : Maison Blanche (métro 7), Villejuif Institut Gustave Roussy (ligne 15), Pont de Rungis (RER C) et Aéroport d'Orly (ligne 18 et Orlyval). Des correspondances avec le réseau de tramway sont par ailleurs possibles à MIN-Porte de Thiais (ligne T7) et à Aéroport d'Orly (ligne T7).

Incidences sur la demande en déplacements

Les résultats suivants concernent le périmètre géographique d'étude (regroupement de communes) défini dans l'état initial.

- Déplacements tous modes :

  Le tableau suivant présente par destination l'évolution du nombre de déplacements ayant leur origine dans le périmètre de l'étude, en 2024, avec et sans projet.

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 2024 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	*Nombre de déplacements en référence*	*Evolution entre le projet et la référence*
Paris	365 000	+0,7%
Seine-et-Marne	26 000	+1,0%
Yvelines	35 000	+1,7%
Essonne	147 000	+0,2%
Hauts-de-Seine	237 000	+0,9%
Seine-Saint-Denis	68 000	+1,5%
Val-de-Marne	244 000	-0,1%
Val-d'Oise	16 000	+6,0%
Périmètre	1 336 000	-0,6%
Total	**2 475 000**	**0,0%**

Le nombre de déplacements tous modes débutant dans le périmètre de l'étude et leur répartition par destination ne varie pas significativement entre la situation sans projet (référence) et avec projet. Le projet a surtout une incidence sur la répartition modale de ces déplacements, et particulièrement sur la structure des déplacements effectués en transports en commun (ci-après).

<u>Déplacements en transports en commun :</u>

Le tableau suivant illustre la contribution du projet dans l'accroissement des déplacements en transports publics au départ de la zone d'étude (presque +2 % au total).

Ces augmentations sont (en valeur relative) particulièrement importantes vers le Val d'Oise, les Yvelines, les Hauts-de-Seine et la Seine-Saint-Denis, départements vers lesquels les possibilités d'itinéraires sont peu développées en référence. Le prolongement Sud de la ligne 14 offre ainsi une connexion efficace, depuis le secteur d'étude, vers les lignes de transport en commun desservant ces départements (notamment les autres lignes du Grand Paris Express : lignes 15 à Villejuif Institut Gustave Roussy, 17 à Saint-Denis Pleyel, 18 à Aéroport d'Orly).

La demande vers Paris progresse quant à elle significativement en valeur absolue (+2 500 déplacements), du fait de du caractère radial de la ligne 14 prolongée.

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 2024. Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec

Destination	*Nombre de déplacements en référence*	*Evolution entre le projet et la référence*
Paris	166 000	+1,8%
Seine-et-Marne	14 000	+2,9%
Yvelines	19 000	+3,7%
Essonne	40 000	+2,3%
Hauts-de-Seine	77 000	+3,4%
Seine-Saint-Denis	38 000	+2,9%
Val-de-Marne	74 000	+0,6%
Val-d'Oise	12 000	+7,8%
Périmètre	192 000	+1,0%
Total	**633 000**	**+1,9%**

Incidences sur le report modal

Le report modal se définit comme l'augmentation de la part modale[20] 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 2024 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, en 2024. Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec

Destination	*Transports publics* (points de %)	*Automobile* (points de %)
Paris	+0,5	-0,4
Seine-et-Marne	+1,0	-1,0
Yvelines	+1,0	-1,0
Essonne	+0,6	-0,5
Hauts-de-Seine	+0,8	-0,7
Seine-Saint-Denis	+0,8	-0,8
Val-de-Marne	+0,2	-0,2
Val-d'Oise	+1,3	-1,3
Périmètre	+0,2	-0,1
Total	**+0,5**	**-0,2**

Les résultats montrent que la part modale des transports publics augmente, au total, de 0,5 point avec projet. Au contraire, la part modale de la voiture diminue de 0,2 point.

La part modale des transports en commun augmente le plus fortement pour les déplacements à destination du Val d'Oise, des Yvelines et de la Seine-Saint-Denis grâce aux connexions nouvelles permises par le prolongement de la ligne 14, qui permet aux habitants du secteur d'étude de bénéficier d'un accès plus direct au réseau structurant de transports en commun. Ce sont également vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus.

Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports 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.

En particulier, la fréquentation totale du RER B à l'heure de pointe du matin diminue d'environ 5% par rapport à la situation de référence sans projet (et de 10% à 15% sur le tronçon supportant la charge maximale de la ligne). Les lignes de RER C et D sont moins impactées mais leur fréquentation totale à l'heure de pointe du matin diminue tout de même par rapport à la situation de référence sans projet, d'environ 2% à 3%. La ligne 14 prolongée au sud constitue en effet un itinéraire alternatif pour rejoindre Paris depuis le Val-de-Marne et le nord de l'Essonne, par rapport aux trajets proposés par ces lignes de RER. Cet allègement de la fréquentation des RER B, C et D aura pour effet d'améliorer le confort des voyageurs.

En ce qui concerne les métros, la principale ligne impactée sera la ligne 7, qui a un tracé Nord-Sud relativement parallèle à la ligne 14 et sera en correspondance directe avec son prolongement Sud à Maison Blanche - Paris XIIIe. La fréquentation de la ligne 7 à l'heure de pointe du matin diminuera ainsi d'environ 5%.

Pour plus de détails sur la fréquentation du réseau de transports en commun, se référer à la pièce H du présent dossier.

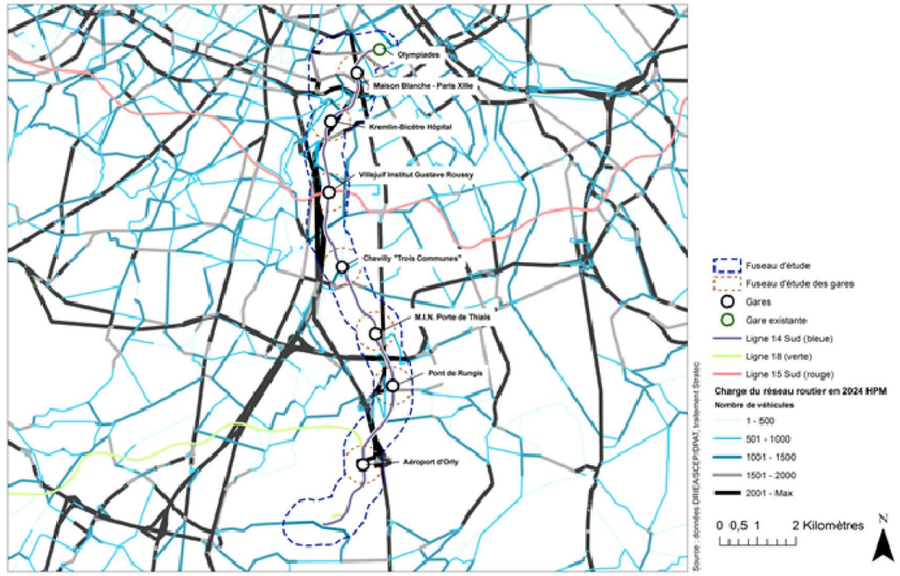
Incidences sur la charge du réseau routier

Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

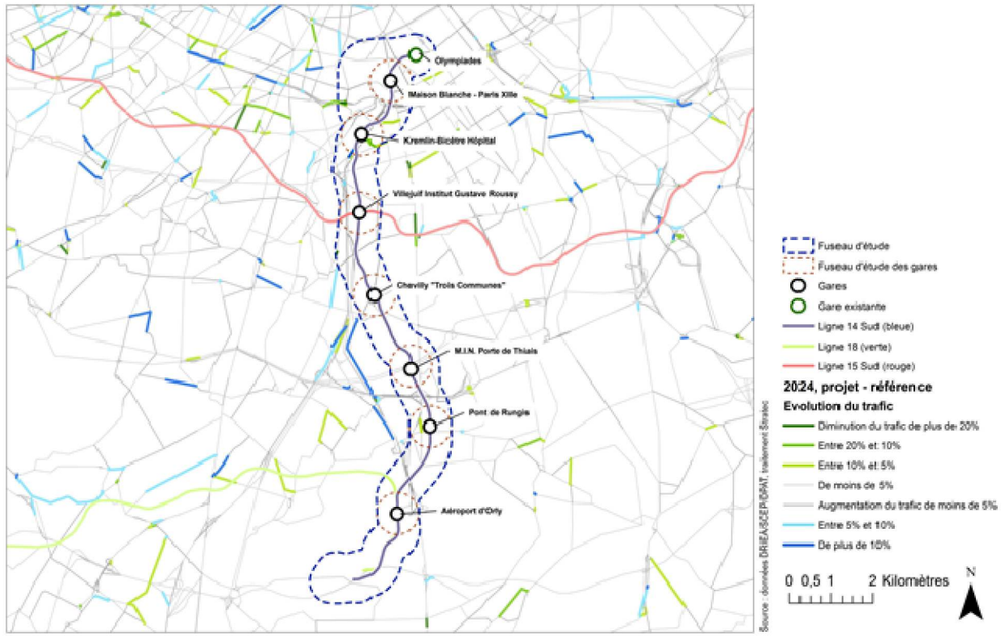
- la charge sur le réseau routier à la pointe du matin, en 2024 et avec projet, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2024.

[20] *C'est-à-dire le nombre de déplacements utilisant ce mode divisé par le nombre total des déplacements.*

Charge sur le réseau routier en 2024, à l'heure de pointe du matin, avec projet. Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec



Différences de charge sur le réseau routier en 2024, entre les situations avec et sans 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 A6, A10, A106 et A86 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RND7 et la RD5.

Le projet apporte toutefois une diminution de la circulation automobile dans le périmètre d'étude, exprimée en véhicules-kilomètres : une diminution de 1 500 véhicules-kilomètres est ainsi observée à la pointe du matin dans le périmètre d'étude, soit une réduction de 0,5% par rapport à la référence.

A l'échelle de l'Ile-de-France, le projet « Ligne 14 Sud » présente un impact modéré sur la saturation[21] 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 2024 (respectivement 2 320 km et 2 325 km, soit une réduction de 0,2%). Ce résultat s'explique notamment par le fait que la situation de référence sans projet prend en compte les autres tronçons du Grand Paris Express également prévus pour être en service à l'horizon 2024 : par construction, l'effet positif de la réalisation du Grand Paris Express sur l'allègement de la congestion routière est donc largement intégré à la situation de référence. De manière générale, le prolongement Sud de la ligne 14 bénéficie majoritairement aux voyageurs effectuant des déplacements en radiale, en améliorant l'offre en transports en commun déjà existante sur ces liaisons, mais présente donc moins d'impact sur la congestion routière que les liaisons de rocade, sur lesquels il n'existe pas aujourd'hui d'alternative efficace à la voiture particulière. A cet égard, 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.

6.1.2.2. Impacts indirects du projet à l'horizon 2024 (mise en service)

Les impacts indirects de l'amélioration de l'accessibilité induite par le métro se valorisent dans le cadre de l'évaluation socio-économique du projet. Pour plus de détails sur ces impacts le lecteur se réfèrera à la pièce H du présent dossier.

Impacts cumulés

Dans le domaine de la mobilité, il est primordial de tenir compte de l'effet cumulé des projets susceptibles d'être mis en place dans la même aire géographique. C'est pour cette raison que dès le départ de l'analyse tous les projets en cours d'élaboration ou de construction qui seront en service à l'horizon d'étude ont été pris en compte. L'approche choisie permet donc de prendre en compte tous les effets cumulés en intégrant dans un seul outil systémique, l'ensemble des projets qui interagiront. Les résultats présentés dans la partie précédente intègrent donc les effets d'interaction avec les autres projets de transport, de même qu'ils prennent en compte les hypothèses d'évolution de la population et des emplois associées aux projets d'aménagement des territoires concernés.

6.1.2.3. 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 14 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.

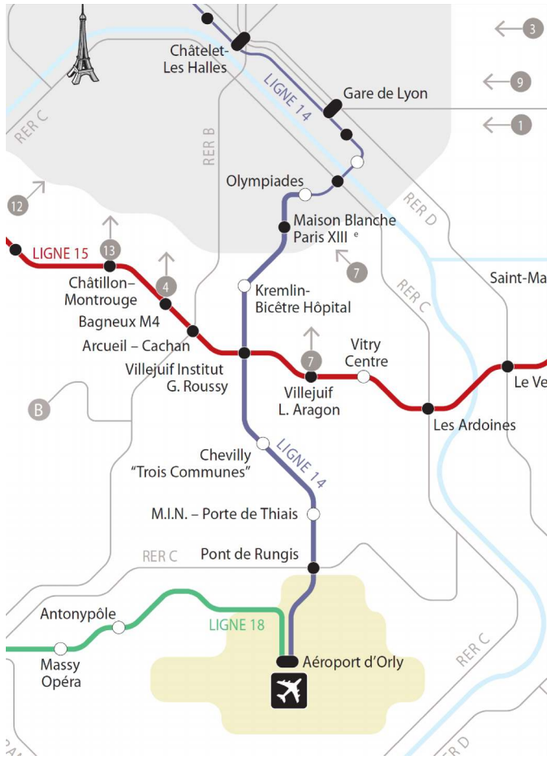
[21] *Le niveau de « saturation » d'un segment de voirie se définit comme le ratio entre la charge observée et la capacité de la voirie.*

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.

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 2024. 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)

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.

Alors que le nombre total des déplacements émis par la zone d'étude ne varie pas entre la référence et le projet, la répartition des destinations évolue, par contre, fortement.

Le nombre de déplacements internes au périmètre d'étude diminue ainsi de 4 %. Cette diminution profite aux destinations éloignées comme les Yvelines (+5%) mais surtout, en valeur absolue, aux départements desservis par la ligne 15 (Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne…) ; pour les Yvelines, les volumes restent plus modérés malgré leur importante augmentation en valeur relative. Le projet apporte en effet une nouvelle offre en lien avec ces départements, ce qui facilite les déplacements vers ces derniers. La majorité des déplacements journaliers a cependant toujours lieu en interne ou à destination de Paris.

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***	***Evolution entre le projet et la référence***
Paris	372 000	-1,0%
Seine-et-Marne	26 000	-2,7%
Yvelines	37 000	+4,8%
Essonne	157 000	+2,4%
Hauts-de-Seine	243 000	+1,5%
Seine-Saint-Denis	71 000	+5,1%
Val-de-Marne	251 000	+4,6%
Val-d'Oise	17 000	-3,4%
Périmètre	1 404 000	-4,1%
Total	**2 577 000**	**-1,5%**

Ces résultats illustrent l'effet de synergie lié à la réalisation des différents tronçons du Grand Paris Express. Dans la présente analyse, la situation de référence ne comprend aucun des tronçons du Grand Paris Express, alors que, dans l'analyse réalisée au titre 7.1.2.1 (horizon 2024), la situation de référence intégrait les tronçons du Grand Paris Express autres que le prolongement Ligne 14 Sud. De la sorte, les résultats présentés pour l'horizon 2024 traduisaient uniquement l'effet « différentiel » associé à l'ajout du tronçon Ligne 14 Sud.

La comparaison de l'évolution des déplacements issus du secteur d'étude pour l'horizon 2030 montre ainsi que la recomposition des déplacements sur le territoire est plus marquée lorsque l'ensemble des tronçons du Grand Paris Express sont pris en considération par rapport à la référence. En particulier, on observe que la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble tend d'abord à favoriser les déplacements de banlieue à banlieue depuis le territoire d'étude (augmentation du nombre de déplacements vers les départements de proche et moyenne couronnes, grâce notamment aux lignes 15 et 18), en réduisant les déplacements à destination de Paris (baisse relative du nombre de déplacements).

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 (+2,7%). Cette augmentation est d'autant plus marquée vers les départements de proche 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.

Evolution 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*	*Evolution entre le projet et la référence*
Paris	171 000	+0,3%
Seine-et-Marne	13 000	+8,0%
Yvelines	20 000	+7,6%
Essonne	44 000	+4,7%
Hauts-de-Seine	77 000	+8,6%
Seine-Saint-Denis	40 000	+10,3%
Val-de-Marne	73 000	+10,6%
Val-d'Oise	13 000	-1,9%
Périmètre	203 000	-2,7%
Total	**654 000**	**+2,7%**

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 1,1 point. La part modale des transports en commun augmente le plus fortement à destination de la Seine-et-Marne (+5,4 points mais des volumes encore faibles), de la Seine-Saint-Denis (+2,8 points) et des Hauts-de-Seine (+2,2 point). Ce sont aussi vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus.

Evolution 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	+0,6	-0,3
Seine-et-Marne	+5,4	-5,4
Yvelines	+1,5	-1,5
Essonne	+0,6	-0,3
Hauts-de-Seine	+2,2	-2,1
Seine-Saint-Denis	+2,8	-2,8
Val-de-Marne	+1,6	-1,6
Val-d'Oise	+1,3	-1,3
Périmètre	+0,2	0,1
Total	**+1,1**	**-0,2**

Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun

La mise en service de l'ensemble du réseau du Grand Paris Express déchargera la plupart des lignes de RER et de métro. S'agissant notamment des lignes desservant le secteur d'étude, à l'horizon 2030, la fréquentation totale du RER B à l'heure de pointe du matin sera ainsi réduite d'environ 10% à 15% avec le Grand Paris Express, par rapport à la situation de référence sans projet ; celle du RER C sera réduite d'environ 5% avec le Grand Paris Express.

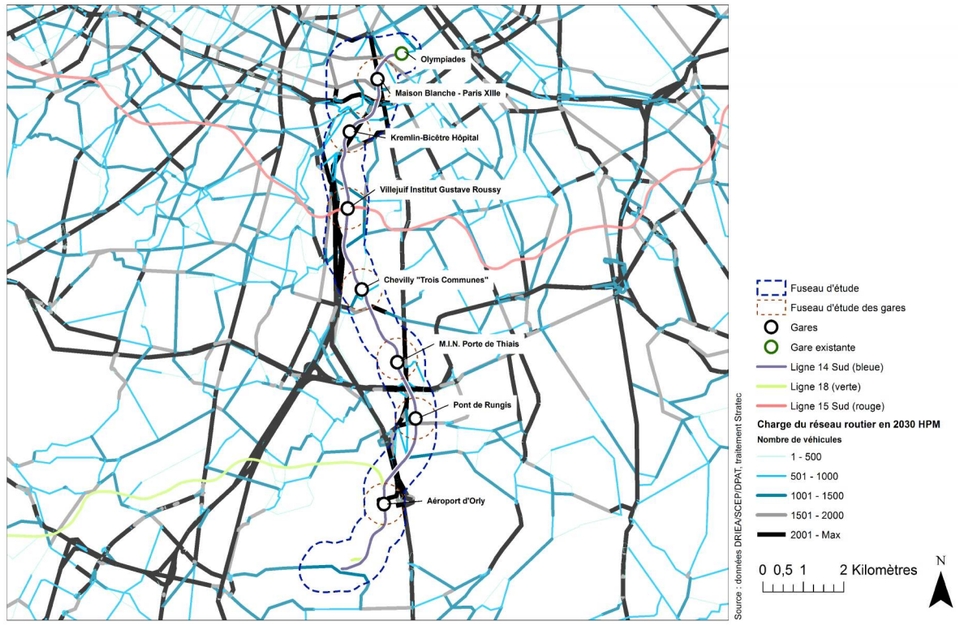
Pour plus de détails sur l'impact du réseau du Grand Paris Express sur la fréquentation du réseau de transport, se référer à la pièce H du présent dossier.

Incidences sur la charge et différence de charge du réseau routier

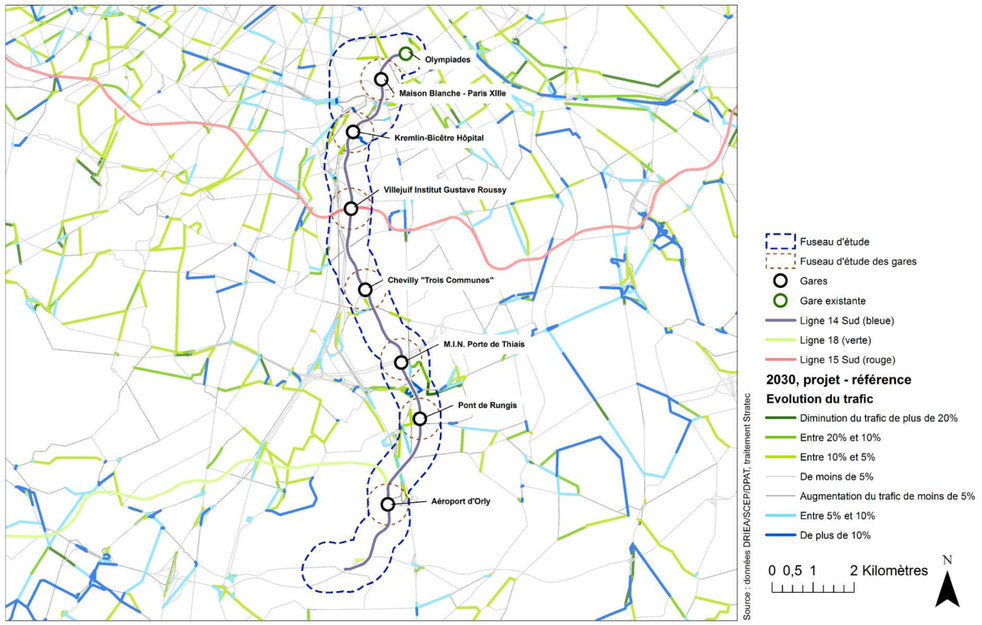
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- 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 2024, les voies qui présentent les charges les plus importantes à l'horizon 2030 sont le Boulevard Périphérique, les autoroutes A6, A10, A106 et A86 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN7.



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 notable des véhicules-km dans le secteur d'étude, par rapport à la situation de référence sans projet : dans le périmètre d'étude, une diminution de 3 400 véhicules-kilomètres est observée à la pointe du matin, ce qui correspond à une diminution de 1,2% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

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.

Evolution du linéaire de voiries franciliennes saturées 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.

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.

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***
Maison Blanche - Paris XIIIe	6%	4%	32%	58%
Kremlin-Bicêtre Hôpital	7%	4%	35%	54%
Villejuif Institut Gustave Roussy	7%	4%	37%	52%
Chevilly « Trois Communes »	7%	4%	36%	54%
M.I.N. Porte de Thiais	7%	4%	38%	50%
Pont de Rungis	**11%**	**6%**	42%	40%
Aéroport d'Orly (*)	14%	8%	31%	48%

(*) Nota : les résultats présentés ici sont à nuancer s'agissant de la gare Aéroport d'Orly, compte tenu du contexte particulier d'insertion de la gare au cœur de la plateforme aéroportuaire. L'approche générale retenue dans l'étude sur le stationnement consiste en effet à évaluer un potentiel de demande, établi notamment à partir du bassin de chalandise de la gare et de son accessibilité par le réseau routier. Cette approche n'est pas totalement transposable au cas de l'insertion d'une gare au sein d'un équipement de grande ampleur, dans un contexte non urbain, car elle ne permet pas de prendre en compte les contraintes spécifiques du stationnement sur la plateforme d'Orly.

Hormis le cas particulier de la gare Aéroport d'Orly (voir nota ci-dessus), la seule gare présentant une part modale d'accès en voiture (cumul « voiture garée » et « dépose minute ») significative (supérieure à 15%) est Pont de Rungis (17%). Cette gare présente en effet un bassin de chalandise relativement important, avec une situation en limite de l'Essonne lui permettant d'attirer certains voyageurs en provenance de la grande couronne qui n'auraient pas d'autre possibilité de rabattement sur le Grand Paris Express.

Dans la conception de la gare Pont de Rungis et de ses abords, le parvis de la gare concentrera les principales fonctions d'intermodalité, aussi bien avec les autres modes de transports en commun (implantation d'arrêts de bus à proximité immédiate du bâtiment voyageur) et les modes actifs (implantation d'abris à vélo et d'une consigne Véligo) qu'avec les modes routiers (emplacements pour les deux-roues motorisés, les taxis et dépose-minute).

En matière de stationnement automobile, le secteur d'implantation de la gare présente actuellement une offre très restreinte. Il s'inscrit toutefois dans une zone ayant vocation à faire l'objet d'un réaménagement à grande échelle, en lien avec l'arrivée du Grand Paris Express et le projet de développement de la zone d'activités du Sénia, dans le cadre plus général de l'opération d'intérêt national Orly Rungis - Seine Amont. Le contexte d'insertion de la gare Pont de Rungis offre ainsi des disponibilités foncières permettant d'envisager la création d'un parc relais, pour un besoin évalué à 300 places environ. L'opportunité et les modalités de mise en œuvre d'un tel équipement, hors périmètre d'intervention de la Société du Grand Paris, seront à confirmer en liaison avec le STIF, les collectivités locales et les autres acteurs concernés.

6.1.3. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux effets sur la mobilité

Les coûts sont inhérents au projet de conception et de construction de la Ligne 14 Sud.

6.1.4. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement au niveau du projet

Le tableau suivant présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

Légende :

	Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Impact positif	*Pas d'impact*	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement au niveau du projet

Eléments concerné	***Enjeux identifiés dans l'état initial***	***Impacts***	***Niveau d'impact avant mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Desserte des territoires en transports en commun	Désenclaver les territoires mal desservis par les transports en commun	Les territoires traversés par la ligne verront leur offre en transport augmenter et bénéficieront d'une liaison ferroviaire structurante nouvelle.	Positif	Néant	Néant	Néant
Infrastructure de transport	Créer une nouvelle liaison directe entre Paris et l'aéroport d'Orly	Diminution du temps de transport entre l'aéroport d'Orly et Paris, et augmentation de l'offre en transport en commun à destination d'Orly.	Positif	Néant	Néant	Néant
Fréquentation des réseaux	Permettre de réduire la sollicitation du réseau routier et de réduire les nuisances liées à cette forte fréquentation Délester les tronçons du réseau ferré qui arrivent en limite de capacité sur les liaisons radiales	Réseau routier : diminution de 1 500 véhicules-kilomètres à la pointe du matin dans le périmètre d'étude, soit -0,5% par rapport à la référence 2024 Réseau ferré : réduction de la fréquentation et de la charge maximale sur les RER B, C et D	Positif : impact modéré du projet sur la saturation des réseaux routiers, mais effet d'allègement des lignes de RER	Néant	Néant	Néant
Parts modales	Favoriser l'utilisation des transports en commun pour contribuer à atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transports en commun dans la région	Augmentation de 0,5 point de la part modale des transports en commun pour les déplacements ayant comme origine le périmètre d'étude, par rapport à la référence 2024	Positif	Néant	Néant	Néant

Chantiers	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 Déviations d'itinéraire et impact sur la voirie Impact sur les transports en commun et les modes actifs	Très fort : chantier de la gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital (rue Séverine/Rue Gabriel Péri) Fort : chantier de la gare de Maison Blanche Paris XIIIe (av. d'Italie/rue Caillaux) Modéré : chantiers des gares de Chevilly « Trois communes » (rue de Bicêtre/rue de Lallier/rue Paul Hochart) et de l'aéroport d'Orly. Faible : autres chantiers n'empiétant pas directement sur les voiries	Planification des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais en annexe à la pièce G). Les itinéraires de déviations (véhicules, piétons et transport) et une information adéquate devraient permettre de réduire les impacts.	Impacts ponctuels possibles mais maîtrisés.	Néant
Exploitation	Faire des gares de véritables pôles multimodaux où l'ensemble des modes de transport puissent être intégrés de manière optimisée	Augmentation des besoins en stationnement aux abords de certaines gares du fait du rabattement en voiture particulière	Modéré : la seule gare concernée par un potentiel de rabattement significatif en voiture particulière est Pont de Rungis	Favoriser l'intermodalité par les autres modes de transport en commun et les modes actifs Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries	Néant	Néant

6.1.5. Conclusions des impacts et mesures d'accompagnement concernant 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 significatif : pour les déplacements qui débutent à l'intérieur du périmètre d'étude, la part modale des transports publics avec le projet augmente de 0,5 points de pourcentage tandis que celle de la voiture diminue de 0,2 point de pourcentage par rapport à la situation de référence, à l'horizon 2024.

Localement, la mise en service du métro automatique permettra d'améliorer le maillage du réseau existant. Quatre des sept gares du projet étudié offriront une correspondance avec le RER 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. 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 du prolongement Sud de la ligne 14, une diminution de 3 400 véhicules-kilomètres est attendue à la pointe du matin par rapport à l'horizon 2030, ce qui correspond à une diminution de 1,2% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

6.2. Démographie, population, emplois et occupation du sol

La réalisation de la Ligne 14 Sud s'inscrit dans une politique de développement 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. La réalisation du projet devrait ainsi permettre :

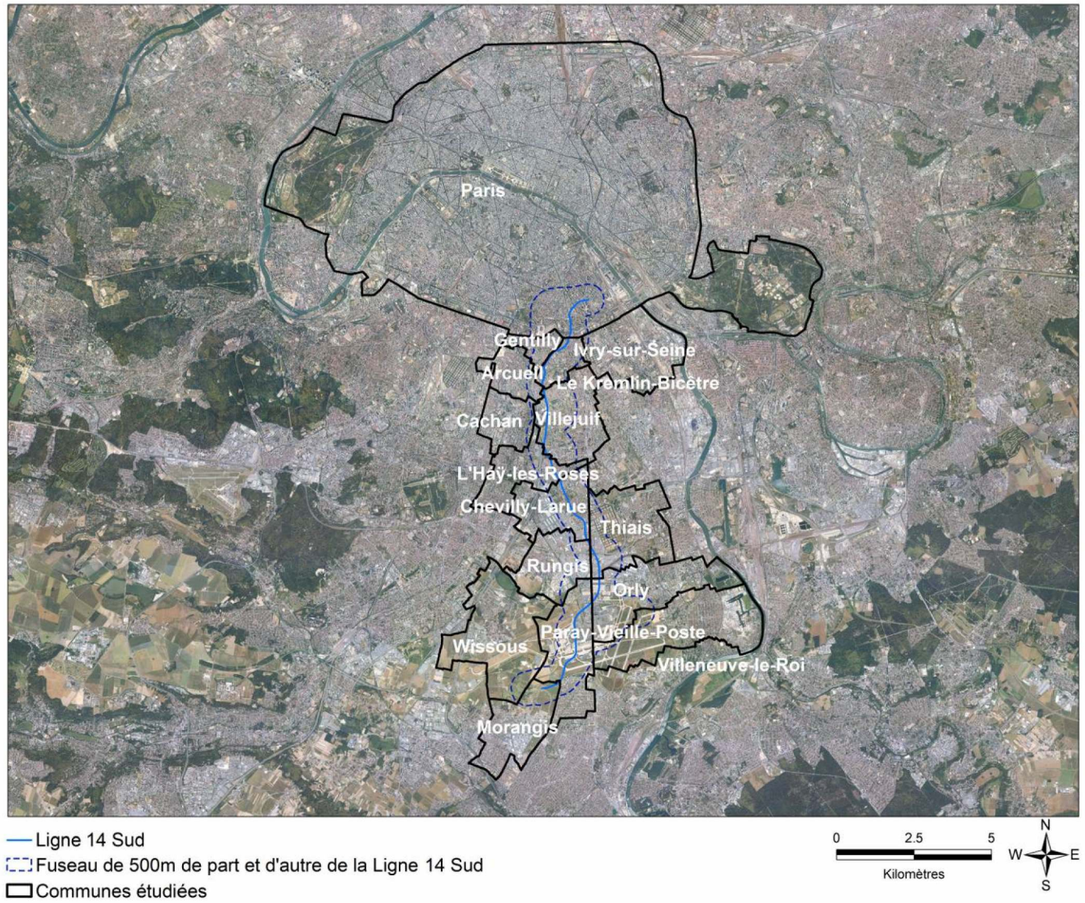
- de favoriser les créations d'emplois,
- d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération.

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 route 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 14 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 comporte 16 communes (communes traversées par la zone de 500 m de part et d'autre du tracé du projet), dont 3 appartiennent à la Grande Couronne (Morangis, Paray-Vieille-Poste et Wissous) et 12 à la Petite Couronne (Arcueil, Cachan, Chevilly-Larue, Gentilly, L'Haÿ-les-Roses, Ivry-sur-Seine, Le Kremlin-Bicêtre, Orly, Rungis, Thiais, Villejuif et Villeneuve-le-Roi). La dernière, Paris, est, quant à elle, constituée de 20 arrondissements intra-muros[22].

Ce périmètre d'influence de la Ligne 14 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 14 Sud sur la densification potentielle des territoires

[22] *Les arrondissements de Paris intra-muros seront considérés comme une commune à part entière dans l'analyse. Il faut toutefois garder à l'esprit que de grandes disparités en termes démographiques et socio-économiques peuvent exister entre ces différents arrondissements.*

6.2.1. Impacts et mesures en phase chantier

6.2.1.1. Impacts directs et indirects

Impacts directs

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 20 000 et 25 000 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 2014 et 2024 est donc de l'ordre de 2 000 à 2 500. 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.

L'**emprise du projet sur l'occupation du sol** (en surface) se décompose comme suit : l'emprise des gares nouvelles et des ouvrages annexes, l'emprise du SMR Morangis 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	2 ha environ	Permanent
SMR Morangis	5 ha environ	Permanent
Chantiers	6 ha environ	Temporaire (phase chantier)

Impacts indirects

Outre l'emprise du projet, les travaux présentent un risque de perturber l'exploitation de certaines parcelles par des coupures temporaires des chemins d'accès. Ces effets indirects sont difficiles à quantifier au stade des études préliminaires, mais ils devraient être limités grâce au respect des bonnes pratiques de chantier.

Impacts du Grand Paris Express

Les impacts liés à la réalisation des projets limitrophes faisant ou non partie du schéma d'ensemble du Grand Paris Express s'ajouteront aux impacts liés au projet.

Ainsi, le nombre d'emplois créés grâce à la mise en œuvre des autres lignes du Grand Paris Express s'ajoutera aux emplois créés par la mise en œuvre du projet.

L'emprise des chantiers des autres projets sur l'occupation du sol devrait quant à elle s'additionner à celle des chantiers du projet à l'étude, sans interaction particulière. Pour mémoire toutefois, les travaux de la gare Villejuif Institut G. Roussy, commune aux lignes 14 et 15, seront réalisés dans le cadre du chantier de la ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs.

6.2.1.2. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

Dans un souci de limiter les impacts, le nombre de zones de chantier est 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.

Mesures de réduction

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.

Effets résiduels

La réalisation de la Ligne 14 Sud induira la consommation de surfaces très limitées d'espaces ruraux et urbains ouverts : moins de 15 hectares au total en phase chantier, dont seulement 7 hectares environ consommés de manière définitive pour l'implantation des gares, des ouvrages annexes et du SMR de Morangis dédié à la ligne 14.

Mesures de compensation aux effets résiduels

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).

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.

6.2.2. 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 de croissance retenues entre la situation existante, la mise en service du projet (horizon 2024) et l'horizon 2030 sont cohérentes avec celles utilisées pour l'évaluation socio-économique du projet (voir pièce H du présent dossier). Ces hypothèses d'évolution socio-démographique 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 <u>2024</u> :**

  Cette analyse consiste à évaluer l'effet « différentiel » de la réalisation du projet par rapport à une situation de référence dans laquelle les autres tronçons du Grand Paris Express prévus au même horizon sont considérés comme réalisés.

  Cette approche permet d'apprécier les impacts propres à la réalisation du tronçon, à l'horizon 2024, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive du Grand Paris Express.

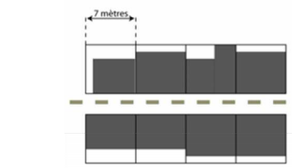
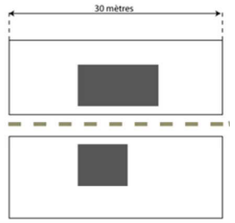
- **A l'horizon cible de réalisation du Grand Paris Express, soit <u>2030</u> :**

  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'analyser le rôle de la Ligne 14 Sud au sein du réseau global, en tant que maillon indispensable de l'infrastructure.

  Deux cadrages prospectifs distincts en matière de projections de population et d'emploi sont alors 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 : - à l'horizon 2024 - 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))[23] :  parcellaire (a)  parcellaire (b) parcelle bâtiment VRD	Différence entre le total des kilomètres de VRD (Voirie et Réseaux Divers) nouveaux construits en référence *vs* en projet : - à l'horizon 2024 - à l'horizon 2030	↘

[23] *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 d'Ile-de-France 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.

En ce qui concerne l'analyse des effets du projet sur l'occupation du sol, les éléments présentés ci-après répondent aux exigences du code de l'environnement sur le contenu de l'étude d'impact. En complément de ces travaux, la Société du Grand Paris a mené une analyse spécifique des impacts induits du projet en matière de localisation de l'urbanisation, présentée dans l'annexe G4-2 à la présente étude d'impact (« Etude des effets sur l'urbanisation »).

La démarche suivie dans la pièce G4-2 consiste en une analyse précise des enjeux à proximité des gares, en particulier dans les zones dont l'aménagement interférera directement avec le Grand Paris Express. La présente étude vise, quant à elle, à évaluer les impacts plus globaux de l'infrastructure, à proximité des gares de la Ligne 14 Sud, mais également dans tout le territoire de l'Ile-de-France.

Pour tenir compte de ces approches complémentaires, la méthode proposée pour calculer l'économie potentielle d'espace rural consommé dans la pièce G4-2 diffère de celle exposée dans la présente étude. Les principales différences entre les deux méthodes de calcul sont les suivantes :

- Dans la pièce G4-2, un travail détaillé d'identification du foncier mobilisable et de sa capacité à être mobilisé a été mené sur la base des données foncières disponibles. Le présent exercice se base quant à lui sur la définition d'une typologie globale du potentiel de densification par type de parcelles.

- Les variations du Coefficient d'Occupation du Sol (ΔCOS) dans la pièce G4-2 ont été déterminées sur la base d'observations des Coefficient d'Occupation du Sol actuels dans les quartiers avoisinant les futures gares. Le présent exercice, plus prospectif, s'en affranchit.

- Le présent exercice considère que le projet aura, dans une certaine mesure, des impacts sur l'occupation du sol à proximité de toutes les gares en connexion directe ou indirecte avec le Grand Paris Express tandis que l'exercice de la pièce G4-2 se concentre sur les gares de la Ligne 14 Sud.

6.2.2.1. Impacts directs et indirects

Impacts 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 300 emplois directs.

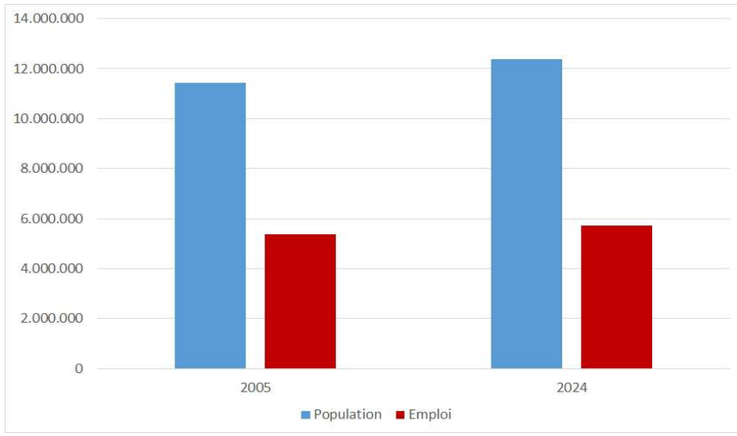
Impacts indirects

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France utilisées pour caractériser l'horizon 2024 de mise en service de la Ligne 14 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 à l'horizon 2024 en Ile-de-France

	2005	2024	
	Base[1]	Situation de référence et de projet [2]	Evolution 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 à l'horizon 2024 en Ile-de-France

Le nombre d'habitants et d'emplois en 2024 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 14 Sud, en particulier autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

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 14 Sud, les Contrats de Développement Territorial (CDT) « Campus Sciences et Santé » et « Grand Orly ».

<u>Indicateur n°1</u> : Consommation des espaces par l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2024

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 14 Sud. L'analyse des impacts du projet révèle que la densification du bâti dans le périmètre de 500 mètres autour des gares de la Ligne 14 Sud permettra la préservation de 152 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2024 par rapport à une situation sans projet.

Surfaces préservées de l'urbanisation nouvelle grâce à la densification autour des gares du projet (périmètre de 500 m) entre le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2024 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Densification dans le périmètre de 500 m autour des gares, horizon 2024	**-152**	↘

<u>Indicateur n°2</u> : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2024

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 aujourd'hui non bâtis de l'artificialisation future (cf. Indicateur n°1) rendue possible grâce au projet correspond ainsi à une réduction de l'ordre de 36 km de linéaire de VRD à construire à l'horizon 2024 par rapport à une situation sans projet.

Viabilisation des surfaces nécessaires à l'urbanisation nouvelle entre le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2024 (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
Densification dans le périmètre de 500 m autour des gares, horizon 2024	**-36**	↘

La réduction de 36 km de VRD à construire pour viabiliser les surfaces nécessaires à 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 10 relatif à l'analyse des coûts collectifs induits par le projet).

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 prix 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 (notamment dans le cadre des projets de Contrat de Développement Territorial « VSB – Sciences et santé » et « Grand Orly ») : 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 14 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 actuel et l' « élasticité » des territoires ;
- La desserte actuelle en transports en commun et son degré d'amélioration apportée par le projet ;
- Les augmentations de population et d'emplois prévues à l'horizon 2024 dans la (ou les) commune(s) d'implantation de la gare ;

- 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 2024.

Classification du potentiel d'évolution de l'occupation du sol à proximité des futures gares par rapport à une situation sans projet : orange (très fort), vert (fort) et gris (moyen).

Gares	*Classification et commentaires*
Maison Blanche - Paris XIIIe	Situées dans Paris intra-muros, l'importante densité de population ainsi que les faibles réserves foncières limitent les potentialités d'aménagement de la zone autour de la future gare.
Kremlin-Bicêtre Hôpital	La nouvelle gare s'intègre dans un quartier en transition, passant progressivement des tissus compacts parisiens vers une banlieue moins dense, caractérisée par de grands équipements de santé. Les réserves foncières actuelles restreignent les développements à venir, qui concerneront essentiellement des reconversions de bâtiments. Les projets en cours ou programmés, notamment la ZAC du Coteau ou encore le projet d'éco-quartier « Entrée de ville Sud-Ouest » permettront de redynamiser différents secteurs et de stimuler le développement urbain.
Villejuif Institut Gustave Roussy	La densité moins importante du quartier, en regard des autres secteurs d'implantation des gares de la Ligne 14 Sud, permet d'envisager une densification au bénéfice du logement et de l'activité autour de la future gare. La proportion élevée de quartiers pavillonnaires (66% autour de la gare, *cf.* étude des effets sur l'urbanisation présentée dans l'annexe G4-2).) offre un potentiel de densification douce intéressant. De plus, la correspondance avec la ligne 15 sud du Grand Paris Express améliorera significativement l'accessibilité du quartier, renforçant ainsi le potentiel de densification.
Chevilly « Trois Communes »	La future gare se situe dans une zone présentant une densité de population relativement élevée par rapport aux communes avoisinantes. Les tissus de pavillons (27% autour de la gare) et dans une moindre mesure les logements sociaux présentent néanmoins un certain potentiel de densification (*cf.* Pièce G4-2). Le projet de rénovation des quartiers Sud à Villejuif et l'Haÿ-les-Roses cherche notamment à concrétiser ce potentiel de reconversion.
M.I.N. Porte de Thiais	La faible densité de population offre la possibilité de développer des nouvelles centralités autour de la future gare. La volonté de préserver certaines activités productives, associées au MIN notamment, limitera cependant les densités atteignables sur les emprises importantes occupées par ces activités. Les potentialités de transformation de cette zone font actuellement l'objet de réflexions concernant différents projets, parmi lesquels la rénovation du centre commercial Belle-Epine, la création d'une vitrine du MIN sur la RD et la ZAC Anatole France.
Pont de Rungis	La future gare desservira une commune peu dense en habitants et viendra améliorer l'accès à un pôle d'activité qui rassemble de nombreux emplois. Les opportunités de densification autour de la gare consistent essentiellement en une densification des activités et de l'emploi. Plusieurs projets en cours ou programmés permettront d'attirer de nouvelles activités économiques et d'apporter une certaine mixité fonctionnelle, notamment le projet « Cœur d'Orly », le projet de développement de l'éco-quartier Anatole-France et les Meuniers ainsi que la ZAC 15 Arpents.
Aéroport d'Orly	La future gare s'inscrira directement au cœur de la plateforme aéroportuaire. A ce titre, elle permettra notamment d'améliorer la desserte de l'aéroport d'Orly, essentielle pour les voyageurs. Un projet de reconfiguration des espaces de la plateforme aéroportuaire est en cours. Ce projet portera sur la création d'un bâtiment de jonction entre les deux aérogares d'Orly Ouest et Orly Sud, accompagnée d'un pôle multimodal associant les gares du Grand Paris Express et les arrêts des transports en commun de surface desservant la plateforme.

Impacts du Grand Paris Express

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. Ces hypothèses de croissance s'appuient sur les projections socio-démographiques du scénario « central » utilisé dans l'évaluation socio-économique réalisée à l'échelle du Grand Paris Express (voir pièce H du présent dossier d'enquête publique). 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

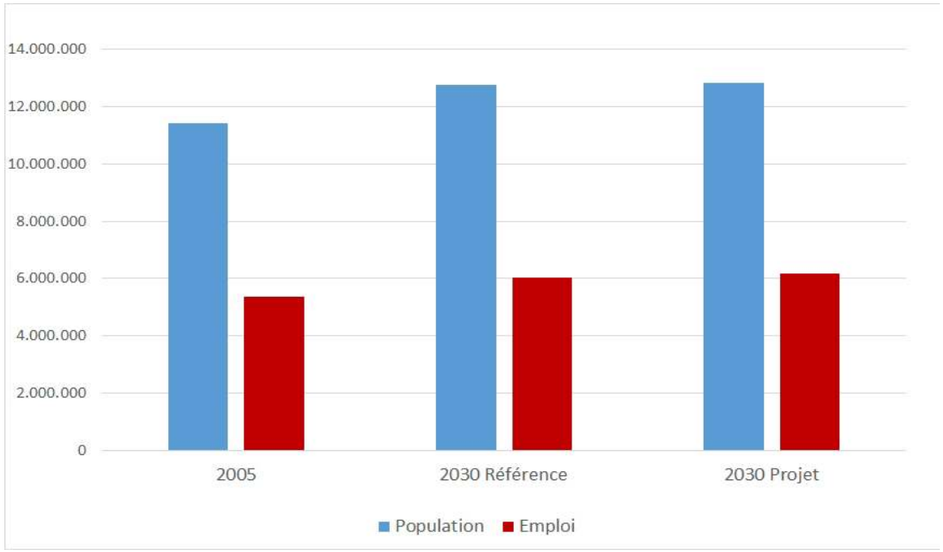
	2005	2030			
	Base[1]	Situation de référence[2]	Evolution par rapport à 2005	Situation de projet[2]	Evolution par rapport à 2005
Totaux en Ile-de-France					
Population totale	11 433 500	12 783 500	+ 1 350 000	12 833 500	+ 1 400 000
Emploi total	5 360 500	6 045 500	+ 685 000	6 160 500	+ 800 000

[1] *Source : données INSEE, 2005.*

[2] *Source : cadrages du scénario central « 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.

<u>Indicateur n°1</u> : 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 14 Sud à cette densification portant sur l'ensemble des territoires franciliens est estimée à environ 1 810 hectares préservés de l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Surfaces préservées de l'urbanisation nouvelle entre 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
Horizon 2030 ***(part imputée à la réalisation du projet Ligne 14 Sud)***	**-1 810**	↘

<u>Indicateur n°2</u> : 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 14 Sud permettrait d'éviter la construction d'approximativement 402 km de VRD liés à l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Viabilisation des surfaces nécessaires à l'urbanisation nouvelle entre le scénario de projet et le scénario de référence 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
Horizon 2030 ***(part imputée à la réalisation du projet Ligne 14 Sud)***	**-402**	↘

6.2.2.2. Mesures d'accompagnement

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.

Ces mesures d'optimisation sont rappelées ci-après et décrites plus en détail dans l'annexe G4-2 (Etude des effets sur l'urbanisation). Les impacts en phase d'exploitation étant positifs, aucun effet résiduel ne devrait donc non plus être induit et aucune mesure de compensation n'est prévue.

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 Evolution 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.

Mesures d'optimisation

Le développement d'une infrastructure de transport en commun de l'envergure de celle du projet s'inscrit nécessairement dans une stratégie politique de développement économique des territoires de l'Ile-de-France.

A lui seul, l'infrastructure du 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.

Dans cette optique, les Contrats de Développement Territorial (CDT) ont vocation à 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'associent 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. Les objectifs suivants sont par exemple fixés par les deux projets de CDT à proximité du tracé du projet :

- Le projet de CDT VSB – Sciences et Santé, rassemblant un total 8 communes soit aujourd'hui 240 000 habitants et 90 000 emplois, fixe un objectif de construction de 1 700 logements par an ;

- Le projet de CDT Grand Orly, concernant 14 communes soit aujourd'hui 250 000 habitants et 134 000 emplois; vise une production de 2 600 logements par an.

Pour plus de détails sur les pistes d'actions possibles et leurs modalités de mise en œuvre, il est conseillé au lecteur de se référer à l'annexe G4-2 (Etude des effets sur l'urbanisation).

6.2.3. 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.

Il n'est donc pas pertinent d'estimer les coûts de ces mesures à ce stade d'avancement des études.

6.2.4. Synthèse des impacts à l'échelle du projet

Le tableau suivant présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

Légende :

	Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Impact positif	*Pas d'impact*	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol

Elément concerné	***Enjeux identifiés***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact avant application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Croissance démographique et crise du logement	Favoriser la création de logements en développant les zones à proximité des gares.	Attraction de davantage d'habitants en Ile-de-France globalement d'ici à 2030 par rapport à la référence, particulièrement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.	Positif	Mise en place de mesures d'optimisation dans le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et/ou de la fiscalité permettant de répondre au mieux aux besoins des populations à venir (création de capacités d'accueil).	Néant	Néant
Densification des espaces urbanisés	Construire un bâti dense et compact à proximité des gares de la ligne. La densification dépend des réserves foncières encore disponibles autour des gares.	Diminution de la consommation des espaces naturels par l'urbanisation nouvelle aux horizons 2024 et 2030 Diminution des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle aux horizons 2024 et 2030.	Positif	Mise en place de mesures de suivi pour évaluer la compacité du développement urbain à venir. Mise en place de mesures d'optimisation pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet.	Néant	Néant
Emplois	Contribuer à la réduction du taux de chômage au niveau du périmètre d'étude, notamment au nord (Gentilly, Ivry-sur-Seine et Villejuif) et au sud à Orly et Villeneuve-le-Roi.	Création de davantage d'emplois en Ile-de-France globalement d'ici à 2030 par rapport à référence, particulièrement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.	Positif	Mise en place de mesures d'optimisation dans le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et/ou de la fiscalité permettant de répondre au mieux aux besoins des emplois à venir.	Néant	Néant

Déséquilibres habitat/emploi	Assurer une liaison efficace entre les bassins de population du territoire desservi par la Ligne 14 Sud (en particulier ceux de l'Essonne) et les pôles d'emploi majeurs de la région.	Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet (liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 14 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express).	Positif	Néant	Néant	Néant
Inégalités sociales et territoriales	Réduire les inégalités observées entre les communes de la partie Ouest de la zone d'étude, et celles de la partie Est.	Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une accessibilité moindre.	Positif	Néant	Néant	Néant
Chantiers	Limiter les surfaces occupées temporairement par les chantiers ou de manière permanente par les nouvelles gares et bâtiments techniques.	Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire ou permanente.	Faible	Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires. Optimiser les itinéraires des engins de chantier. Mettre en place des déviations en cas de coupure des accès. Prise en compte des projets limitrophes dans la planification des différentes phases des chantiers ainsi que dans la définition des itinéraires des engins de chantier	Consommation inévitable de surfaces limitées d'espaces ruraux et urbains ouverts (moins de 15 ha) malgré les mesures d'accompagnement.	Si des espaces ouverts de qualité sont nécessaires pour la construction des gares, possibilité de recréer des espaces similaires à proximité (voir chapitre relatif aux espaces naturels).

6.3. Risques Technologiques

L'analyse des impacts du projet sur le contexte technologique (et risques associés) se décompose suivant deux approches :

- Une première partie traitera des impacts et des mesures en phase chantier (7.3.1),
- Une seconde abordera les impacts générés par le projet en phase d'exploitation (7.3.2).

6.3.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant les risques technologiques

Les risques technologiques résultent de l'activité économique actuelle. Ils se matérialisent par divers incidents tels que les incendies, les explosions, les radiations, et tout autre phénomène modifiant les propriétés physico-chimiques de l'environnement.

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[24] 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),
- Des impacts de mise en œuvre de bases chantier aux abords de l'Aéroport d'Orly (servitudes particulières de l'Aéroport d'Orly),
- Des impacts liés à l'approvisionnement de la base chantier Pistes-Orly.

Ces trois aspects sont abordés successivement dans le présent chapitre.

6.3.1.1. Proximité d'installations classées avec les chantiers

Les ICPE soumises à autorisation contiennent le « risque » lié à leur activité au sein du périmètre physique de l'activité ; les impacts sont présents au sein du site ICPE uniquement. Ainsi, les installations ICPE présentant de réelles contraintes sont celles situées en proximité immédiate du tracé (soit à une distance inférieure à 50 m).

Les installations SEVESO, quant à elles, admettent des périmètres de vigilance plus larges (que les emprises du site exploité) variant selon les caractéristiques de l'installation (sauf règlement spécifique).

Le rapport 1/3 de l'état initial fait la présentation illustrée de ce propos. Le lecteur s'y réfèrera en cas de besoin.

[24] ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

En ce qui concerne la Ligne 14 Sud, il convient de noter que :

- Plusieurs ICPE s'inscrivent au sein du fuseau de la Ligne 14 Sud,
- Une seule ICPE s'inscrit à moins de 200m autour d'une gare, en l'occurrence la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital. Il s'agit de l'établissement CPCU Kremlin-Bicêtre,
- Une seule ICPE est situé à proximité d'un ouvrage annexe. Il s'agit de la station Total – Relais Italie principal, implantée à moins de 100m de l'OA Paul Bourget.

Les impacts liés aux ICPE sont à considérer en proximité des activités puisque les zones à risques ne dépassent pas les limites de parcelles de ces dernières.

Aussi, en raison de la distance séparant le tunnel (et ses émergences) de la Ligne 14 Sud et les sites d'implantation des ICPE, l'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est considéré comme nul.

Installations SEVESO SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION

Les travaux réalisés dans le cadre de l'état initial (rapport 1/3) ont permis d'identifier 2 sites SEVESO :

- L'un seuil bas (SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION à Paray-Vieille-Poste),
- L'autre seuil haut (SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION à Athis-Mons).

Caractéristiques sommaires des sites SEVESO

SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION à Paray-Vieille-Poste	***SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION à Athis-Mons***
Situé à : - 400m à l'Est de l'OA Pistes-Orly - 700m au Sud-Est de la gare Aéroport d'Orly	Situé à 3km du tunnel
Seuil Bas	Seuil Haut avec servitudes
Typologie de risques : incendie, explosion, pollution principalement	Typologie de risques : incendie, explosion, pollution principalement
Protection réglementaire : POI[25], PPI[26] Aucun des zonages réglementaires n'interdit la construction d'équipements aux abords du site	Protection réglementaire : PPRT[27], POI, PPI Un zonage réglementaire aux abords du site contraint les aménagements urbains

Nota : 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

[25] POI : Plan d'Organisation Interne de l'industriel
[26] PPI : Plan Particulier d'Intervention du Préfet
[27] PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

En raison de la distance séparant les deux sites et la Ligne 14 Sud, aucun zonage réglementaire amenant des prescriptions d'aménagement n'est en interaction avec les ouvrages du projet.

L'impact direct potentiel de ces installations sur le projet apparaît nul, que ce soit en considérant les incidences :

- Du réseau de transport sur les sites SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION de Paray-Vieille-Poste et Athis-Mons,
- Des sites SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION de Paray-Vieille-Poste et Athis-Mons sur le réseau de transport et ses ouvrages annexes.

6.3.1.2. 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[28] 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.

6.3.1.3. Prise en compte des servitudes aéronautiques liées à l'aéroport d'Orly

D'après le code de l'aviation civile, des servitudes aéronautiques sont instituées pour la protection de la circulation aérienne (servitude de dégagement). Ces servitudes de dégagement de l'aéroport d'Orly sont instituées par décret du 5 juin 1992. De même que pour les servitudes radioélectriques, celles-ci limitent le droit d'utiliser le sol. En effet, elles impliquent une interdiction de créer des obstacles fixes (permanents ou temporaires), susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne.

Le tracé de la Ligne 14 Sud traverse l'aéroport d'Orly où plusieurs servitudes réglementaires d'aménagement ont été identifiées au stade de l'état initial :

- Servitudes de protection des signaux de communications,
- Servitudes aéronautique de dégagement.

[28] *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…)*

Servitude de protection des signaux de communication

Les servitudes de protection des signaux de communication réglementent l'occupation du sol temporaire et permanente dans des zones spécifiques d'émission.

Pour rappel des éléments identifiés au sein du rapport 1/3, ces zones se localisent en plusieurs points de la plateforme aéroportuaire de l'Aéroport d'Orly et admettent des périmètres réglementaires d'aménagement dits de dégagement primaires et secondaires (les schémas des périmètres sont proposés dans le rapport 1/3).

Les obligations imposées par la présence de ces zones de servitudes sur les droits d'utilisation des sols sont de plusieurs ordres :

- Interdiction dans la zone primaire de créer des excavations artificielles, de créer tout ouvrage métallique fixe ou mobile, des étendues d'eau et de liquide de toute nature, ayant pour résultat de perturber le fonctionnement d'un centre de sécurité aéronautique notamment,
- Limitation dans les zones primaires et secondaires et dans les secteurs de dégagement, de la hauteur des obstacles. Cette limitation renvoie aux servitudes aéronautiques de dégagement. De fait, ce point est abordé au sein de l'autre servitude analysée, ci-après,
- Interdiction dans la zone spéciale de dégagement de créer des constructions ou des obstacles au-dessus d'une ligne droite située à 10m au-dessous de celle joignant les aériens d'émission sans, cependant, que la limitation de hauteur imposée puisse être inférieure à 25m.

La liste des ouvrages s'implantant dans les zonages des centres émetteurs de signaux est dressée ci-dessous.

Identification des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'Aéroport d'Orly

Ouvrages de la Ligne 14 Sud inclus dans un périmètre spécifique	*Périmètre spécifique*
OA Hochdorf	Zone secondaire de dégagement
Gare M.I.N. Porte de Thiais	Zone secondaire de dégagement
OA Alouettes	Zone secondaire de dégagement
Gare Pont de Rungis	Zone secondaire de dégagement
OA Europe	Secteur de dégagement
OA Union/RN7	Zone primaire de dégagement
Gare Aéroport d'Orly	Secteur de dégagement

Ouvrages de la Ligne 14 Sud inclus dans un périmètre spécifique	***Périmètre spécifique***
OA Pistes-Orly	Zone secondaire de dégagement
OA Sud-Orly	Zone primaire de dégagement
Tranchée couverte puis ouverte à l'approche du SMR Morangis (puits de sortie du tunnelier en phase chantier)	Zone secondaire de dégagement

Ainsi :

- Deux ouvrages s'inscrivent au sein de la zone primaire de dégagement (OA Union/RN7 et OA Sud-Orly),
- Six ouvrages s'inscrivent au sein de la zone secondaire de dégagement (OA Hochdorf, Gare M.I.N. Porte de Thiais, OA Alouettes, Gare Pont de Rungis, OA Pistes-Orly, Tranchée couverte puis ouverte à l'approche du SMR Morangis),
- Deux ouvrages s'inscrivent dans le secteur de dégagement (OA Europe et Gare Aéroport d'Orly).

Le projet entraine donc la création de deux ouvrages dans une zone primaire où il est interdit de créer des excavations artificielles et des ouvrages métalliques fixes ou mobiles ayant pour résultat de perturber le fonctionnement d'un centre d'émission.

Or, la réalisation des deux OA Union/RN7 et Sud-Orly se traduira pas des excavations ainsi que par la présence de matériels métalliques susceptibles de perturber le fonctionnement d'un centre.

L'impact apparait donc fort durant la phase chantier en raison des aménagements aériens nécessaires pour la construction des OA Union/RN7 et Sud-Orly dans les zones primaires de dégagement.

Servitude aéronautique de dégagement

Les servitudes aéronautiques de dégagement d'Orly couvrent un large territoire au Sud de Paris. Aussi, tous les ouvrages situés au Sud de la commune de Villejuif s'inscrivent au sein de la zone aéronautique de dégagement.

Au sein de cette zone, et pour rappel du rapport 1/3, la servitude entraîne deux interdictions principales :

- Interdiction de créer ou obligation de modifier, voire de supprimer, des obstacles fixes (permanents ou non permanents) susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne ou nuisibles au fonctionnement des dispositifs de sécurité établis dans l'intérêt de la navigation aérienne,
- Interdiction de réaliser sur les bâtiments ou les autres ouvrages frappés de servitudes aéronautiques des travaux de grosses réparations ou d'amélioration exemptés du permis de construire sans autorisation de l'autorité administrative.

Ces interdictions s'entendent sur la base du plan de la servitude de dégagement de l'aéroport, indiquant les limites maximales constructibles.

Ouvrages proches des pistes d'Orly :

Les ouvrages émergents les plus proches de la piste Sud d'Orly (OA Pistes-Orly et OA Sud-Orly) s'inscrivent dans une zone où les constructions ne doivent pas être supérieures à 15m au-dessus du TN.

Or :

- La construction de ces OA ne nécessitera visiblement pas l'emploi de matériels de constructions de ce gabarit,
- Les OA seront à même le sol en phase exploitation.

Ainsi, au stade d'avancement des études, il semble que l'impact de la mise en œuvre des OA Pistes-Orly et Sud-Orly sur cette servitude soit nul.

La hauteur des matériels de construction permettant la réalisation des deux OA sera toutefois à confirmer lors des phases successives d'étude (AVP).

Autres ouvrages :

Les autres ouvrages de la Ligne 14 Sud en corrélation avec la servitude aéronautique de dégagement sont positionnés dans des zones où les hauteurs maximales de constructions sont importantes alors que ces derniers présenteront un gabarit de quelques mètres à une dizaine de mètres de hauteur.

L'impact de la mise en œuvre des ouvrages de la ligne compris dans la zone aéronautique de dégagement d'Orly est nul sur cette servitude.

Conclusion :

Hors hauteurs des matériels et engins de construction nécessaire au deux OA Pistes-Orly et Sud-Orly (qui seront précisés lors des phases suivantes de conception), le projet est compatible avec la servitude aéronautique de dégagement d'Orly.

L'impact est faible à nul.

6.3.1.4. Mise en œuvre et alimentation en matériaux de la base chantier de l'OA Pistes-Orly

Les impacts pouvant être produits concernent non seulement l'emprise aéroportuaire (effet direct) mais également la circulation sur les pistes de l'aéroport (effet indirect).

En effet, la phase chantier s'accompagnera nécessairement d'un apport supplémentaire de trafic :

- Poids lourds pour la livraison et l'évacuation des différents matériaux et matériels,
- Circulation des engins nécessaires à l'avancement du chantier.

Les engins et poids lourds devront nécessairement emprunter les pistes de l'aéroport d'Orly, perturbant le trafic aéroportuaire suivant les horaires d'intervention, puisqu'en effet, la localisation de la base chantier dédiée à l'OA Pistes-Orly s'inscrit entre les pistes du tarmac de l'aéroport.

L'impact sur le trafic aérien et donc la circulation des avions sur les pistes est potentiellement fort.

6.3.1.5. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

- **Limitation de la hauteur des constructions temporaires et des équipements et engins de chantier**

En phase chantier, la problématique de limitation de hauteur concerne les installations temporaires et les engins nécessaires aux constructions (exemple des grues).

Un nécessaire processus de consultation des services de la DGAC[29] sera à engager par la Société du Grand Paris, dès les phases d'études post-DUP.

La démarche devra permettre de déterminer le mode opératoire du chantier pour les OA Pistes-Orly et Sud Orly, situés en proximité de la piste Sud d'Orly et donc dans la zone la plus contraignante de la servitude aéronautique de dégagement de l'aéroport (hauteur maximale des obstacles permanents ou temporaires de l'ordre de 15m au-dessus du TN).

Pour les autres ouvrages de la ligne, le problème ne se posera pas.

Mesures de réduction

- **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 y formeront leurs agents.

Lors des travaux de réalisation de l'infrastructure, chaque entreprise devra informer les employés des risques existants sur site, liés à l'utilisation des engins.

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.

- **Gestion de deux situations de crise concomitantes**

La gestion des gares et ouvrages présents dans les différentes zones de dégagement nécessite des dispositions particulières permettant de concilier les impératifs de fonctionnement et de sécurité de l'activité aérienne et le projet de construction de la Ligne 14 Sud.

La situation extrême à analyser est le cas où deux incidents majeurs se produiraient au niveau de l'aéroport et du tunnel.

Cette analyse doit déboucher sur :

- La définition d'une procédure de gestion de crise qui devra être mise en œuvre par chaque gestionnaire, de manière concertée.
- Des adaptations du projet à ces contraintes :
  - Les voies d'issues de secours afin de limiter le cheminement des intervenants sur site d'une zone d'incident vers une autre zone d'incident,
  - Une mutualisation des moyens de secours.

- **Sécurisation des travaux concernant le chantier sur l'OA Pistes-Orly**

Afin de réduire les impacts engendrés sur le trafic et l'emprise aéroportuaire lors de la phase travaux, les mesures suivantes pourront être mises en place :

- Un plan d'installation de chantier sera établi afin d'organiser le stationnement des véhicules de chantier de manière à ne pas gêner la circulation autour de l'emprise de la base chantier,
- L'apport de matériaux sur le chantier sera optimisé afin de réduire le trafic des poids lourds associés,
- Une personne chargée de la circulation sera mise en place pour réguler le trafic si cela s'avérait nécessaire (manœuvre d'un camion, ...),
- Le chantier sera organisé de manière à assurer une continuité d'exploitation et éviter le croisement de flux des passagers et du personnel de chantier,
- Les arrêts de fonctionnement des installations existantes, pour intervention, seront limités autant que possible en temps et en nombre,
- Les accès à la tour de contrôle et au bloc technique seront conservés pendant toute la durée du chantier, que ce soit pour l'accès du personnel et des véhicules de secours.

De manière générale, chaque intervention sera coordonnée avec les unités opérationnelles d'ADP.

Effets résiduels

Aucun impact résiduel n'est identifié.

[29] *DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile*

Mesures de compensation aux effets résiduels

Aucune mesure de compensation ne sera nécessaire.

Mesures de suivi dans le temps

- **Entretien des engins de chantier**

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 gérer en temps réel les incidents liés aux machines et limiter l'apparition d'un incident en cours de chantier lié à une défaillance du matériel et/ou des engins.

Cette mesure est a intégrée dans les dossiers de consultation des entreprises de travaux.

6.3.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques

Les impacts en phase d'exploitation du projet s'identifient comme :

- La proximité entre la Ligne 14 Sud et les installations à risque,
- Les incidents au sein de la Ligne 14 Sud,
- La concomitance de la Ligne 14 Sud avec d'autres réseaux.

6.3.2.1. Proximité d'ICPE avec le projet

L'impact direct correspond essentiellement à la présence d'activités à risque aux abords 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,
- Sites SEVESO (SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION de Paray-Vieille-Poste et d'Athis-Mons),

L'impact est nul concernant les installations ICPE et SEVESO, les périmètres de risques n'étant pas en interaction avec l'infrastructure puisque distantes du tunnel, des gares et des ouvrages annexes.

6.3.2.2. Incident et/ou accident au sein de la Ligne 14 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.

L'étude d'impact DUP n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 14 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.

6.3.2.3. Concomitance de la Ligne 14 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 14 Sud sont généralement rares mais 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, l'étude d'impact DUP n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 14 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.

6.3.2.4. Mesures d'accompagnement

Mesures d'évitement

- **Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance**

En cas d'évènement à risque survenu au sein sur la Ligne 14 Sud ou sur un système de transports en commun en correspondance avec la Ligne 14 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.

- **Intervention des services de secours**

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.

Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est identifié.

Mesures de compensation aux effets résiduels

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

Mesures de suivi dans le temps

- **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.

6.3.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase chantier

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Proximité des ICPE et sites SEVESO	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy » Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Ensemble du linéaire	Bases chantier des émergences	*Impact direct* Propagation de l'incident d'un site ICPE/SEVESO vers les bases chantier, ou inversement	Nul	*Evitement* Limitation de la hauteur des constructions temporaires et des équipements et engins de chantier *Réduction* - Information et formation du personnel concernant les risques sur site - Gestion de deux situations de crise concomitantes - Sécurisation des travaux concernant le chantier sur l'OA Pistes-Orly *Suivi* - Entretien des engins de chantier	néant	néant
Prise en compte des servitudes aéronautiques liées à l'aéroport d'Orly	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Secteurs aux abords de l'Aéroport d'Orly	Bases chantier des émergences (OA Europe/RN7, OA Sud-Orly)	*Impact direct* Interdiction de créer des obstacles susceptibles de constituer un danger pour la circulation	Fort			
Risque technologique lié aux activités de chantier	Indépendant des sections étudiées	Ensemble du linéaire	Bases chantier des émergences	*Impact direct* Risques pour les intervenants sur chantier	Non quantifiable			
Mise en œuvre et alimentation en matériaux de la base chantier de l'OA Pistes-Orly	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Aéroport d'Orly	Base chantier de l'émergence Pistes-Orly	*Impact direct* Perturbation du trafic aéroportuaire (passagers, frêt,..)	Potentiellement fort			

Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase d'exploitation

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Proximité des ICPE et sites SEVESO	Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy » Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Ensemble du linéaire	Bases chantier des émergences	*Impact direct* Propagation de l'incident d'un site ICPE/SEVESO vers les bases chantier, ou inversement	Nul	*Evitement* - Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance - Intervention des services de secours *Suivi* - Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents	néant	néant
Incident et/ou accident au sein de la Ligne 14 Sud et atteintes Concomitance de la Ligne 14 Sud et des autres réseaux de transport de voyageurs en correspondance	Indépendant des sections étudiées	Ensemble du linéaire	Ouvrages recevant des usagers et des intervenants en phase exploitation	A définir au sein des dossiers de sécurité de l'exploitation du système	Non quantifiable			

6.3.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

6.3.4.1. 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 post-DUP
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 : - Dossier d'autorisation - Dossier d'enregistrement - 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

6.3.4.2. 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 14 Sud
Intervention des services de secours	Intégré à l'exploitation de la Ligne 14 Sud
Gestion anticipée de deux situations de crise concomitantes	Intégré à l'exploitation de la Ligne 14 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

6.4. Environnement sonore

L'objectif de cette analyse est d'évaluer les impacts sonores liés au projet de prolongement de la ligne de métro existante 14 à partir de la station Olympiades à Paris jusqu'à l'Aéroport d'Orly et son site de maintenance (SMR Morangis).

En dehors du bruit solidien traité dans le chapitre relatif aux vibrations, les principaux impacts sonores prévisibles de la Ligne 14 Sud où le métro est en souterrain, sont liés :

- A la phase chantier en raison du bruit généré par les travaux (engins, camions, techniques spécifiques de réalisation des ouvrages,…)

- A la phase exploitation, notamment au niveau du bruit généré par les équipements techniques des ouvrages annexes du métro (gares, puits) et le SMR.

- Indirectement, à une modification du bruit généré par le réseau viaire puisque la mise en œuvre de la Ligne 14 Sud aura un impact sur la répartition des flux d'usagers.

6.4.1. Rappel des sites sensibles identifiés dans l'état initial

L'analyse de l'état initial a permis d'identifier les zones au sein du fuseau de la Ligne 14 Sud sensibles à un éventuel impact sonore du projet dans le rapport 1/3. Les zones présentant les plus forts enjeux en dehors du respect des valeurs limites réglementaires sont rappelées ci-après.

Secteurs concernés	*Niveau d'enjeu*
Section Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy	Secteur en partie impacté par le bruit routier
	Zones calmes au niveau du cimetière de Thiais, et de petits parcs urbains. Présence d'établissements hospitaliers
	Présence d'habitat dense
Section Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis	Présence d'habitat dense
	Présence d'établissements sensibles hospitaliers
	Présence du parc urbain des hautes Bruyères
	Présence sur la partie sud de cette section de zones d'activités non sensible
Section Pont de Rungis – SMR Morangis	Passage à proximité d'une zone pavillonnaire
	Secteur non sensible lié aux activités aéroportuaires et aux usages agricoles des parcelles

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

6.4.2. Rappel des textes réglementaires applicables au projet

Les textes réglementaires relatifs au bruit des transports et à leur évaluation sont détaillés dans le rapport 1/3. Les réglementations présentées ci-après ne concernent que celles qui sont directement applicables au projet de métro de la Ligne 14 Sud.

6.4.2.1. Réglementation pour le bruit des infrastructures ferroviaires

L'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires est présenté dans le rapport 1/3. Il précise des valeurs limites de niveaux sonores à respecter dans en environnement pour une nouvelle infrastructure ferroviaire. Cependant la Ligne 14 Sud est souterraine et n'émet pas de bruit à l'extérieur. Par conséquent cet arrêté n'est pas applicable pour la Ligne 14 Sud.

En revanche l'article R571-44 du code de l'environnement ne fait 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.

6.4.2.2. Réglementation pour le bruit des installations classées

Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées

Hors exception (carrières, élevages d'animaux, industrie verrière ou papetière), une installation classée est une installation soumise à autorisation ou déclaration, il peut donc s'agir aussi bien d'une activité que d'un équipement technique comme un ventilateur de tunnel par exemple[30].

Dans le cadre de la Ligne 14 Sud cette réglementation est donc applicables pour l'ensemble des équipements techniques (phase chantier et phase exploitation) ainsi que pour le SMR Morangis.

Les valeurs limites de bruit applicables aux installations classées sont les suivantes :

- En limite de propriété de l'installation classée ou de l'activité en cause, les valeurs fixées par l'arrêté du 23 janvier 1997 ne peuvent excéder :
  - 70 dB(A) pour la période de jour 7h-22h (période diurne)
  - 60 dB(A) pour la période de nuit 22h-7h (période nocturne),

- Au droit des zones à émergence réglementée (logements, établissements de santé ou scolaire, bureaux, activités tierces à l'exclusion des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles) :

[30] *Voir définition précise de l'Article L. 511-1 du code de l'environnement*

Emergences[31] 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 allant de 7heures à 22heures sauf dimanche et jours fériés***	***Emergence admissible pour la période 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)

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée[32], 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 manière simple et à titre d'exemple, si une ICPE s'inscrit dans une zone d'ambiance sonore de 40 dB(A) de moyenne en période de jour, le niveau sonore global avec l'ICPE en fonctionnement ne pourra pas excéder 6 dB(A) de plus, soit 46 dB(A) et devra au besoin prendre les dispositions nécessaires (protections phoniques adaptées) pour limiter le bruit qu'elle génère.

6.4.2.3. Réglementations applicables aux chantiers de la Ligne 14 Sud

Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage

Les installations classées utilisées dans le cadre des travaux sont soumises à l'arrêté du 23 janvier 1997 précisé ci-dessus, mais aussi au décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires).

Celui-ci n'impose pas de valeurs limites pour les autres 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. »

Enfin, spécifiquement pour les chantiers, le Décret 95-22 du 9 janvier 1995 [33] précise qu'un 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 entre autres comporter :

- La nature du chantier

- La durée prévisible

- Les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances

Directives « machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE

Les machines sont quant à elles soumises aux directives « machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE dont les valeurs limites sont précisées dans la suite du rapport.

Autres réglementations applicables

Le chantier doit également respecter les éventuels arrêtés municipaux ou préfectoraux sur les bruits de chantier ainsi que toute décision prise par les autorités compétentes concernant les nuisances sonores de ce chantier spécifique. Tous les comportements qui sont anormalement bruyants par rapport à l'activité habituelle du chantier doivent aussi être évités.

---

[31] 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 ($E_{mergence}$ = LAeq (Niveau sonore avec source) – LAeq Niveau de bruit de fond (hors source))
[32] La tonalité marquée est définie à l'annexe 1.9 de l'arrêté du 27/01/1997. Elle correspond à une bande fréquence qui a un niveau sonore en dB beaucoup plus élevé dans le spectre 1/3 octaves que les autres bandes fréquences adjacentes et se traduit en général par une sensation de sifflement ou de bourdonnement de la source de bruit.
[33] Décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres –article 8

6.4.2.4. Synthèse des contraintes réglementaires en matière de bruit pour le projet

Référence réglementaire	Enjeux	Principaux objectifs[34]	Ouvrage concerné
Arrêté du 23 janvier 1997	Respecter les niveaux de bruit particulier maximum fixés en limite de propriété	70 dB(A) en période de jour 60 dB(A) en période de nuit	- Puits de ventilation - Gare (équipements techniques) - SMR Morangis - Chantiers (équipements techniques)
	Respecter les Emergences limites fixées au droit des ZER[35]	+ 5 dB(A) en période de jour + 3 dB(A) en période de nuit	- Puits de ventilation - Gare (équipements techniques) - SMR Morangis - Chantiers (équipements techniques)
Directives «machines» 2005/88/CE 2006/42/CE	Limiter les nuisances sonores pour les riverains	Respect de niveaux maximums fixés par la communauté européenne	Engins et matériels de chantier
Art. R. 1334-36. Du Décret du 31 août 2006	Limiter les nuisances sonores pour les riverains	Respecter les conditions fixées par les autorités Prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit Ne pas avoir de comportements anormalement bruyants	Chantiers
Décret 95-22 du 9 janvier 1995	Limiter les nuisances sonores pour les riverains	Déposer un dossier d'information au moins 1 mois avant le début du chantier comprenant : - La nature du chantier - La durée du chantier - L'évaluation des nuisances et les mesures prises pour les réduire	Chantiers

[34] *En cas de contradiction, les objectifs les plus contraignants sont à prendre en compte*
[35] *zones à émergence réglementée, voir chapitre précédent*

6.4.3. Impacts et mesures du projet en phase chantier concernant l'environnement sonore

Comme tout chantier d'envergure, la réalisation des travaux est susceptible de produire des nuisances sonores pour les riverains.

Dans le cadre des travaux de la Ligne 14 Sud, trois aspects sont cependant à considérer :

- La majeure partie des travaux sera réalisée en souterrain, ce qui minimise *a priori* l'incidence sonore du chantier, mais implique la mise en place d'équipements pouvant produire une gêne sonore modérée pour les riverains au niveau du puits d'accès au chantier souterrain
- Les travaux des ouvrages émergents seront réalisés au moins partiellement à ciel ouvert, une gêne auditive va résulter de l'emprise chantier, en particulier de l'intervention et de la circulation des engins de terrassement et de génie civil.
- Le transport des matériaux nécessaires à la construction et des déblais des terrassements est également susceptible d'engendrer une augmentation des niveaux sonores et l'émergence de bruits particuliers (avertisseur de recul des engins et camions, klaxons, moteurs thermiques, chocs métalliques…) à proximité des zones habitées. Le puits d'accès du tunnelier est particulièrement concerné à cause des quantités très importantes de déblais à évacuer.

6.4.3.1. Impacts et mesures liés à la construction du tunnel de la ligne 14 Sud

Les travaux relatifs au tunnel sont essentiellement effectués en souterrain, ce qui réduit fortement les nuisances sonores potentielles.

Le creusement du tunnel avec la technique du tunnelier ne présente pas d'impact sur les niveaux sonores en surface.

Seule une portion locale de tunnel est réalisée en tranchée depuis la surface, au niveau de la rampe d'accès au SMR Morangis.

Ce secteur est situé en zone agricole et à proximité immédiate de l'aéroport d'Orly. Si ce chantier générera des nuisances sonores, l'absence d'enjeux réduit complétement les impacts.

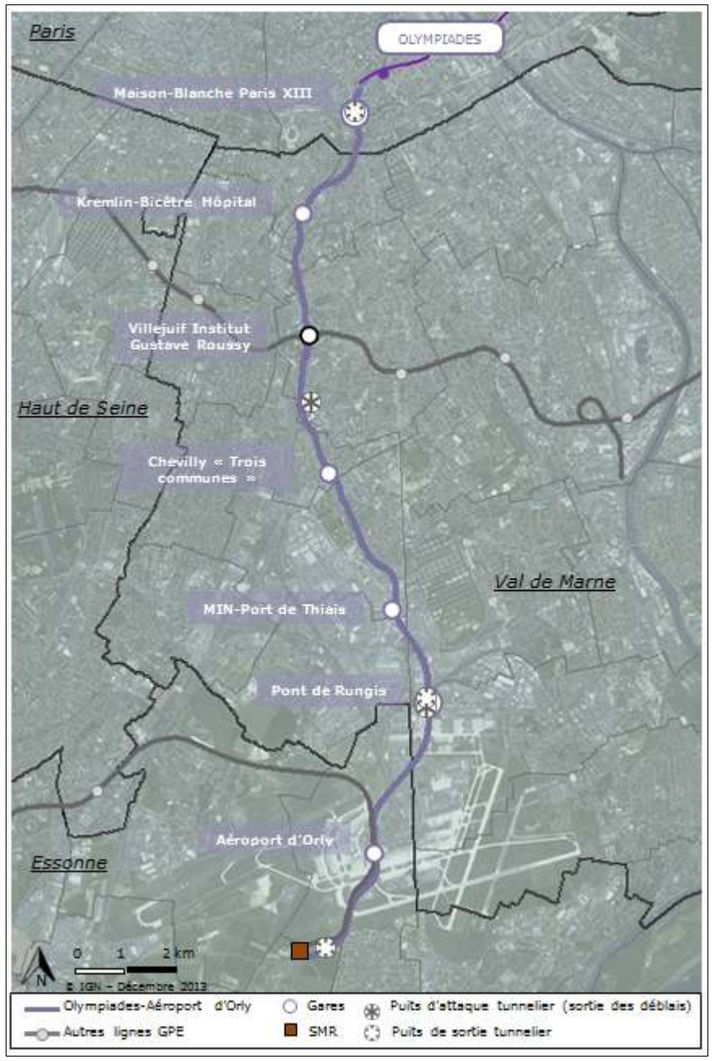
La construction de la section en tranchée ne présente pas d'impact sur le bruit.

6.4.3.2. Impacts et mesures liés au fonctionnement des puits de départ des tunneliers

Les puits de départ des tunneliers représentent des zones sensibles puisque les déblais issus du creusement sont sortis par ces puits et évacués vers l'extérieur. Ces opérations peuvent potentiellement participer à l'augmentation du niveau de bruit.

Le projet de la ligne 14 Sud comprend 2 puits de départ :

- Puits de départ OA Jean Prouvé
- Puits de départ Pont de Rungis



Localisation des puits d'attaque et de sortie du tunnelier, et des gares pour de la Ligne 14 Sud

Puits de départ OA Jean Prouvé :

Le puits de départ OA Jean Prouvé se situe dans une zone de friche boisée à proximité des jardins familiaux.

Projet de puits de départ de tunnelier OA Jean Prouvé

Le puits de départ est entouré par une activité logistique, des activités industrielles, et des habitations situées à 250 mètres environ.

L'impact du puits de tunnelier OA Jean Prouvé est considéré comme modéré, du fait de la présence d'habitations.

Mesures prévues pour ce site :

- **Choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains**
- **Choix d'installer une bande transporteuse pour évacuer les déblais** vers un site au Nord directement connecté avec l'autoroute A6 : cette solution permet d'éviter 140 camions par jour au niveau de la zone de l'OA Jean Prouvé, et donc au niveau des rues de l'Haÿ-les-Roses et de Villejuif.
- **Localisation de la bande transporteuse au Nord de la zone chantier, la plus éloignée possible des habitations.**
- **Mise en place de mesures de protection sonore dans le cadre des aménagements paysagers prévus entre le puits de départ OA Jean Prouvé et les habitations** : ces aménagements permettront de réduire le niveau sonore pour les riverains (palissade anti-bruit…). Cette mesure sera définie précisément dans le cadre des études ultérieures (Avant-Projet).

Ecran modulable

Ecran en bois

Exemples de panneaux anti-bruits

L'atténuation apportée par des panneaux anti-bruit peut aller de 5 à 20 dB(A) selon la configuration du site et le type de panneaux choisis. Pour optimiser l'efficacité des écrans anti-bruit, il est important que ceux-ci ne présentent aucune ouverture au niveau du sol.

- **Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet** (détaillées à la rubrique suivante)

Puits de départ Pont de Rungis :

Le puits de départ Pont de Rungis est situé sur le parking Air France, dans la zone d'activités industrielles SENIA Sud. Le puits de départ servira à la fin de la phase de creusement à constituer la gare de Pont de Rungis de la future ligne 14 Sud. Ce choix permet de mutualiser les chantiers.

Ce puits de départ est issu des dernières déclarations du gouvernement pour une mise en service totale de la ligne 14 Sud en 2024.

Puits de départ de tunnelier Pont de Rungis

Le puits de départ est entouré par le faisceau ferré, une activité de parking, les locaux d'activités d'Air France, et quelques habitations « Cité Jardin » d'Orly situées à 200 mètre environ.

L'impact du puits de tunnelier Pont de Rungis est considéré comme modéré, du fait de la présence d'habitations.

Mesures prévues pour ce site :

- **Choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains**
- **Mise en place de mesures de protection** entre le puits de départ et les habitations pour réduire le niveau sonore pour les riverains. Ces protections seront définies de manière précise dans le cadre des études à venir (Avant-Projet).
- **Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet** (détaillées rubrique suivante)

6.4.3.3. Impacts et mesures liés à la construction des gares

Si la localisation des puits de départ des tunneliers a pu être déterminée pour retenir des sites d'implantation éloignés des habitations afin d'éviter des nuisances sur les personnes, les gares et les ouvrages de sécurité sont situés au niveau des zones urbaines afin d'assurer à terme des dessertes efficaces et un usage adapté aux besoins. La problématique des nuisances sonores représente donc un enjeu important qu'il convient d'étudier et de traiter.

Les nuisances sonores induites par le chantier des ouvrages sont susceptibles de varier pour chaque site en fonction de différents paramètres :

- La méthode de construction,
- Les engins et équipements de chantier,
- La durée du chantier,
- La distance du chantier par rapport aux riverains,
- L'environnement sonore existant avant travaux.

En termes de bruit, les incidences les plus importantes à prévoir seront les périodes d'utilisation des engins et équipements techniques lors des phases suivantes :

- Travaux préparatoires (dont démolitions éventuelles),
- Travaux de terrassement et de fouilles à ciel ouvert,
- Travaux de gros œuvre,
- Dans une moindre mesure, travaux de second-œuvre (finitions).

À titre indicatif, le tableau suivant donne les niveaux de bruits moyens prévisibles pour un chantier-type pendant les principales phases du chantier et sans obstacle entre le chantier et le récepteur.

Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier selon les différentes phases de travaux (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 engins et équipements de chantiers :

Les sources de bruit à l'origine des principales nuisances sonores potentiellement générées par les chantiers sont les suivantes :

- Engins de chantier usuels (pelleteuses, chargeuses, brise béton, tracteurs, grues…)
- Engins de chantier spécifiques à la construction de métro (machine à attaque ponctuelle, pompe acheminement du béton à haut débit, centrale à béton, système d'évacuation/de traitement des boues, installation de traitement des eaux de chantier et d'exhaure ventilation, grue à tour…)
- Équipements techniques (compresseurs, groupes électrogènes,…)
- Outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses,…)

Ces sources font l'objet de réglementations strictes en matière de bruit.

Durée des chantiers :

La gêne sonore induite dépend donc non seulement du système constructif, mais aussi de la durée des travaux.

En ce qui concerne les gares et ouvrages annexes, les durées de chantier estimées varient en moyenne de 20 à 48 mois, mais peuvent être plus longues selon l'occupation de l'emprise et l'avancée du tunnelier.

A noter que les nuisances sonores en phase chantier sont des nuisances provisoires, de durées parfois longues, mais qui n'existeront plus une fois le projet en exploitation.

Autres sources sonores du chantier :

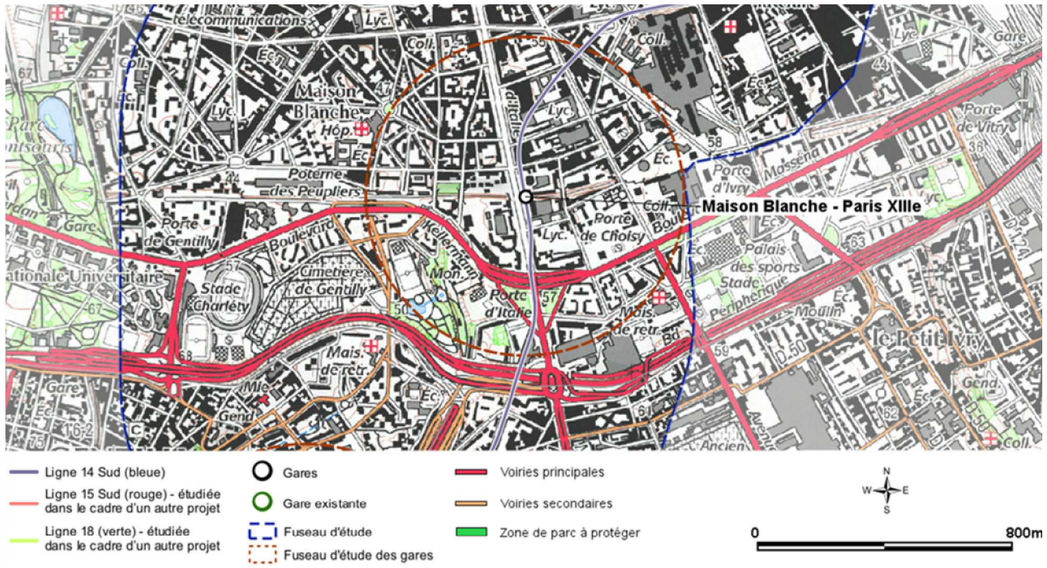
Les autres sources sonores existantes sur chantier sont difficilement quantifiables car il s'agit de bruits aléatoires. De par leur caractère généralement impulsif, ils sont cependant susceptibles de générer une gêne sonore non-négligeable pour les riverains. Ces autres sources sonores sont :

- Les cris et paroles des travailleurs sur chantier.
- Les bruits d'impacts des matières lors des déchargements/chargements des camions.
- Les bruits d'avertisseurs sonores type klaxon ou sirènes de recul…

Gare de Maison Blanche – Paris XIIIe :

La gare de Maison Blanche – Paris XIIIe se situe dans un quartier très urbanisé, impacté par le bruit des grands boulevards de Paris. Trois établissements de santé se trouvent à proximité de cette gare: l'hôpital privé des Peupliers, la clinique médicale du Château d'Herblay et l'hôpital Henri Ey. Le Jardin du Moulin de la Pointe située à 45m de l'emprise de chantier de la gare Maison Blanche - Paris XIIIe.

Sensibilité autour de la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe

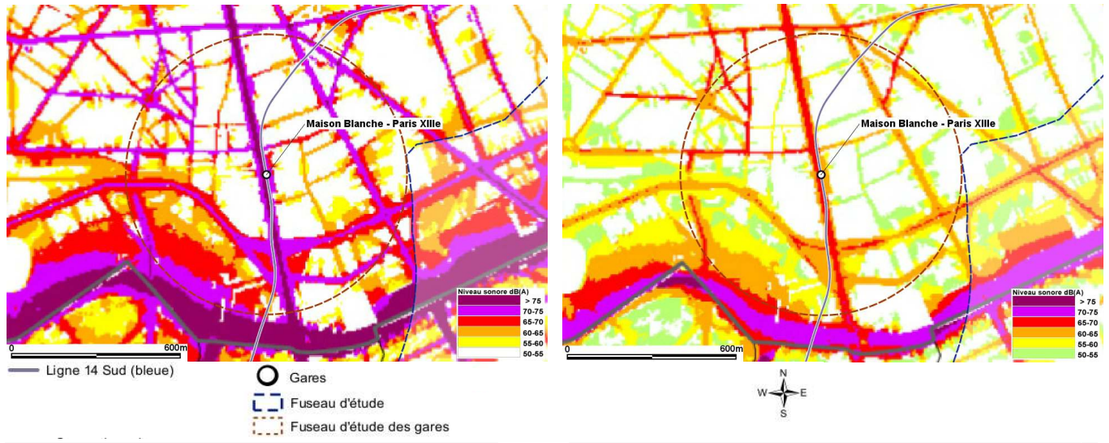


Incidences sonores des phases chantier – Maison Blanche – Paris XIIIe

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Impact global du chantier***
Terrassement Fondation		**Fort** malgré axe routier assez important car riverains situés à proximité
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site)		

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de Maison Blanche – Paris XIII, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Lden initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	≤ 20	*70*

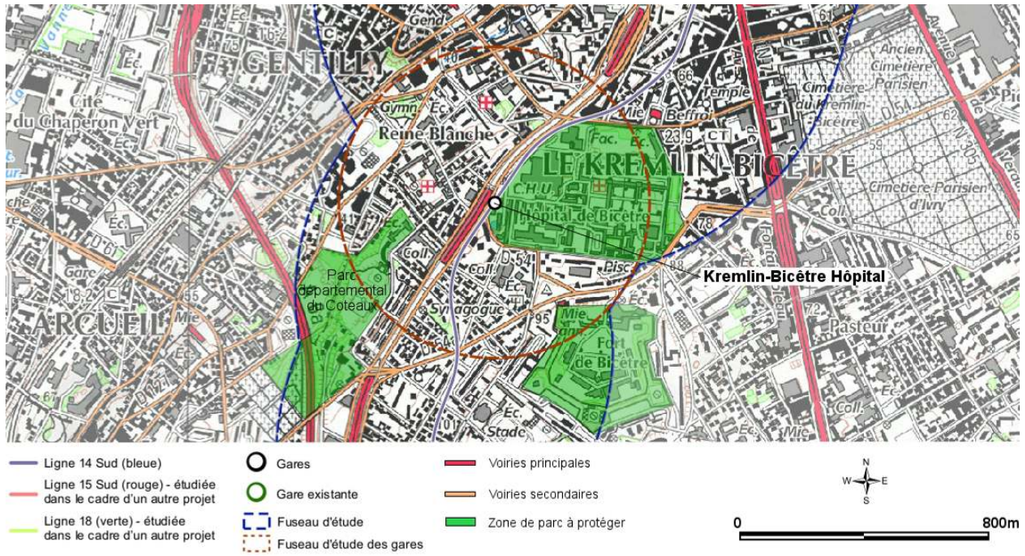
LN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Ln initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	≤ 20	*60*

Extraits des cartes de bruit routier existant pour la gare de Maison Blanche – Paris XIIIe et tableaux des riverains les plus proches– Période Lden et Lnight (paris.fr)

Gare Kremlin-Bicêtre Hôpital :

La gare Kremlin-Bicêtre Hôpital est située rue Gabriel Péri, entre l'autoroute A6B et le centre hospitalier universitaire de Bicêtre, dans la commune du Kremlin Bicêtre. A l'Est de la gare se trouvent les bâtiments du centre hospitalier universitaire de Bicêtre. Les habitations sont situées à l'Ouest de l'autre côté de l'autoroute A6B, rue Gabriel Péri et au Sud rue Séverine. Avec le recouvrement partiel de l'A6B, l'environnement sonore du quartier est amélioré.

Sensibilité autour de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

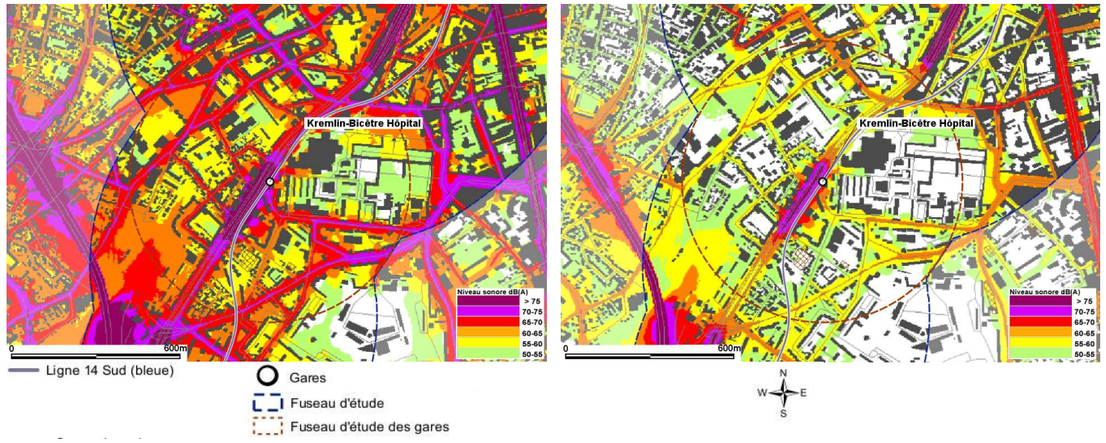


Incidences sonores des phases chantier – Kremlin-Bicêtre Hôpital

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Impact global du chantier***
Terrassement Fondation		**Fort** : Proche des riverains et du CHU de Bicêtre. Zone actuellement bruyante mais avec le recouvrement de l'A6B, les riverains seront plus sensibles au bruit du chantier de la gare
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site)		

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Lden initial en dB(A)**
CHU / Habitations les plus proches	*30*	*65*

LN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Ln initial en dB(A)**
CHU / Habitations les plus proches	*30*	*60*

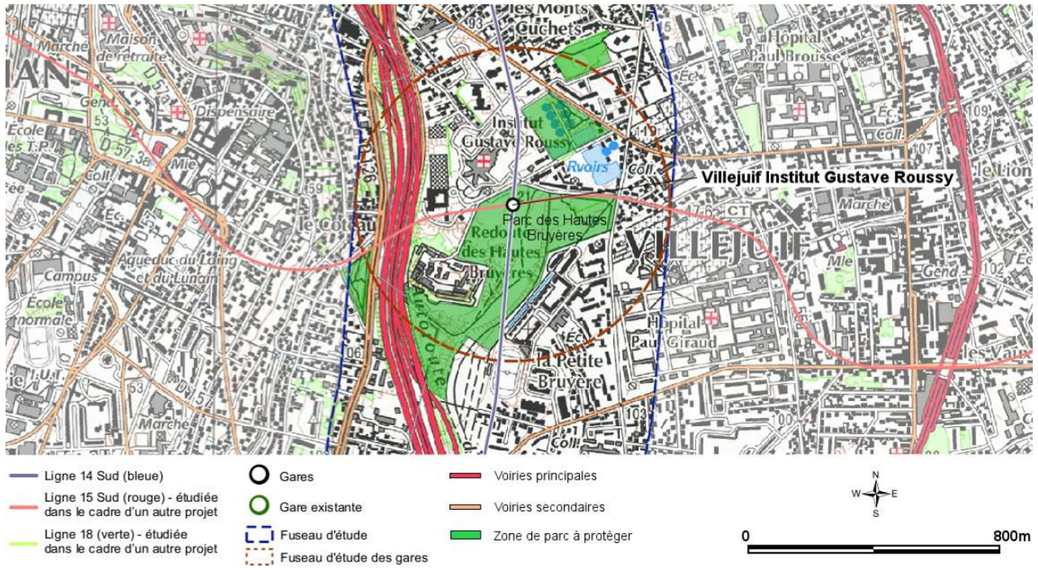
(*) en raison de la couverture récente de l'A6B, une correction de l'ordre de -5 dB(A) est à prendre en compte sur ces niveaux sonores

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital et tableaux des riverains les plus proches– Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

<u>Gare et ouvrages Villejuif Institut Gustave Roussy :</u>

Les zones d'équipements de santé sont nombreuses sur le site étudié. La santé des patients d'un tel complexe est plus sensible que celle de la plupart des riverains. L'établissement de santé Paul Guiraud et l'hôpital universitaire Paul Brousse se trouvent respectivement à environ 400m et à 750m de la gare. La gare est prévue sur le parc départemental des Hautes Bruyères, dans une zone qui fera l'objet par ailleurs d'un projet d'aménagement urbain.

Sensibilité autour de la gare et des ouvrages Villejuif Institut Gustave Roussy

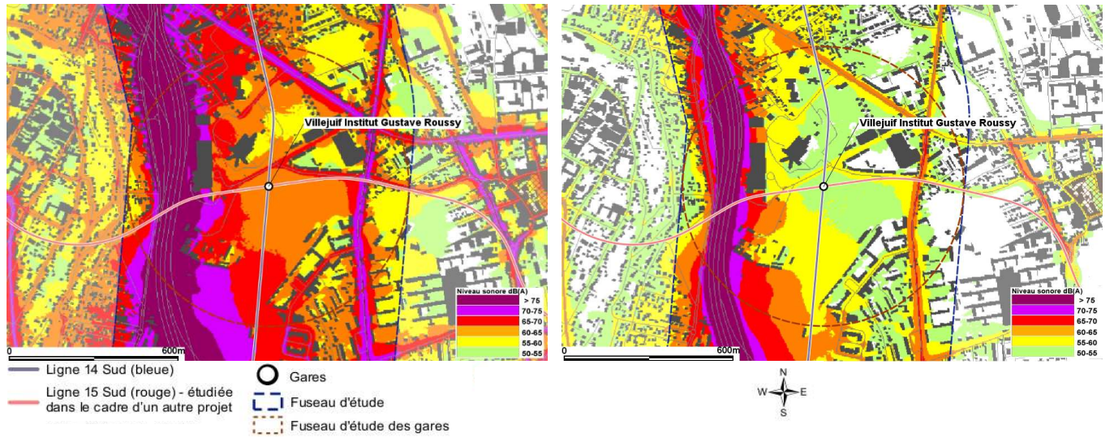


Incidences sonores phase chantier – Villejuif Institut Gustave Roussy

Incidences sonores des phases de chantier			
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Parc des Hautes Bruyères***	***Impact global du chantier***
Terrassement Fondation			**Modéré** lié au parc des Hautes Bruyères + durée et emprise importantes et proximité d'un établissement de santé
Gros œuvre			
Second œuvre			
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site)			

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Lden initial en dB(A)**
Institut médical (plus proche que les habitations)	*100*	*60*
Parc des hautes Bruyères	*-*	*60*

LN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Ln initial en dB(A)**
Institut médical (plus proche que les habitations)	*100*	*50*
Parc des hautes Bruyères	*-*	*50*

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Villejuif Institut Gustave Roussy et tableaux des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

Gare Chevilly « Trois Communes » :

Le quartier aux alentours de la future gare est à caractère résidentiel (pavillons et immeubles). Les riverains les plus proches sont situés dans la cité de l'Allée de la Plaine et dans la rue de Lallier. Le site actuel est déjà fortement impacté par le bruit des transports, en grande partie à cause de l'autoroute A6b. Le quartier Est de la gare est cependant plus calme.

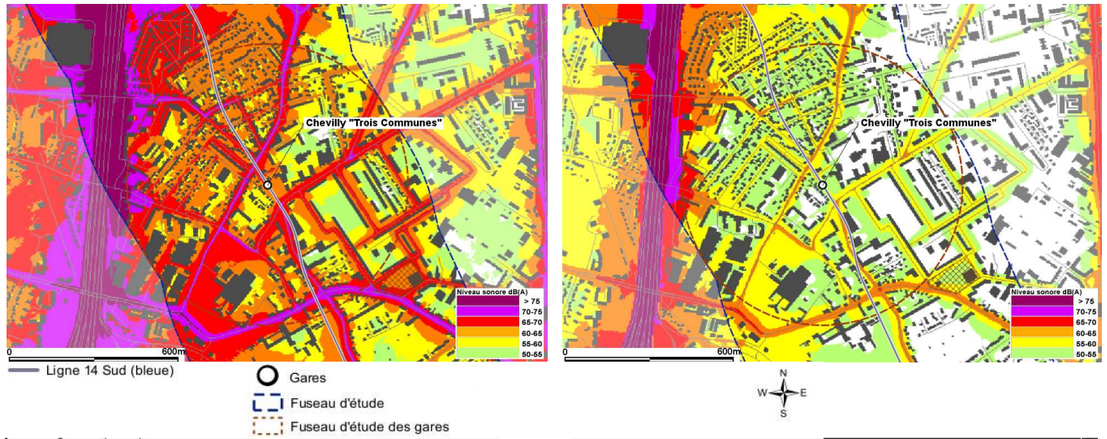
Carte de sensibilité autour de la gare Chevilly « Trois Communes »

Incidences sonores des phases chantier – Chevilly « Trois Communes »

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Impact global du chantier***
Terrassement Fondation		**Fort** : Situé dans une zone résidentielle à caractère pavillonnaire assez calme et relativement proche des riverains – en outre le chantier est prévu partiellement à ciel ouvert et des démolitions de bâtiments sont prévues
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site)		

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de Chevilly « Trois communes », il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Lden initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*30*	*65*

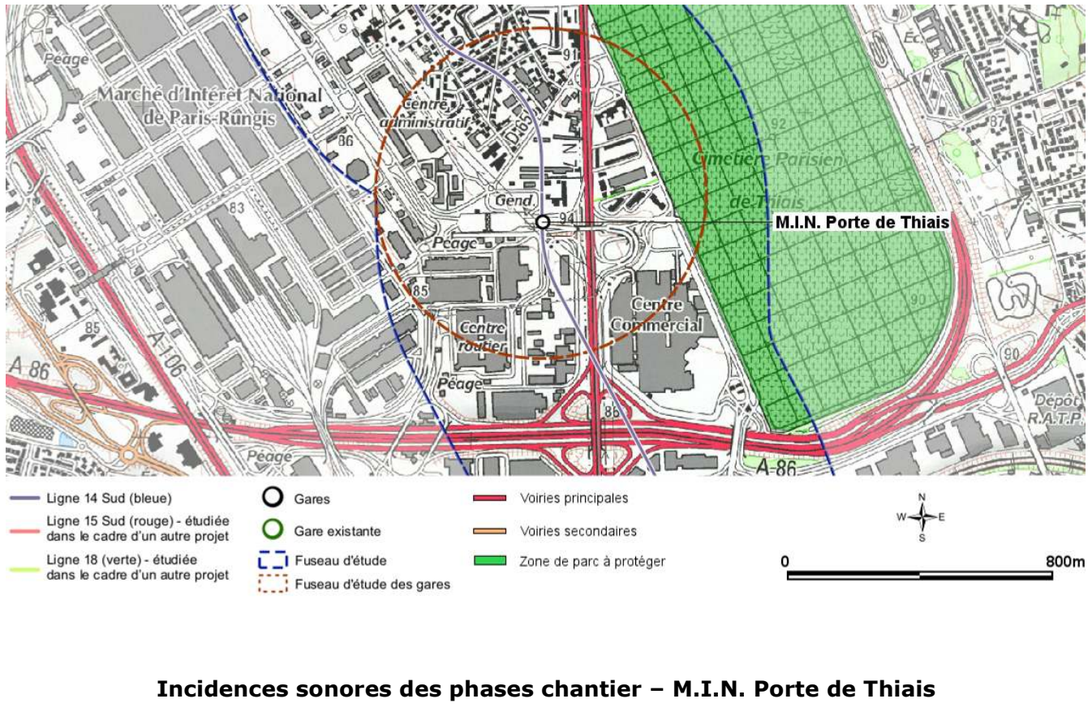
LN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Ln initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*30*	*50*

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Chevilly « Trois Communes » et tableaux des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

Gare M.I.N. Porte de Thiais :

La zone autour de la gare est constituée de trois zones distinctes : le marché de Rungis, le Centre Commercial Belle-Epine et le Cimetière de Thiais. La zone est déjà bruyante (proximité avec la D7 et l'autoroute A86) et présente un caractère à grande majorité commerciale avec le Marché de Rungis et le Centre Commercial Belle-Épine.

Carte de sensibilité autour de la gare M.I.N. Porte de Thiais

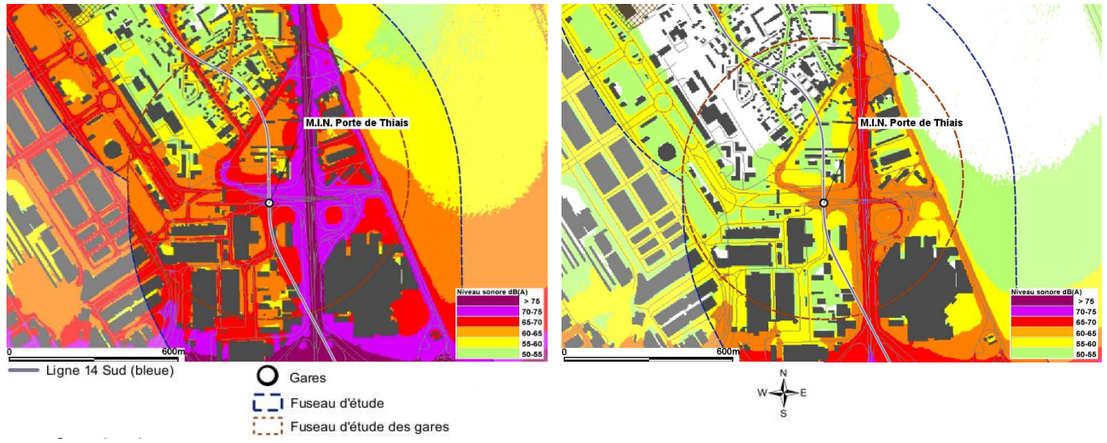


Incidences sonores des phases chantier – M.I.N. Porte de Thiais

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Impact global Du chantier***
Terrassement Fondation		**Modéré** : Proche de quelques immeubles d'habitation mais aussi d'axes routiers très bruyants
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi		

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de M.I.N. Porte de Thiais, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Lden initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*50*	*65*

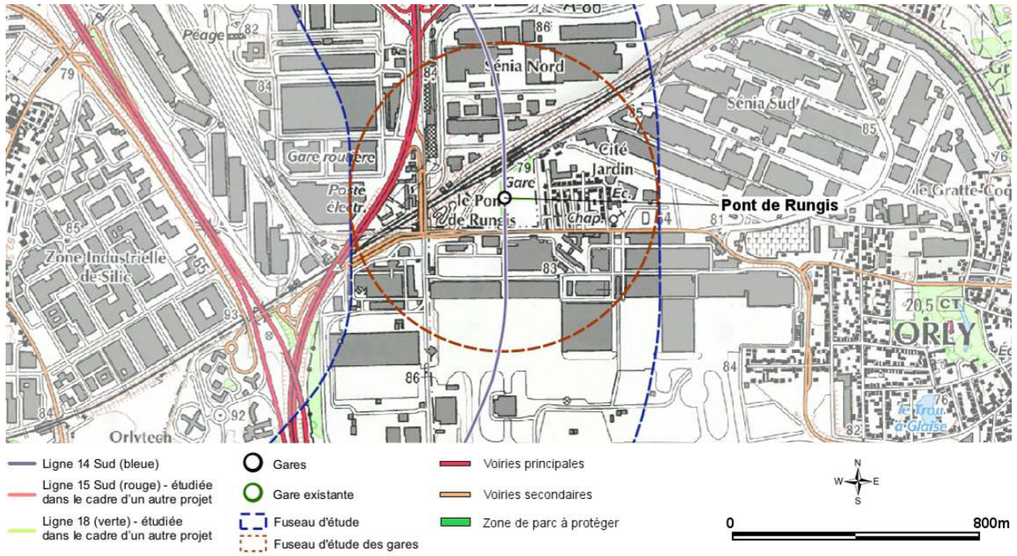
LN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Ln initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*50*	*55*

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare M.I.N. Porte de Thiais et tableaux des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

Gare Pont de Rungis :

La zone autour de la gare est surtout composée de grandes zones d'activités (SENIA, SOGARIS, Aéroport d'Orly). Une zone pavillonnaire le long de la route Charles Tillon est présente à l'Est de la gare, entre la zone SENIA Sud, l'aéroport d'Orly et les voies ferrées. La gare Pont de Rungis est prévue sur un parking privé, avenue du Docteur Marie au Sud de l'actuelle station de RER C Pont de Rungis, dans la commune de Thiais. La zone est déjà fortement impactée par le bruit du trafic routier et par le trafic du RER C et TGV, ainsi que par le bruit des avions de l'aéroport d'Orly, dont les pistes se trouvent à ≈1km au Sud de la gare.

Carte de sensibilité autour de la gare Pont de Rungis

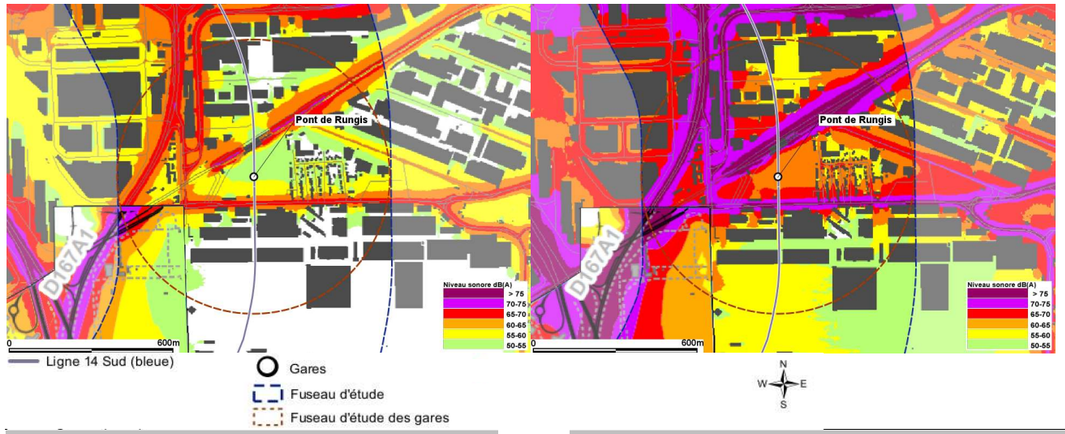


Incidences sonores des phases chantier – Pont de Rungis

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	**Riverains les plus proches**	***Impact global*** **du chantier**
Terrassement Fondation		**Faible** : Situé en zone économique et proche d'axes routiers et ferroviaires importants mais zone pavillonnaire assez proche et démolition prévue de bâtiment
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi		

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare de Pont de Rungis, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Lden initial en dB(A)**
Habitations les plus proches	*100*	*60*

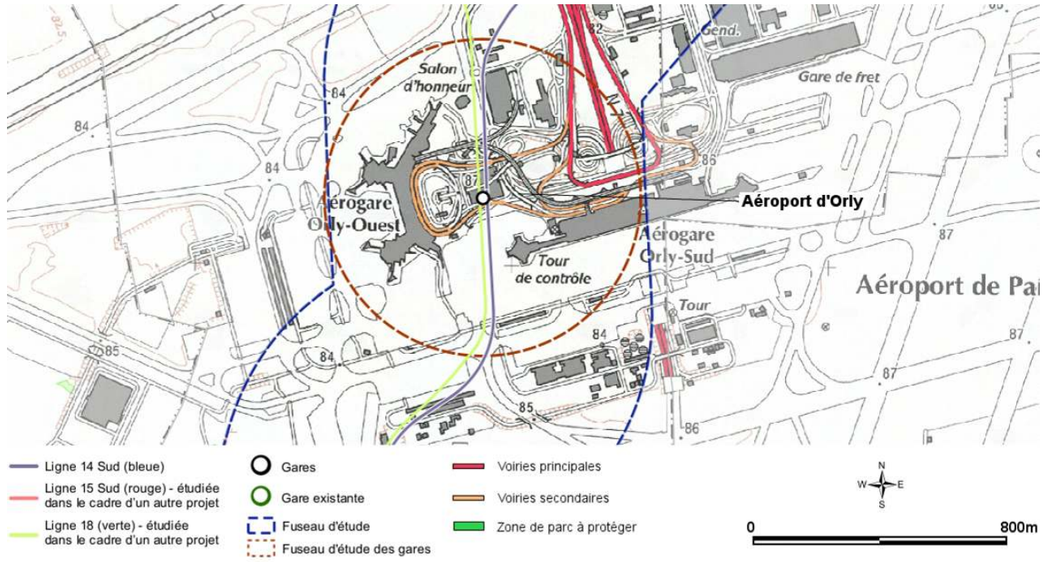
LN		
Riverains	**Distance à la gare (m)**	**Ln initial en dB(A)**
Habitations les plus proches	*100*	*55*

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Pont de Rungis et tableaux des riverains les plus proches– Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

Gare Aéroport d'Orly

La gare Aéroport d'Orly est prévue dans l'enceinte de l'aéroport au niveau de l'extension du parking P0. L'environnement sonore de cette zone est déjà fortement impacté par le trafic aérien de l'aéroport d'Orly. A noter les divers projets au niveau de l'aéroport d'Orly avec le développement de commerces et d'activités (Projet Cœur d'Orly) et la création d'une gare TGV. Un hôtel est situé en plein cœur de l'aéroport, rue Clément Ader. Les riverains les plus proches se trouvent à des distances de plus d'1km.

Carte de sensibilité autour de la gare Aéroport d'Orly

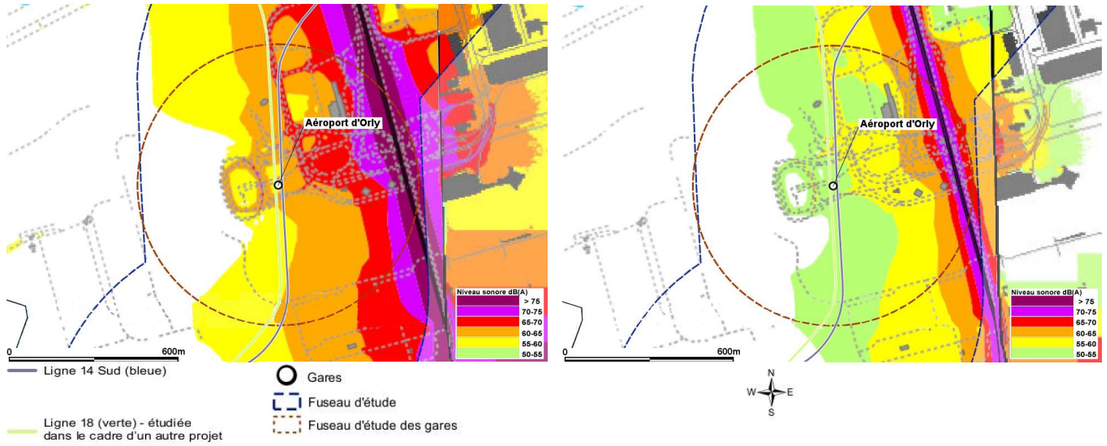


Incidences sonores des phases chantier – Aéroport d'Orly

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	***Riverains les plus proches***	***Impact global du chantier***
Terrassement Fondation	Enjeu faible	**Faible** : très éloigné des riverains et situé en zone déjà très bruyante
Gros œuvre	Enjeu faible	
Second œuvre	Enjeu faible	
Charroi	Enjeu faible	

S'agissant des effets liés au charroi des matériaux de chantier, l'analyse des effets potentiels s'est appuyée sur la cartographie des niveaux sonores actuels des voiries limitrophes de la zone de chantier.

Pour le secteur de la gare Aéroport d'Orly, il s'agit des éléments suivants :



LDEN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Lden initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*> 200*	*60*

LN		
Riverains	***Distance à la gare (m)***	***Ln initial en dB(A)***
Habitations les plus proches	*>200*	*55*

(*) LAeq hors bruits du trafic aérien

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Aéroport d'Orly et tableaux des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (bruitparif.fr)

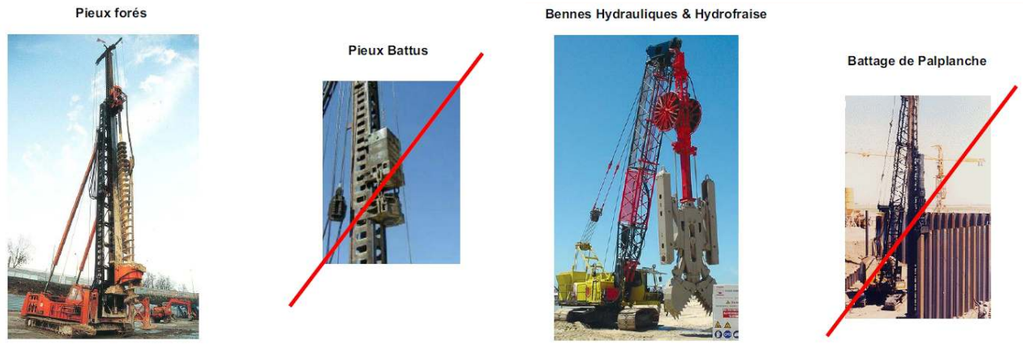
En conclusion, certaines gares présentent une sensibilité plus forte pour le bruit en phase chantier. Il s'agit des gares suivantes :

- **Gare de Kremlin-Bicêtre-Hôpital**
- **Gare de Chevilly « Trois Communes »**

<u>Mesures prévues au niveau des gares :</u>

- **Réalisation des gares avec la technique des parois moulées :** pour la construction des gares, la Société du Grand Paris a retenu la technique des parois moulées. Cette solution permet en effet d'assurer l'étanchéité des boîtes gares tout en évitant pour la construction des opérations de pompage des eaux souterraines, et de rabattement de nappes.

  Cette solution présente également un autre avantage. La mise en œuvre des parois moulées n'entraine pas de nuisances sonores très importantes dans l'environnement proche, contrairement à d'autres techniques possibles. Par exemple, les techniques de mise en place par battage ne sont pas prévues pour les ouvrages du projet.



Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes (Soletanche Bachy)

- **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux pour les gares.**
- **Mise en place de dispositifs anti-bruit autour des chantiers les plus sensibles.**

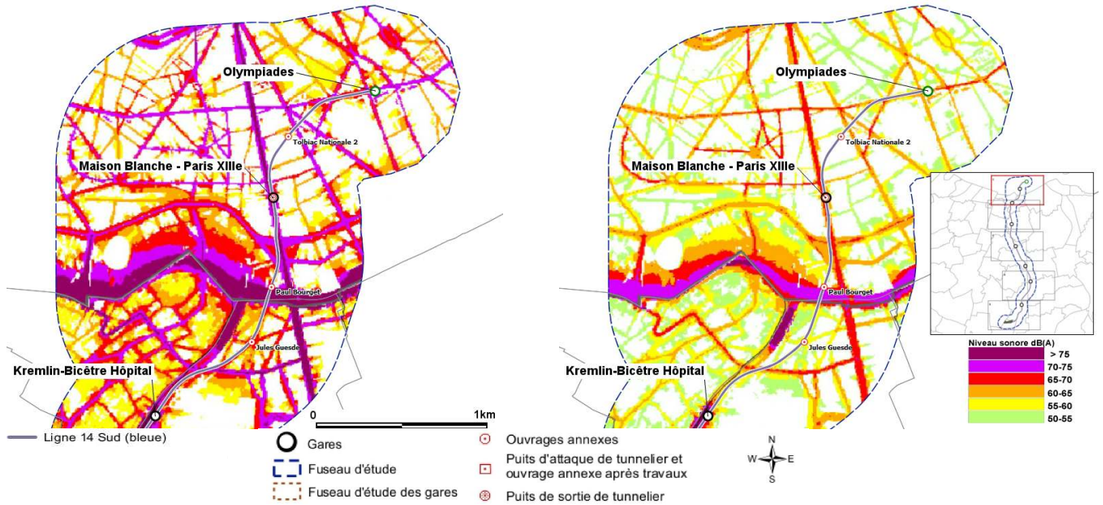
Certains secteurs nécessiteront une attention particulière, et notamment la mise en place de plans de communication auprès des riverains (point détaille à la rubrique sur les mesures générales prévues pour les chantiers du projet).

6.4.3.4. Impacts et mesures liés à la construction des ouvrages de sécurité

Le choix de localisation des ouvrages de sécurité s'est appuyé sur plusieurs critères. Les sites retenus sont situés à proximité des voiries routières pour assurer la bonne arrivée des secours en cas d'incident, ils sont éloignés des zones d'habitation, et évitent le plus souvent les zones d'intérêts écologiques, et les zones sensibles quant aux activités (écoles, hôpitaux…).

S'agissant de la phase chantier, au vu de leurs caractéristiques, il s'agit de travaux plus limités que ceux pour les gares du réseau. S'agissant de l'apport des matériaux de chantier, et l'évacuation des terres excavées, l'analyse des effets sur les niveaux sonores des voiries existantes s'est également appuyée sur les éléments cartographiques suivants.

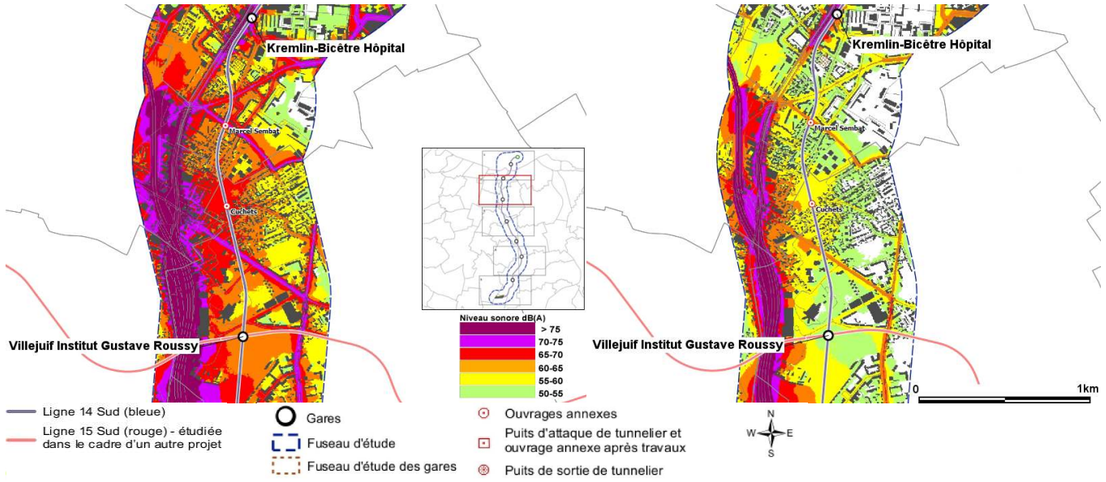
Section comprise entre Olympiades et Kremlin-Bicêtre Hôpital



Avant Kremlin-Bicêtre Hôpital				
Puits	**Localisation**	**Distance riverains (m)**	**Niveaux sonores initiaux en dB(A)**	
			LDEN	**LN**
Tolbiac Nationale 2	Rue Auguste Perret, Paris	≤ 20	< 55	< 50
Paul Bourget	Square Rosny Aîné, Paris	≤ 20	70	65
Jules Guesde	Square Jules Guesde, Kremlin-Bicêtre	≤ 20	65	55

Extraits des cartes de bruit routier existant pour les puits avant Kremlin-Bicêtre Hôpital et tableau des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (*SOURCE : paris.fr)*

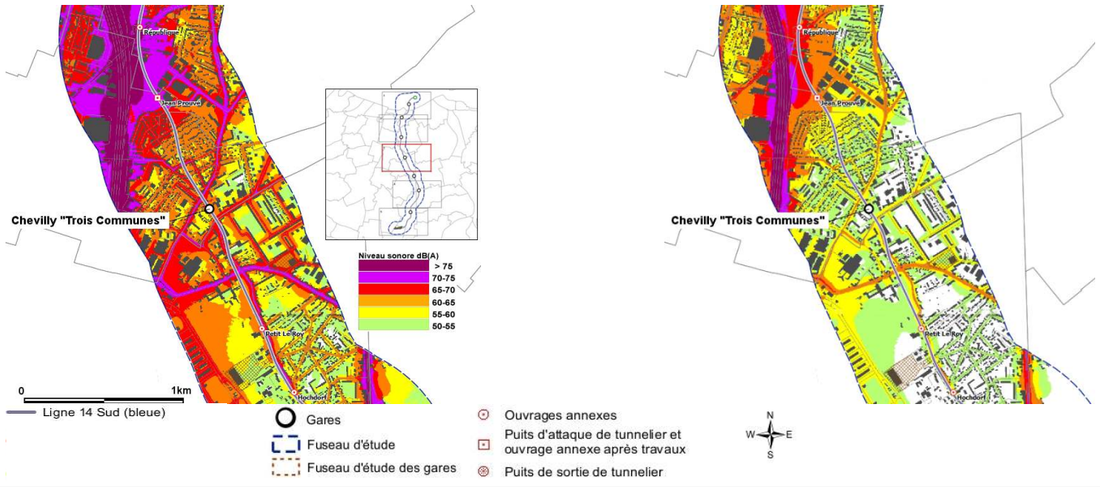
Section comprise entre Kremlin-Bicêtre Hôpital et Villejuif Institut Gustave Roussy



Kremlin-Bicêtre Hôpital – Villejuif Institut Gustave Roussy				
Puits	**Localisation**	**Distance riverains (m)**	**Niveaux sonores initiaux en dB(A)**	
			LDEN	**LN**
Marcel Sembat	Rue Marcel Sembat, Kremlin-Bicêtre	≤ 20	65	55
Cuchets	Zone naturelle rue des Rameaux, Villejuif – Mont des Cuchets	≤ 20	65	55

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les puits entre Kremlin-Bicêtre Hôpital et Villejuif IGR et tableau des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (*SOURCE : cartesbruit94.fr)*

Section comprise entre Villejuif Institut Gustave Roussy et M.I.N. Porte de Thiais

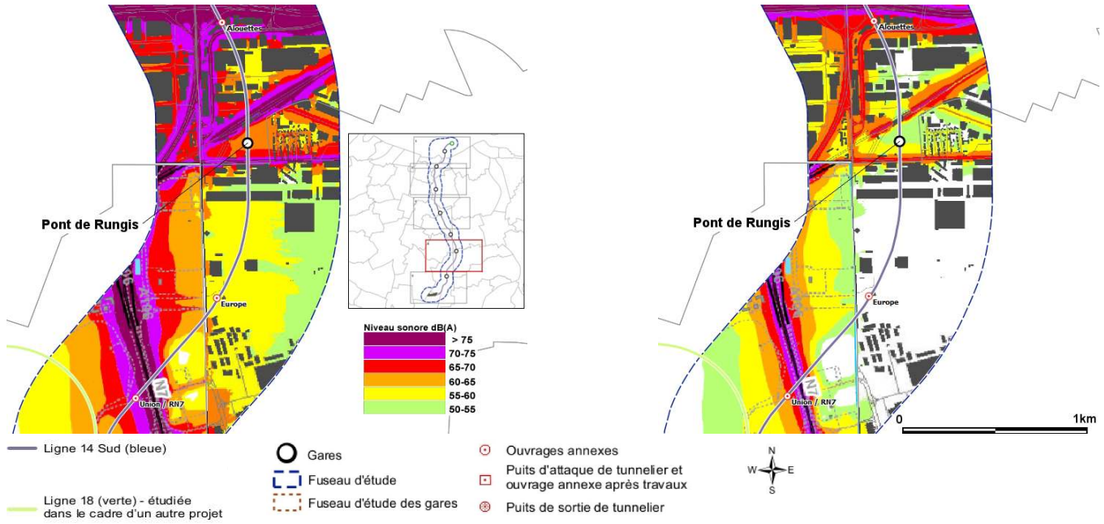


Villejuif Institut Gustave Roussy – M.I.N. Porte de Thiais

Puits	Localisation	Distance riverains (m)	Niveaux sonores initiaux en dB(A)	
			LDEN	LN
République	Parking avenue de la République, Villejuif	20	70	65
Jean Prouvé	Zone naturelle rue Jean Prouvé, Villejuif	60	70	60
Petit Leroy	Rue du Lieutenant Petit Le Roy, Chevilly Larue	≤ 20	60	55
Hochdorf	Rue Pierre Brossolette, Chevilly Larue	≤ 20	60	55

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les puits entre Villejuif IGR et M.I.N. Porte de Thiais et tableau des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr*)*

Section comprise entre M.I.N. Porte de Thiais et Aéroport d'Orly

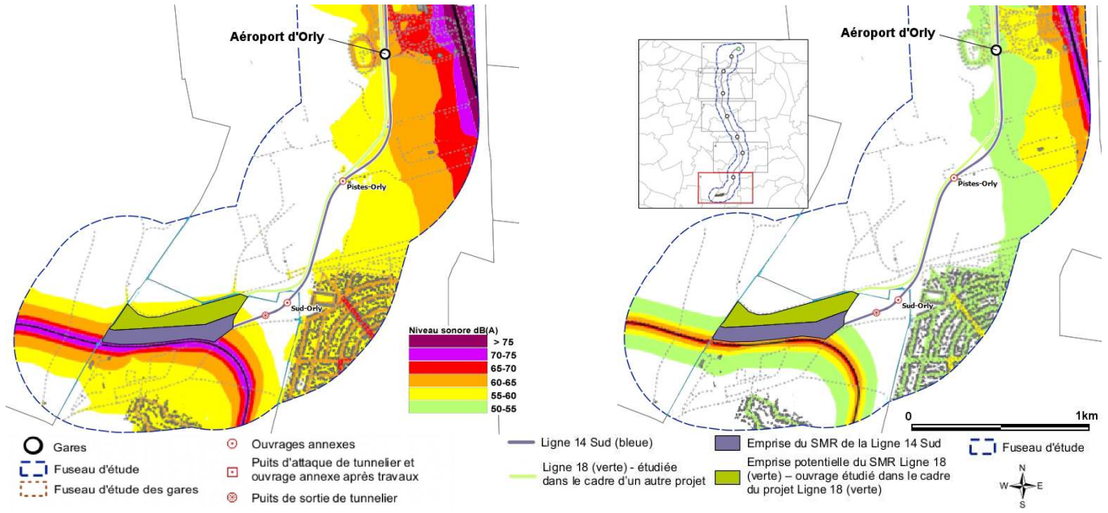


M.I.N. Porte de Thiais – Aéroport d'Orly				
Puits	Localisation	Distance riverains (m)	Niveaux sonores initiaux en dB(A)	
			LDEN	LN
Alouettes	Parking derrière magasins, rue des Alouettes, Thiais	> 500	70	65
Europe	Parking aéroport d'Orly, avenue de l'Europe, Orly	> 500	55	< 50
Union / RN7	Avenue de l'Union, Paray-Vieille-Poste	> 300	70	60

(*) LAeq hors bruits du trafic aérien

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les puits entre M.I.N. Porte de Thiais et Aéroport d'Orly et tableau des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (cartesbruit94.fr)

Section comprise Aéroport d'Orly et SMR Morangis



Après Aéroport d'Orly				
Puits	Localisation	Distance riverains (m)	Niveaux sonores initiaux en dB(A)	
			LDEN	LN
Pistes Orly	Zone des pistes de l'aéroport d'Orly	> 400	50	< 50
Sud Orly	Champs, rue de l'Avenir, Paray-Vieille-Poste	> 100	50	< 50
puits sortie tunnelier	Champs, rue de l'Avenir, Paray-Vieille-Poste	> 100	50	< 50

(*) LAeq hors bruits du trafic aérien

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les puits après l'Aéroport d'Orly et tableau des riverains les plus proches – Période Lden et Lnight (*bruitparif.fr)*

En conclusion, les cartes des niveaux sonores actuels montrent que les ouvrages s'insèrent dans des secteurs concernés par des voiries structurantes importantes pour lesquelles les niveaux sonores sont déjà élevés. Les effets liés aux chantiers des ouvrages de sécurité, au vu de leur dimensionnement limité restent modérés. Un travail de concertation avec les collectivités locales sera entrepris dans les étapes ultérieures pour retenir les itinéraires locaux les moins impactant pour les riverains. Cette approche est rappelée dans le Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED) joint en annexe de cette étude d'impact.

Les mesures générales présentées ci-après concernant l'ensemble des chantiers de la ligne 14 Sud, et notamment ceux liés aux ouvrages de sécurité de la ligne.

6.4.3.5. Mesures générales retenues pour l'ensemble des chantiers de la ligne 14 Sud

Ces mesures sont prévues pour l'ensemble des bases chantier de la ligne 14 Sud :

- **Respect de la réglementation pour les engins et équipements utilisés :** les sources de bruit à l'origine des principales nuisances sonores potentiellement générées par les chantiers sont les suivantes :
  - Engins de chantier usuels (pelleteuses, chargeuses, brise béton, tracteurs, grues…)
  - Engins de chantier spécifiques à la construction de métro (machine à attaque ponctuelle, pompe acheminement du béton à haut débit, centrale à béton, système d'évacuation/de traitement des boues, installation de traitement des eaux de chantier et d'exhaure ventilation, grue à tour…)
  - Équipements techniques (compresseurs, groupes électrogènes,…)
  - Outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses,…)

Ces engins et équipements font l'objet de réglementations strictes en matière de bruit.

- **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux :** il s'agit de fixer un horaire pour les chantiers émergents en période de semaine et la journée et en contrôler le respect.

- **Adapter l'organisation des zones de chantier :** il s'agit de localiser les équipements techniques sensibles et les actions sources de nuisances des habitations et des établissements sensibles.

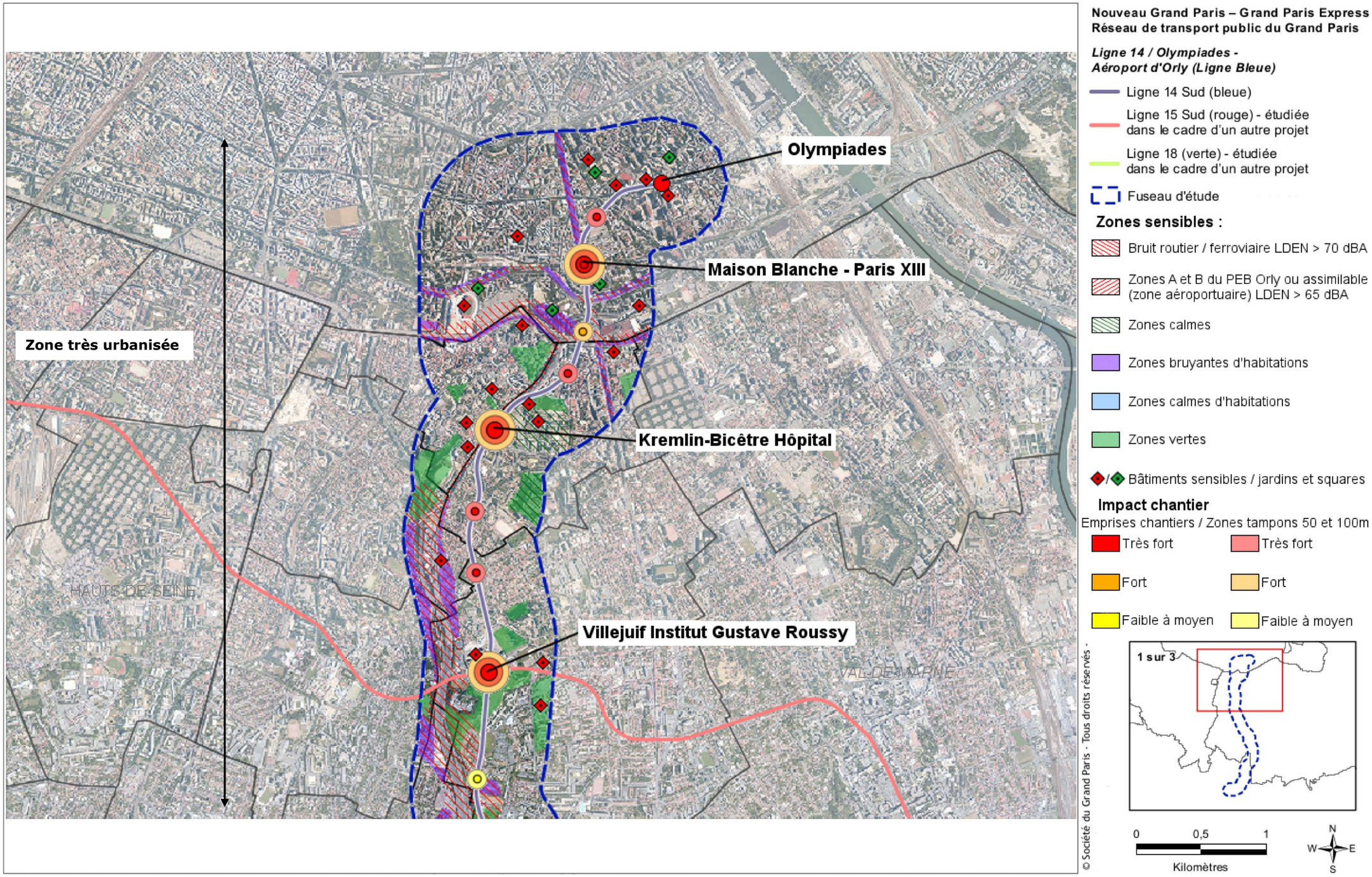
- **Mise en place de supports de communication adaptés :** la Société du Grand Paris est en charge avec l'ensemble des acteurs concernés (maitrises d'œuvre, collectivités…) de la préparation d'un plan qui définira pour chaque site les supports d'information qui seront mis en place pendant les chantiers (panneaux, plaquette, site Internet…). Les riverains pourront ainsi suivre l'avancée des travaux, et mieux appréhender les nuisances sonores éventuelles.

- **Présence d'agents de proximité sur les chantiers** : des agents de proximité seront présents au niveau des bases chantier. Leur rôle sera d'être présent auprès des riverains, des commerçants et des entreprises pour leur apporter toute l'information nécessaire sur les travaux en cours, et également d'assurer un lien constant avec la Société du Grand Paris, notamment en ce qui concerne les nuisances sonores.

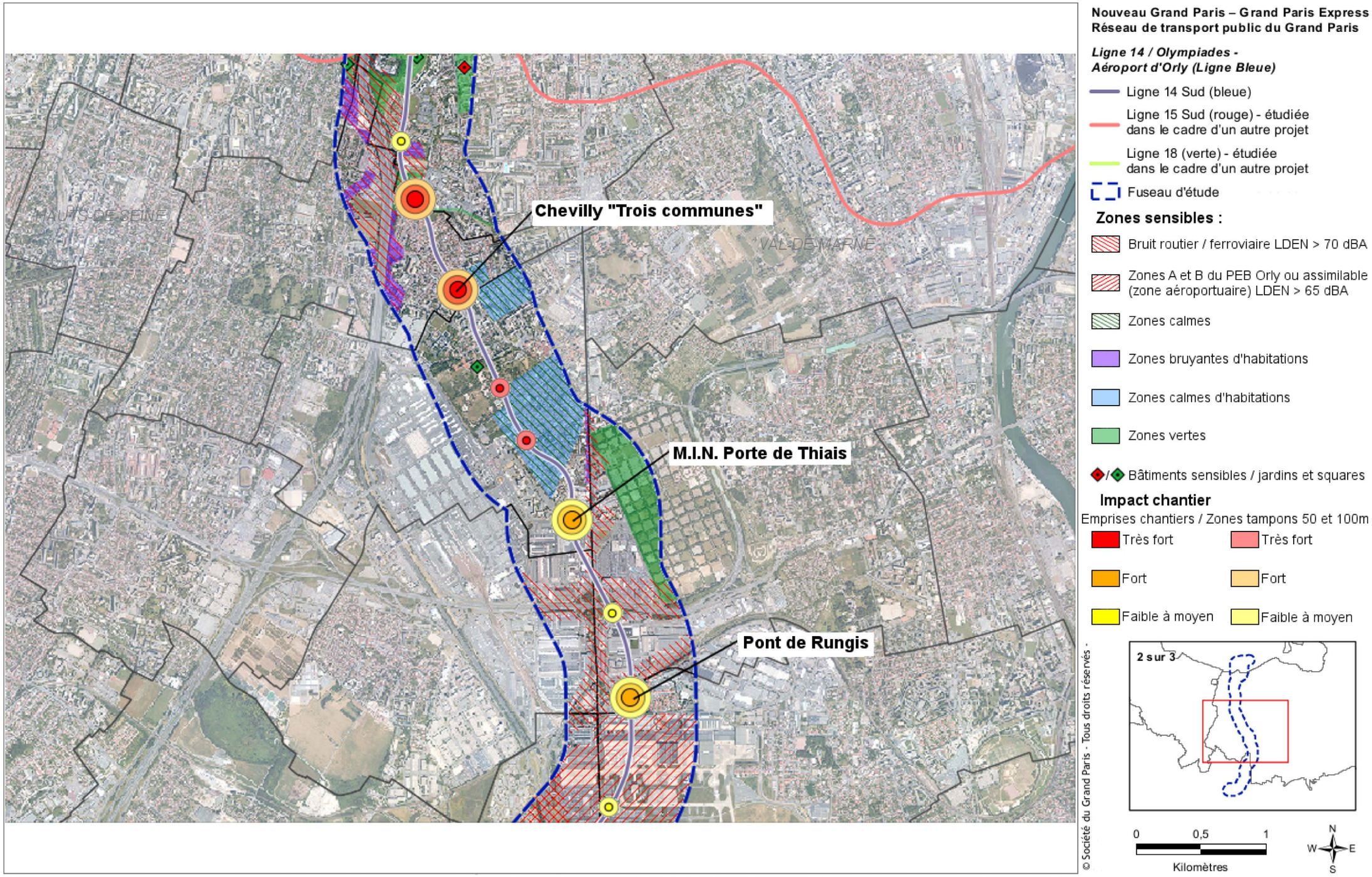
6.4.3.6. Synthèse des impacts en phase chantier

Les cartes suivantes ont été établies en croisant les différents impacts sonores détaillés ci-avant avec la localisation des ouvrages de la Ligne 14 Sud et la sensibilité des zones identifiées dans le rapport 1/3.

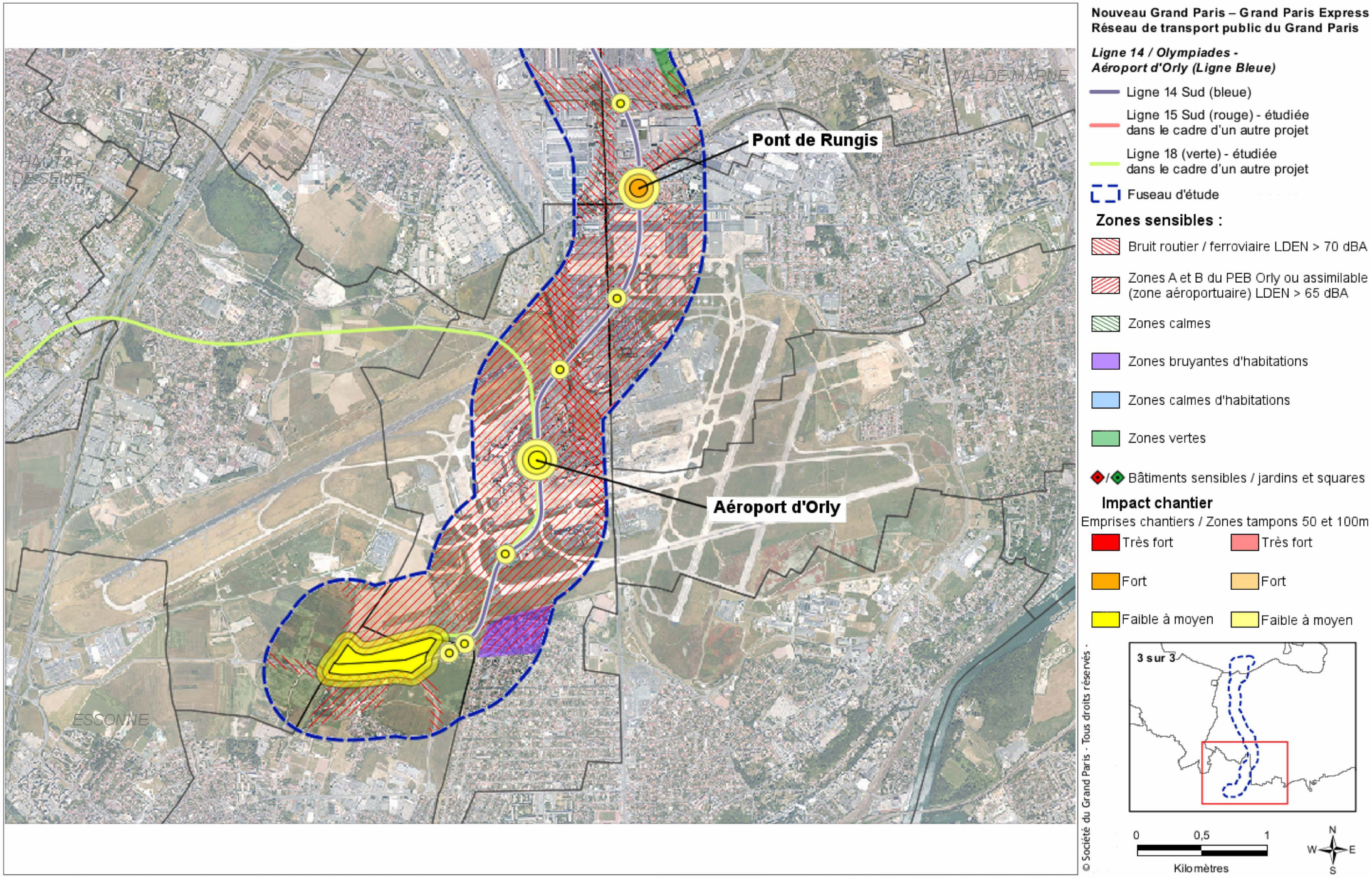
Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – secteur Kremlin-Bicêtre



Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – secteur Chevilly-Larue



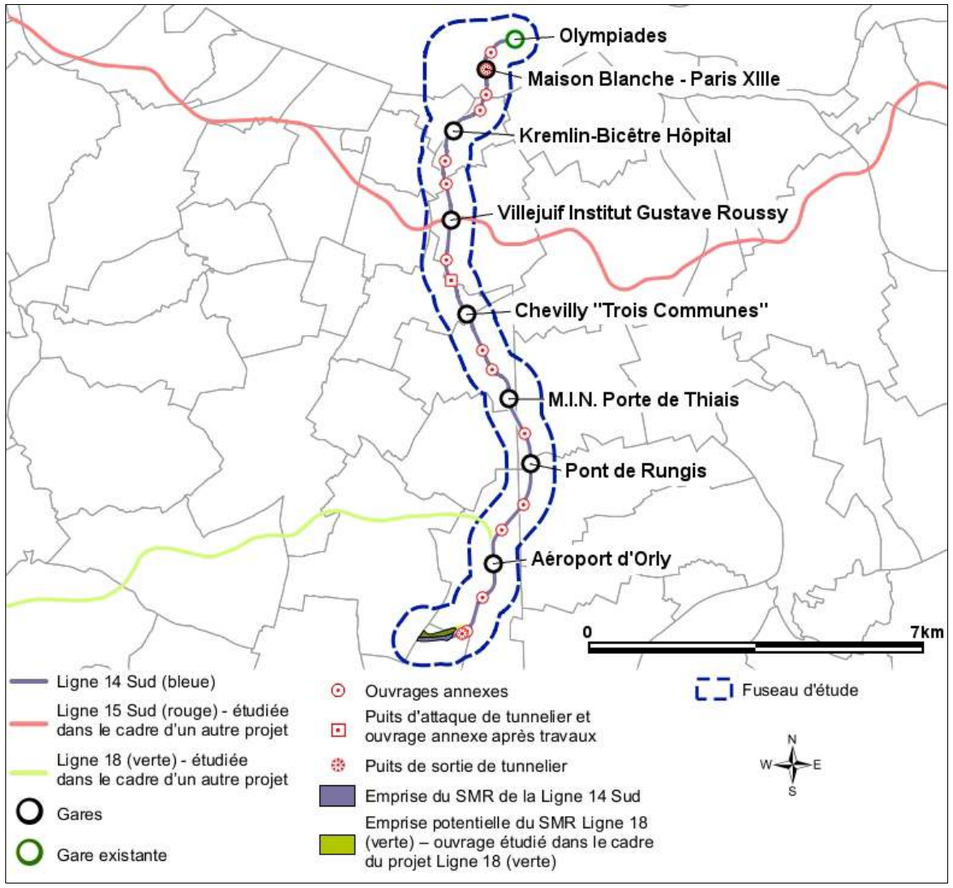
Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – secteur Orly



6.4.4. Impacts et mesures du projet en phase d'exploitation concernant l'environnement sonore

En phase d'exploitation, les éventuelles sources de nuisances sonores sont bien plus limitées qu'en phase travaux. Elles se limitent à :

- La circulation des métros,
- L'activité au niveau des gares de la ligne de métro,
- Le fonctionnement de la ventilation au niveau des ouvrages de sécurité,
- Le fonctionnement du CDR, si celui-ci est construit,
- Le fonctionnement du site de maintenance et de remisage des trains (SMR) à Morangis.



Localisation des ouvrages de la ligne 14 Sud

6.4.4.1. Impacts et mesures liés à la circulation des métros

Le projet de la ligne 14 Sud comprend sur la quasi-totalité du tracé un tunnel en souterrain. Au vu des caractéristiques du tunnel (tunnel de béton situé à une profondeur entre 10 et 30 mètres), l'augmentation de nuisances sonores au niveau de la surface est nulle.

Les vibrations et bruit solidien éventuels sont étudiés dans la rubrique dédiée à ce sujet dans la présente étude d'impact.

La circulation des métros au niveau des tunnels souterrains ne présente pas d'impact sur le niveau de bruit en surface.

Le projet prévoit au niveau du site de maintenance et de remisage des trains (SMR) une courte section de tracé en tranchée ouverte. Le bruit émis par le train pourra à cet endroit sortir au niveau de la surface. Sur ce point, il convient de rappeler qu'il s'agit d'un métro à pneus dont les émissions sont particulièrement faibles.

De plus, la tranchée ouverte est située au sein d'une zone agricole, à proximité immédiate de l'aéroport d'Orly. L'impact du bruit éventuel émis par les métros peut être considéré comme négligeable.

L**a circulation des métros au niveau de la tranchée ouverte présente un impact négligeable sur le niveau de bruit en surface.**

6.4.4.2. Impacts et mesures liés au fonctionnement des gares

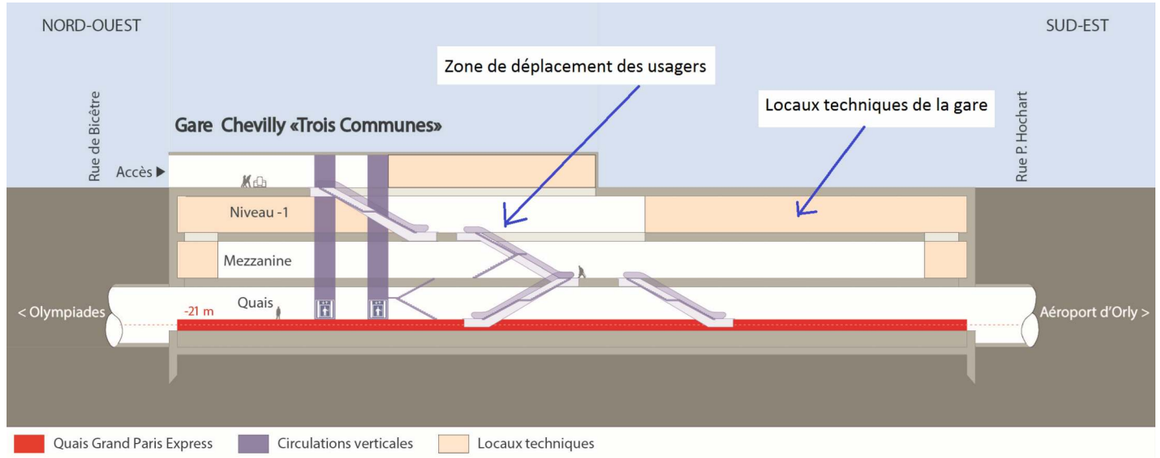
S'agissant des gares, les sources potentielles d'émission de bruit sont multiples. Elles peuvent être liées aux équipements techniques nécessaires à leur fonctionnement, et à leur fréquentation par les usagers.

Les équipements techniques des gares :

Le fonctionnement des gares du réseau nécessitent l'installation d'un certain nombre d'équipements techniques. Il s'agit notamment :

- Postes de redressement : transformateurs…
- Locaux d'entretien
- Locaux de personnel
- Poste Énergie Force

Les équipements techniques nécessaires au fonctionnement des gares seront situés au sein de la gare dans les niveaux souterrains, dans des locaux techniques adaptés.



Coupe de la gare de Chevilly-Trois-Communes

Cette location des équipements techniques permettra de limiter de manière très important les émissions sonores vers l'extérieur de l'ouvrage.

Les ouvrages de type ventilation sont présentés dans la rubrique dédiée sur les ouvrages de sécurité.

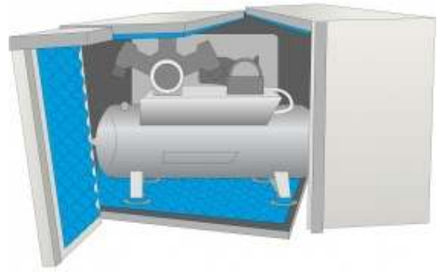
L'impact des équipements techniques internes aux gares pour les riverains est considéré comme négligeable.

S'agissant du bruit à l'intérieur des niveaux de la gare, des dispositifs spécifiques sont nécessaires pour assurer le confort des usagers se déplaçant dans l'infrastructure.

Mesures retenues pour assurer le confort des usagers :

- **Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores :**

- **Isoler les équipements techniques** : des dispositifs de capotage sont envisagés. Il s'agit d'isoler le système pour contenir le bruit dans la protection. Le gain apporté par un capotage peut varier de 10 à 40 dB(A) en fonction de sa composition et des contraintes techniques induites par l'appareil.



Exemple de capotage et silencieux envisageable (source : paulstra-industry)

L'impact du fonctionnement des équipements techniques des gares pour les usagers est considéré comme faible.

Les impacts liés à la fréquentation des gares :

L'exploitation du réseau entrainera une augmentation de la fréquentation piétonne au niveau des gares de la ligne, qui risque d'induire une augmentation du niveau de bruit à proximité de l'infrastructure (déplacements des piétons, voix, activités liés aux commerces situés dans les gares…). Cette augmentation, à ce stade des études, est difficilement quantifiable. Néanmoins, il convient d'indiquer que les sites d'implantation des gares sont localisés au niveau de zones urbaines déjà constituées, ou de zones d'activité.

De ce fait, l'augmentation des niveaux sonores liés aux déplacements piétons peut être considérée comme faible.

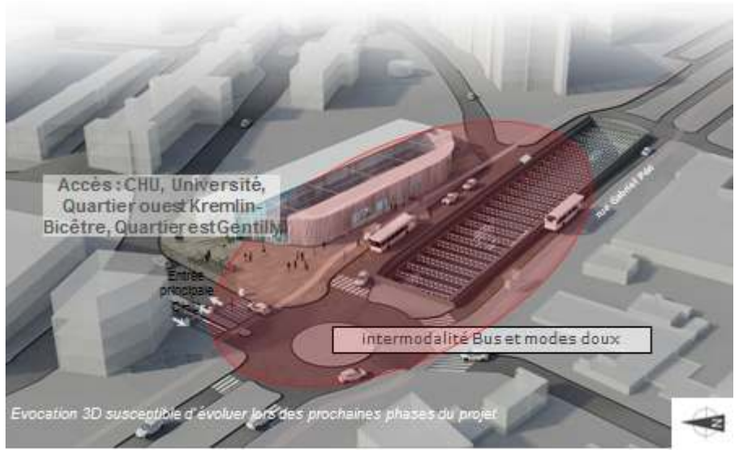
Les échanges engagés par la Société du Grand Paris avec les collectivités locales permettront de prévoir de nouveaux aménagements urbains adaptés aux déplacements attendus en phase d'exploitation. Ces aménagements concernent notamment l'organisation des espaces publics, comme les parvis autour des gares.

Le fonctionnement du réseau sera également susceptible d'entrainer à proximité immédiate des gares une augmentation de la circulation. La Société du Grand Paris a engagé une étude spécifique sur l'opportunité d'implanter au niveau des gares des parkings relais voitures.

Les conclusions de cette étude n'ont pas permis d'identifier de besoins au niveau des zones fortement urbanisées. De plus, cela permettra d'éviter un rabattement trop important de la circulation au niveau des quartiers de gare. Les nuisances sonores liées à la circulation routière ne seront pas augmentées de manière importante.

Néanmoins, afin d'assurer l'accès des usagers aux gares, un travail important a été engagé avec le Syndicat des Transports d'Ile-de-France, l'autorité organisatrice des transports de la région pour réaménager les lignes de bus actuelles. Il s'agit d'assurer la bonne desserte des futures gares.

Des pôles bus seront aménagés à proximité immédiate des gares, pour faciliter la descente et la montée des usagers. En effet, l'arrivée de bus sur le secteur est susceptible d'entrainer une augmentation du niveau sonore. Assurer la fluidité de la circulation des bus dans le quartier permettra de réduire cet effet potentiel.



Vue à titre indicatif de l'insertion urbaine de la gare Kremlin Bicêtre Hôpital avec la zone d'intermodalité bus et modes doux

Mesures prévues pour les accès aux gares :

- **Élaboration d'une charte architecturale :** la Société du Grand Paris avec le cabinet d'architecture du Jacques Ferrier élabore une charte qui vise notamment à retenir une conception qui favorise l'appropriation des espaces, l'accessibilité, l'accessibilité et l'efficacité des parcours pour les usagers.
- **Concertation avec les acteurs locaux pour la définition des espaces publics autour des gares.**
- **Réaménagement des liaisons bus avec le STIF.**
- **Aménagement de pôles bus au niveau des gares.**

6.4.4.3. Nuisances liées au fonctionnement des ouvrages de ventilation (ouvrages de sécurité)

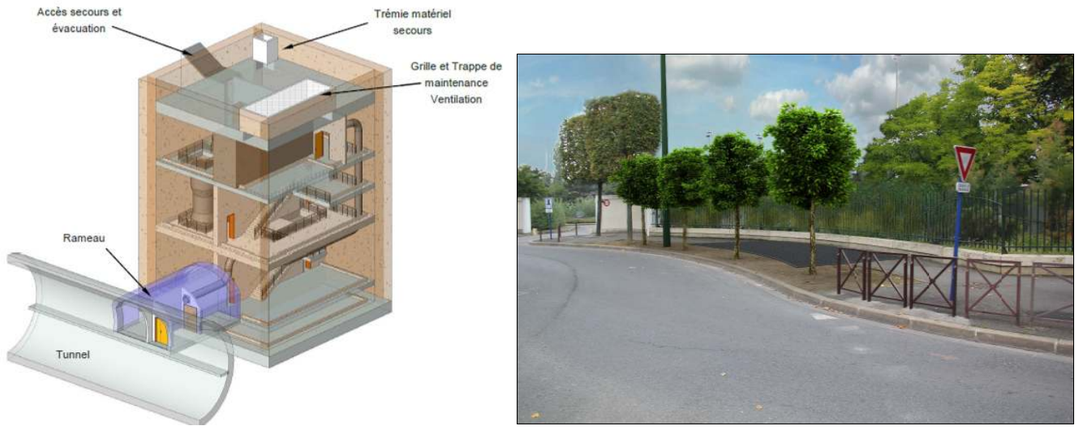
Les ouvrages de sécurité prévus tous les 800 mètres du tracé assurent deux fonctions :

- Assurer le renouvellement de l'air en période normale d'exploitation, et en cas d'incendie dans le tunnel, le désenfumage de l'infrastructure.

- En cas d'accidents dans le tunnel, permettre l'arrivée des secours dans l'infrastructure, et permettre si cela est nécessaire l'évacuation des usagers vers l'extérieur.

En surface, au niveau du sol, l'ouvrage de sécurité présente une grille pour la ventilation et une trappe d'accès pour les secours et éventuellement l'évacuation.

Exemple d'un ouvrage de sécurité et vue indicative d'un ouvrage en milieu urbain



Les fonctions liées à l'entrée des secours et l'évacuation éventuelle des usagers ne présentent aucun impact sur le niveau de bruit.

La ventilation fonctionne de deux façons. D'une manière passive grâce au déplacement de l'air entrainé par la circulation des trains, et d'une manière active grâce à des ventilateurs situés dans l'ouvrage, placés en souterrain. Les impacts éventuels sur le bruit sont liés au fonctionnement de ces ventilateurs.

Les gares peuvent également présenter ce type d'équipement en surface. La même démarche sera appliquée pour ceux liés aux ouvrages des gares.

<u>Méthodologie retenue :</u>

L'identification des règles locales sur le bruit, de l'occupation des sols à proximité et des équipements sensibles existants (hôpital, école, zones résidentielles calmes…) permettra de définir le niveau maximal à respecter pour chaque ouvrage de sécurité.

Des mesures des niveaux sonores actuels sont prévues sur le territoire au niveau de l'implantation des ouvrages émergents. Cette campagne pourra avoir lieu en 2015.

La déclinaison précise des exigences réglementaires ne peut être faite à ce jour, car elle nécessite de connaître le niveau de bruit ambiant existant avant-projet. C'est pourquoi, pour l'ensemble de la ligne, une étude acoustique spécifique, avec mesures initiales en période de nuit, période la plus contraignante, sera réalisée.

Une fois fixé le niveau sonore à ne pas dépasser, des dispositions techniques seront définies pour atteindre ces objectifs. Plusieurs actions sont possibles.

<u>Mesures retenues pour les ouvrages de ventilation :</u>

- **Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres**

- **L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs** pour réduire le bruit en phase de fonctionnement

- **Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit** : il s'agit de solutions anti-bruit type silencieux (grilles acoustiques, filtres, capotages…) pour les puits de ventilations et les équipements techniques.

Exemple de silencieux pour gaines de ventilation

- **Élaboration de modélisations sonores** sur les sites les plus sensibles pour vérifier que les dispositifs de réduction des émissions prévues seront suffisants pour atteindre les objectifs définis.

- **Mesures de suivi au lancement de l'exploitation** pour évaluer in situ le respect des émissions sonores des ouvrages de sécurité dans les secteurs les plus sensibles. Dans le cas de dépassement, un réajustement des dispositifs de protection permettra l'atteinte des valeurs limites.

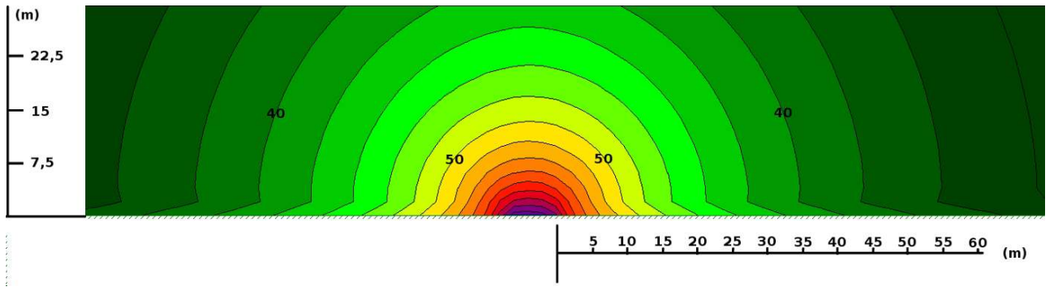
En attendant les résultats des études prévues par ouvrage, une première analyse des risques de gêne sonore a été effectuée à l'aide d'une modélisation simplifiée réalisée avec le logiciel CadnaA

sur la base d'une valeur limite de 60 dB(A) à 1 mètre des grilles de ventilation. Il s'agit de la valeur applicable de nuit précisé par l'arrêté du 23 janvier et prise comme référence à ce stade de l'étude en l'absence de données plus précises. Le spectre utilisé dans les calculs est un spectre-type de ventilateur axial

Les hypothèses de calculs considérées dans le modèle sont les suivantes :

- Non 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 et pour un cas d'insertion en sol réverbérant (surface principalement bitumée)
- Maillage 2 x 2m, soit un point de calcul tous les 2m,
- Aucun effet météorologique

Profil de propagation de bruit d'un puits de ventilation générant un niveau sonore de 60 dB(A) à 1m – sol réverbérant



Distance en mètre des isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation du bruit d'une grille de ventilation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2 mètre au-dessus du sol

Typologie de sol considéré	*Isophones calculés pour un spectre-type de ventilateur axial pour un débit de l'ordre de 900 000 m3/h.*				
	60 dB(A)	*55 dB(A)*	*50 dB(A)*	*45 dB(A)*	*40 dB(A)*
Sol réverbérant	1	4,1	9,6	18,7	34,8

Cette première étude permet d'indiquer qu'à partir d'une distance de 35 mètres entre l'ouvrage de ventilation et une zone sensible au bruit, le risque d'impact sonore par rapport aux valeurs limite de la réglementation, est très faible. Pour des distances plus faibles, des dispositifs de protection comme présentés avant s'avéreront nécessaires.

En conclusion, le fonctionnement des ouvrages de ventilation ne présente pas d'enjeux forts. Néanmoins, la réalisation de modélisations sur la base des études d'Avant-Projet permettra de définir les dispositifs techniques nécessaires pour éviter des impacts sur le bruit dans les zones sensibles.

6.4.4.4. Impacts et mesures liés au fonctionnement du CDR (dans le cas où celui-ci est construit)

Le Centre de Dépannage Rapide des trains (CDR) permet une réparation rapide du matériel en cas d'avarie et de permettre le stockage temporaire de trains. Dans la perspective d'une mise en service unique du prolongement jusqu'à Orly à l'horizon 2024, la réalisation de cet équipement ne serait plus nécessaire.

Le CDR est un ouvrage souterrain, réalisé en méthode traditionnelle. Les activités réalisées n'entrainent pas de fait d'augmentation du niveau sonore en surface.

Le CDR ne présente pas d'impact sur le niveau de bruit en surface.

6.4.4.5. Impacts et mesures liés au fonctionnement du site de maintenance et de remisage des trains (SMR)

Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) situé à Morangis correspond à un site industriel d'envergure. Il permettra le remisage du matériel roulant de la ligne 14, la réparation des rames. Il est composé :

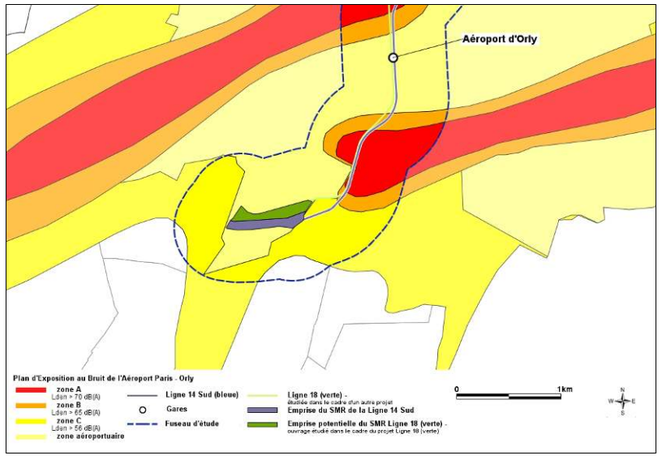
- D'un atelier de maintenance courante ;
- De voies dédiées au nettoyage des rames ;
- De locaux administratifs ;
- De locaux logistiques et techniques ;
- De positions de remisage.

Plan fonctionnel du SMR de la ligne 14 (extrait des études préalables)

Les activités seront en continu (jour et nuit) pour assurer le bon fonctionnement du réseau sur une longue période d'ouverture. Cependant, les principales activités seront réalisées à l'intérieur même du bâtiment, ce qui permettra de limiter les émissions sonores vers l'extérieur.

Il a été retenu pour ce site, une localisation au niveau de zones agricoles.

Il est également situé à proximité immédiate de l'aéroport d'Orly. Les niveaux sonores actuels sont à ce titre élevés, zones A et B du Plan d'Exposition au Bruit (PEB).



Extrait du nouveau PEB applicable autour du SMR (PEB Orly)

Les premiers riverains sont situés au niveau de la commune de Paray-Vieille Poste, à environ 300 mètres.

Au Sud, des jardins familiaux de Morangis sont présents.

Au vu des caractéristiques prévues pour le site (activités dans le bâtiment), et des enjeux du territoire, le fonctionnement du site de maintenance et de remisage d'Orly présente un impact négligeable sur les niveaux sonores actuels.

Par ailleurs, il peut être précisé qu'à ce stade d'avancement des études, une procédure au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sera requise. Les aspects bruit seront traités dans le cadre de cette procédure pour éviter toute nuisance forte vers l'extérieur.

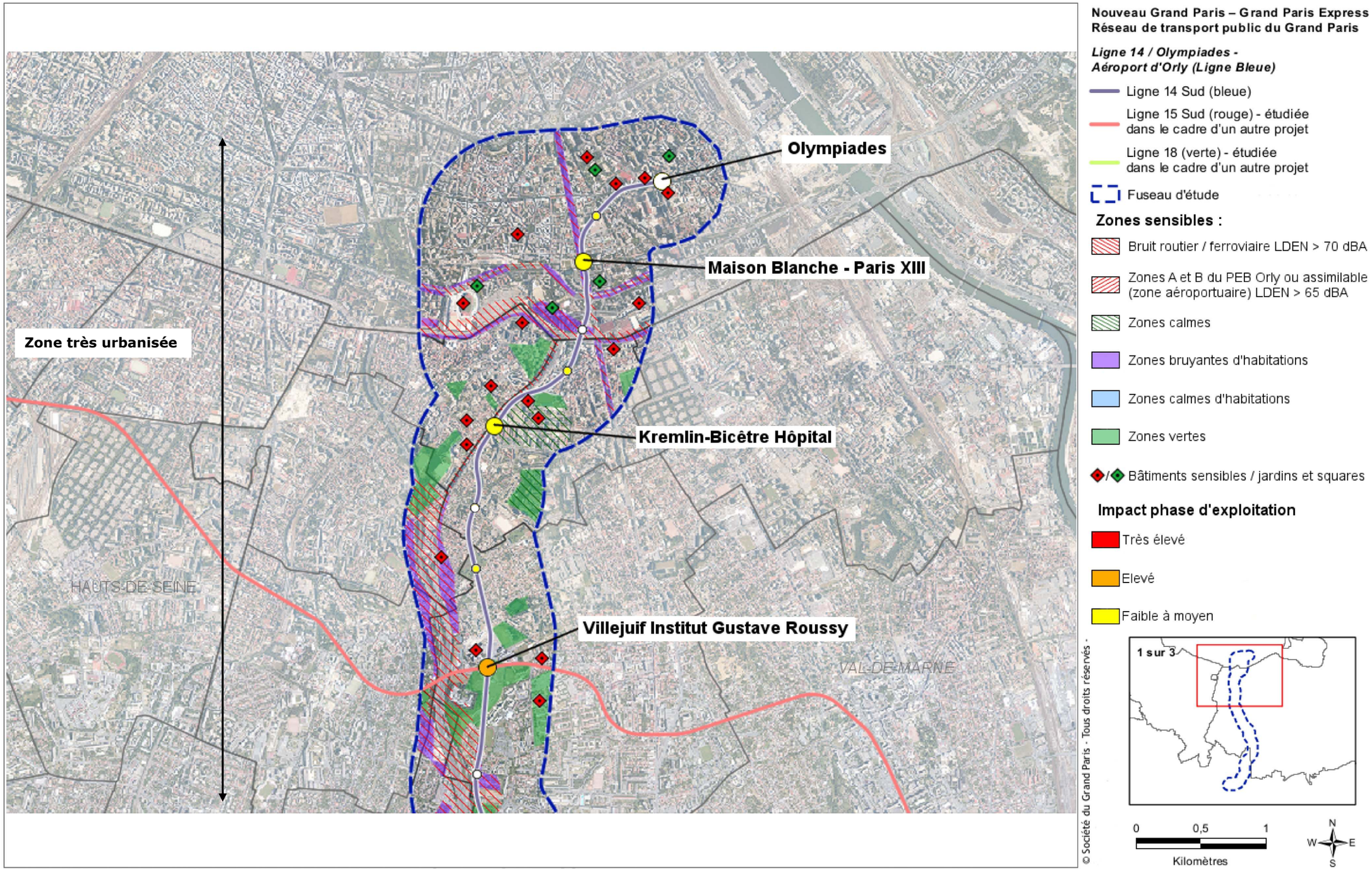
Mesures retenues pour ce site :

- **Choix d'un site d'implantation éloigné des habitations.**
- **Construction d'un bâtiment pour assurer les activités de maintenance à l 'intérieur.**

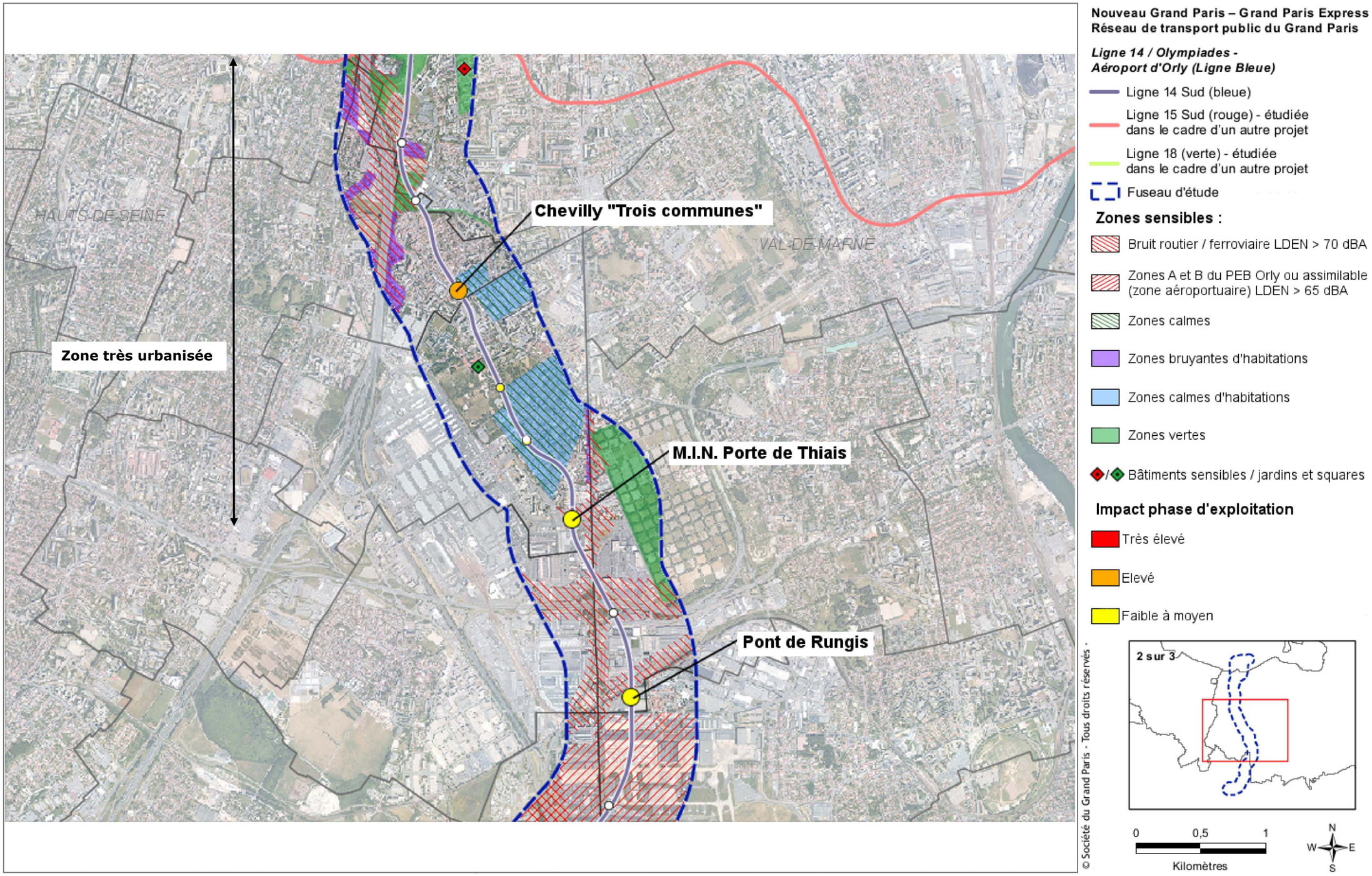
6.4.4.6. Synthèse des impacts en phase exploitation

Les cartes ci-après croisent les impacts sonores identifiés en phase exploitation au regard des points ci-dessus avec les zones sensibles localisées au sein du rapport 1/3.

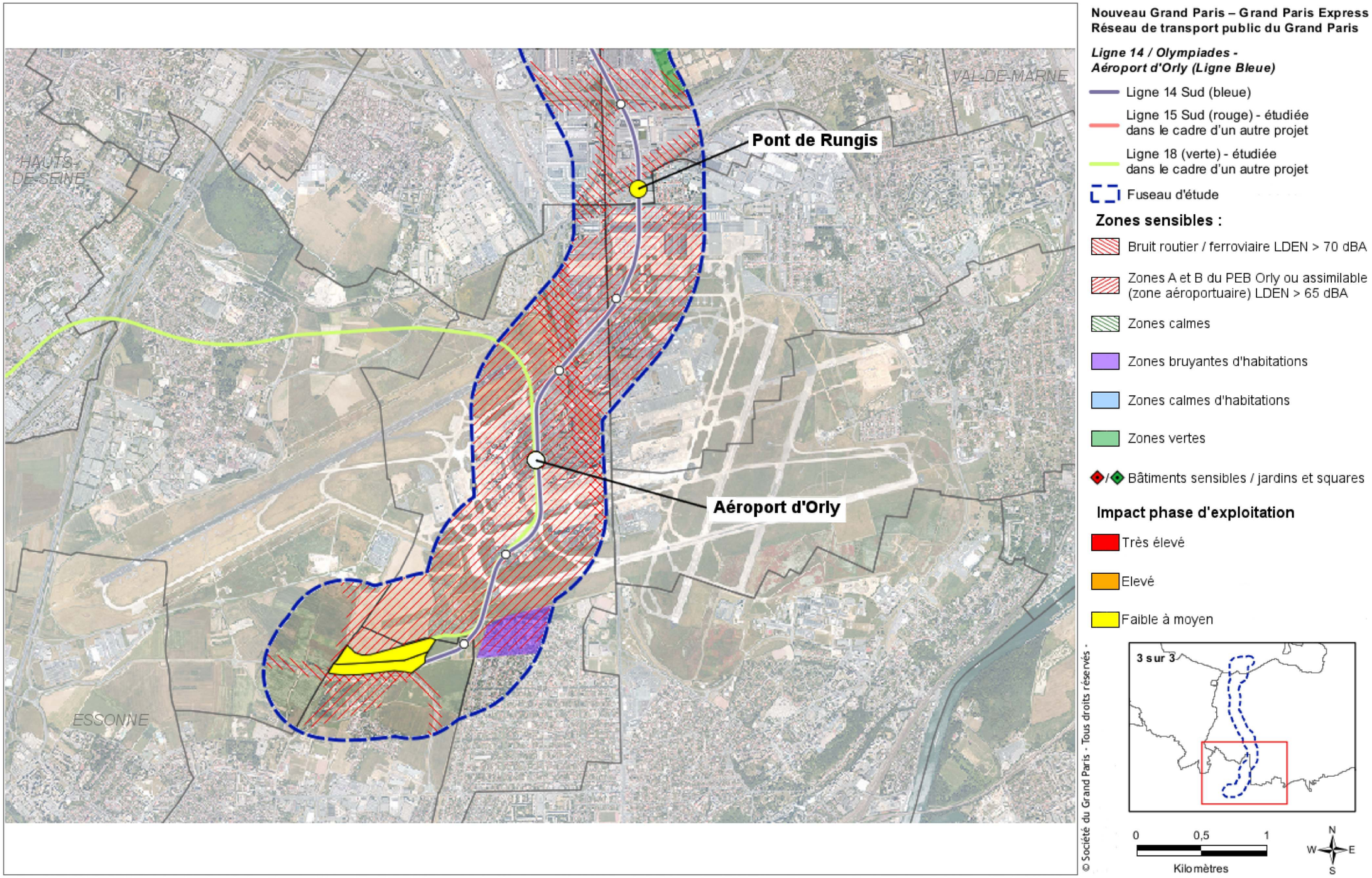
Synthèse des impacts sonores liés à la phase exploitation sur les zones sensibles – secteur Kremlin-Bicêtre



Synthèse des impacts sonores liés à la phase exploitation sur les zones sensibles – secteur Chevilly-Larue



Synthèse des impacts sonores liés à la phase exploitation sur les zones sensibles – secteur Orly



Nouveau Grand Paris – Grand Paris Express
Réseau de transport public du Grand Paris

Ligne 14 / Olympiades - Aéroport d'Orly (Ligne Bleue)

- Ligne 14 Sud (bleue)
- Ligne 15 Sud (rouge) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Ligne 18 (verte) - étudiée dans le cadre d'un autre projet
- Fuseau d'étude

Zones sensibles :

- Bruit routier / ferroviaire LDEN > 70 dBA
- Zones A et B du PEB Orly ou assimilable (zone aéroportuaire) LDEN > 65 dBA
- Zones calmes
- Zones bruyantes d'habitations
- Zones calmes d'habitations
- Zones vertes
- Bâtiments sensibles / jardins et squares

Impact phase d'exploitation

- Très élevé
- Elevé
- Faible à moyen

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés -

6.4.5. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant l'environnement sonore

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Éléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Éléments du projet en interaction***	***Impacts du projet***	***Mesures***	***Mesures générales***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Construction du tunnel		Section de tunnel souterrain construit au tunnelier (Olympiades et Orly)	Nul lié à la méthode constructive retenue (creusement au tunnelier)	• **Choix d'une méthode constructive qui permet d'éviter les nuisances sonores**	**Respect de la réglementation pour les engins et équipements utilisés** **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux** **Adapter l'organisation des zones de chantier** **Mise en place de supports de communication adaptés** **Présence d'agents de proximité sur les chantiers**	néant	néant
		Tranchée ouverte (Liaison avec le SMR de Morangis)	Faible lié au territoire concerné : activités agricoles, zone de l'aéroport	• **Localisation retenue dans une zone peu sensible**			
Fonctionnement des puits de départ des tunneliers		Puits tunnelier de l'OA Jean Prouvé	Impact modéré du fait de zones urbaines proches	• **Choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains** • **Choix d'installer une bande transporteuse pour évacuer les déblais** • **Localisation de la bande transporteuse éloignée des habitations** • **Mise en place de mesures de protection sonore entre l'ouvrage et les habitations**			
		Gare de Pont de Rungis	Impact modéré du fait de zones urbaines proches	• **Choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains** • **Mise en place de mesures de protection entre l'ouvrage et les habitations**			

Construction des gares	**Section « Olympiades – Villejuif Institut Gustave Roussy »**	Gare de Maison Blanche Paris XIII Gare de Kremlin Bicêtre Hôpital	Impact fort du fait de la présence d'habitat dense à proximité	• **Réalisation des gares avec la technique des parois moulées** • **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux** • **Mise en place de dispositifs anti-bruit autour des chantiers**			
	Section « Villejuif Institut Gustave Roussy – Pont de Rungis »	Gare et ouvrages de Villejuif Institut Gustave Roussy	Impact modéré lié à l'usage récréatif du parc des Hautes-Bruyères	• **Réalisation des gares avec la technique des parois moulées** • **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux** • **Mise en place de dispositifs anti-bruit autour des chantiers**			
		Gare de Chevilly « Trois Communes »	Impact fort lié à la présence de zones résidentielles	• **Réalisation de la gare avec la technique des parois moulées** • **Restriction des horaires de chantier et respect du planning de travaux** • **Mise en place de dispositifs anti-bruit autour du chantier**			
		Gare MIN Porte de Thiais	Impact modéré liés à la présence d'habitants mais zone actuellement bruyante	• **Réalisation de la gare avec la technique des parois moulées** • **Restriction des horaires de chantier et respect du planning de travaux** • **Mise en place de dispositifs anti-bruit autour du chantier**			
	Section « Pont de Rungis – SMR Morangis »	Gare Pont de Rungis Gare Aéroport d'Orly	Impact faible : présence de zones d'activités, et de zones commerciales. Peu d'habitat.	• **Pas de mesure spécifique définie à ce stade**			
Circulation des métros		Section de tunnel en souterrain	Nul lié à l'infrastructure située en souterrain	• **Mesure non nécessaire** (vibrations traitées dans la rubrique spécifique à cet enjeu)			
		Tranchée ouverte	Nul lié à l'absence de zones sensibles situées à proximité	• **Mesure non nécessaire**			

Fonctionnement des gares				• **Élaboration d'une charte architecturale pour définir la conception des espaces publics autour des gares** • **Concertation avec les acteurs locaux pour la définition des espaces publics et les accès** • **Réaménagement des liaisons bus avec le STIF** • **Aménagement de pôles bus et modes doux à proximité des gares** **S'agissant des équipements techniques :** • **Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores** • **Enfermer ou isoler les équipements techniques dans des dispositifs adaptés**			
Fonctionnement des ouvrages de sécurité (ventilation)		Ensemble des ouvrages de ventilation	Impact faible lié à la démarche retenue par la Société du Grand Paris pour la conception des ouvrages de ventilation	• **Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres** • **L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs pour réduire le bruit en phase de fonctionnement** • **Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit liés aux ventilateurs** • **Élaboration de modélisations sonores** **Mesures de suivi :** • **Mesures de suivi au lancement de l'exploitation**			
Fonctionnement du CDR		CDR situé dans le parc départemental des Hautes-Bruyères	Nul lié à l'implantation de l'ouvrage en souterrain	• **Pas de mesure nécessaire**			
Fonctionnement du SMR à Morangis		Site de maintenance et de remisage des trains (SMR)	Impact faible lié au contexte de zones agricoles à proximité de l'aéroport d'Orly. Habitat éloigné et jardins familiaux proches.	• **Isolation des activités au sein du bâtiment industriel** • **Procédure ICPE à venir qui traitera de manière approfondie la thématique du bruit**			

6.4.6. Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Mesures d'évitement	Intégré au coût global des travaux
Ecran/ Murs anti-bruit autour des emprises de chantier	200 à 400 euros /m^2
Traitement des installations techniques - Capotages / Ecrans acoustiques - Silencieux - Anti-vibratiles…	200 à 400 euros /m^2 De 800 à 4000 euros l'unité (Le coût est très variable selon la taille de la section et la longueur des baffles) Dépend de la performance souhaitée, à partir de 30 euros / plot anti-vibratiles
Plan de communication à l'égard des riverains	Intégré au coût des travaux
Monitoring acoustique des chantiers	Intégré au coût des travaux

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Mesures d'évitement	Intégré au coût global des travaux
Traitement des installations techniques - Capotages / Ecrans acoustiques - Silencieux - Anti-vibratiles…	De quelques centaines d'euros l'unité pour des petits silencieux jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'euros pour un silencieux de puits de ventilation. Le coût est très variable selon la taille de la section et la longueur des baffles
Ecran visuel végétalisé	200 à 300 euros /m^2

6.5. 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.

6.5.1. Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques

6.5.1.1. 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 et de leur mode d'alimentation en énergie. Certains fonctionnent avec des carburants liquides de type essence ou fuel.

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 14 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 le rapport 1/3 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.

Les matériels fixes sont situés sur la base chantier. Leur nature étant inconnue, il est impossible de définir des impacts.

6.5.1.2. Impacts indirects

Aucun impact indirect n'est identifié pour la phase chantier.

6.5.1.3. Mesures d'accompagnement

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.

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,…).

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.

Mesures de compensations

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

Mesures de suivi dans le temps

Aucune mesure de suivi n'est nécessaire.

6.5.2. Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques

Les impacts relatifs aux ondes électriques et magnétiques émises lors de la phase d'exploitation ont été évalués à partir d'une modélisation du matériel roulant.

L'objectif de cette modélisation a été d'analyser l'impact électromagnétique de l'extension de cette Ligne 14 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.

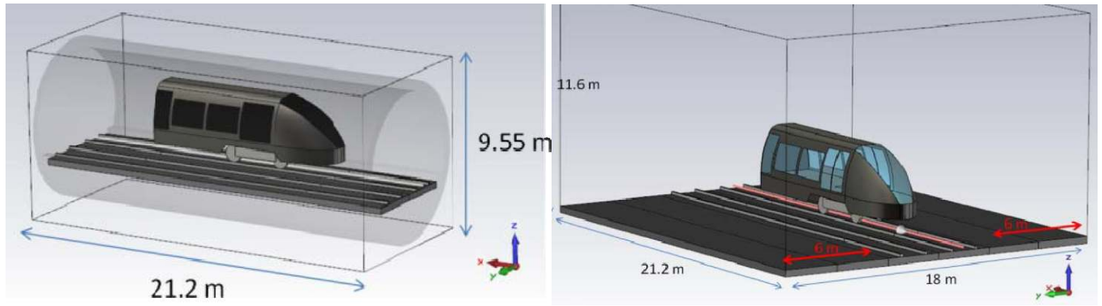
L'étude s'est faite en deux temps :

- 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, 750 V, 2700 A, $P_{continue}$ = 2000 kW).
- Dans un second temps, elle a tenté d'évaluer le rayonnement émis par les antennes UHF de communication (TETRA, GSM-R).

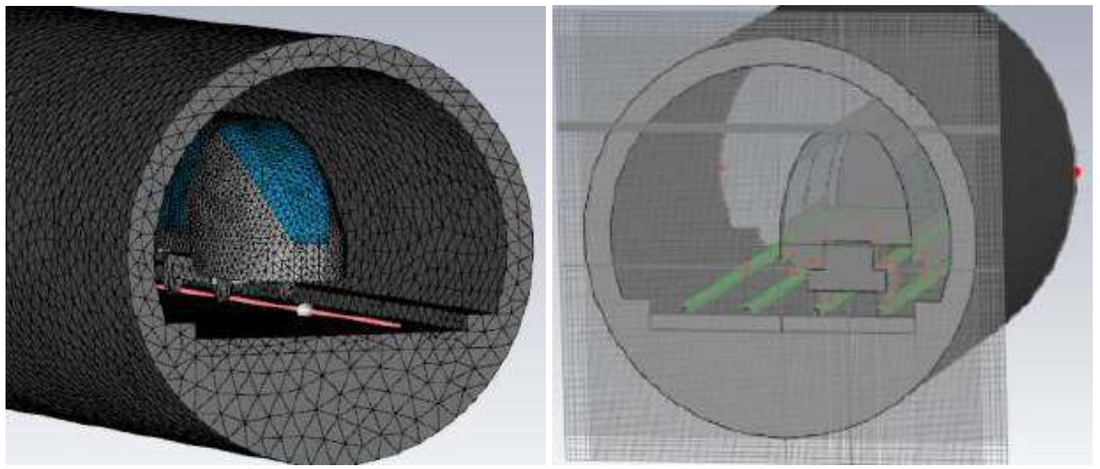
6.5.2.1. Principe de simulation

Deux configurations ont été modélisées :

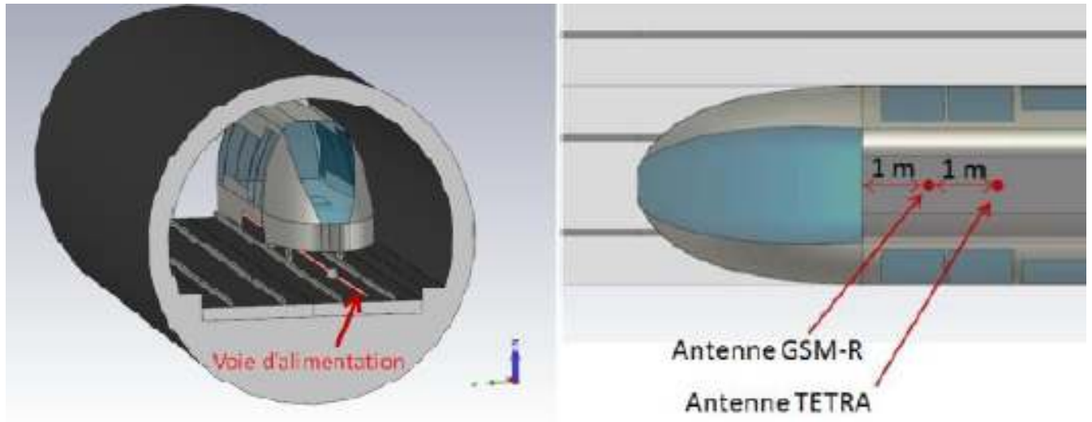
- Une situation en tunnel, pour la majeure partie de la rame
- Une situation en aérien, concernant le linéaire de Ligne 14 Sud au Sud de l'aéroport d'Orly.



Représentation du modèle d'une section en tunnel (à gauche) et d'une section en aérien (à droite)



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)



Alimentation de la rame (à droite) et emplacement des antennes UHF sur le toit de rame (à gauche)

La précédente figure montre l'alimentation de la rame par un troisième rail situé au niveau du sol. La tension d'alimentation est de 750 V CC. La puissance continue d'une rame est de 250 kW. Or, chaque train est composé de 8 rames. La puissance continue de traction totale est alors de 2000 kW, ce qui donne un courant d'alimentation de 2700 A. Chaque rame sera alors exposée à la même valeur de champ générée par le courant de ligne.

6.5.2.2. 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.

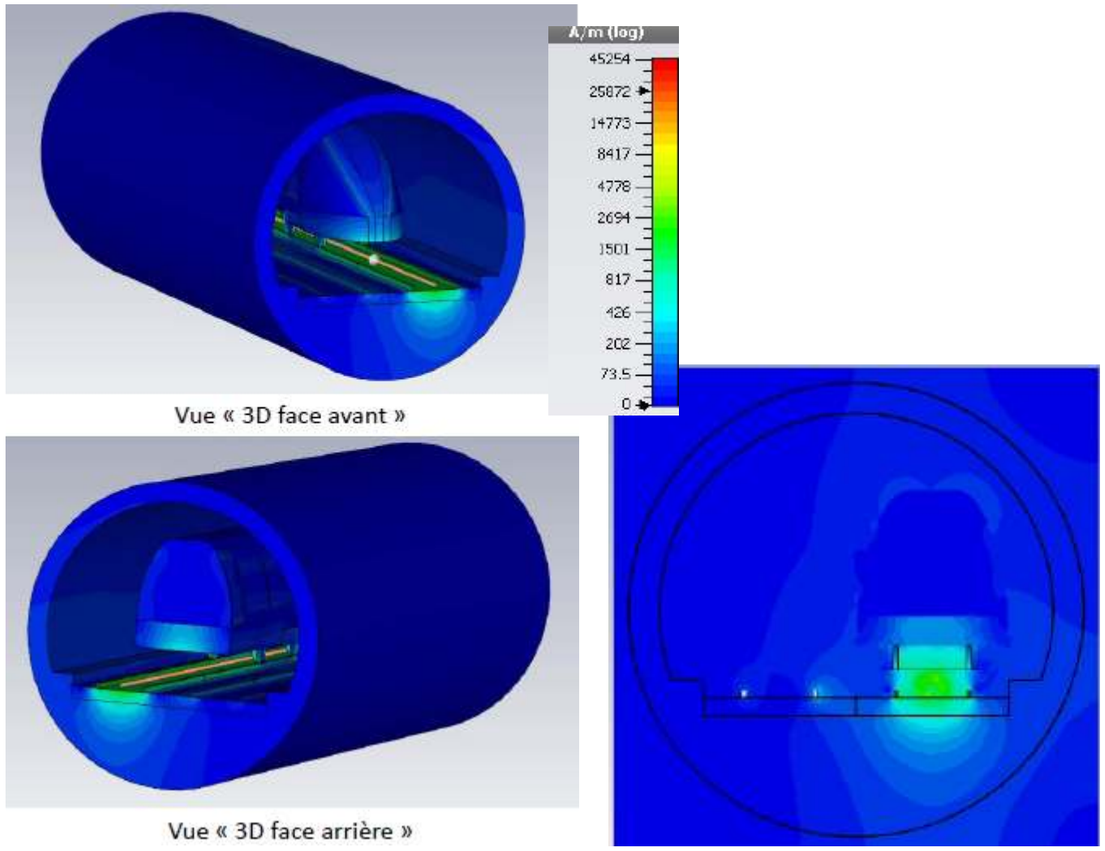
Standards / Fréquence		Champ E (V/m)		Champ H (A/m)	
		Efficace	Max.	Efficace	Max.
DC		N/A	N/A	3.2E4	4.52E4
50 Hz		5000	7071	80	113
TETRA	380 MHz	28	39.6	0.073	0.10
	470 MHz	28.8	40.7	0.080	0.11
GSM-R	876 MHz	40.6	57.5	0.109	0.154
	880 MHz	40.7	57.6	0.109	0.154

Niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE

6.5.2.3. 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.

Section en tunnel



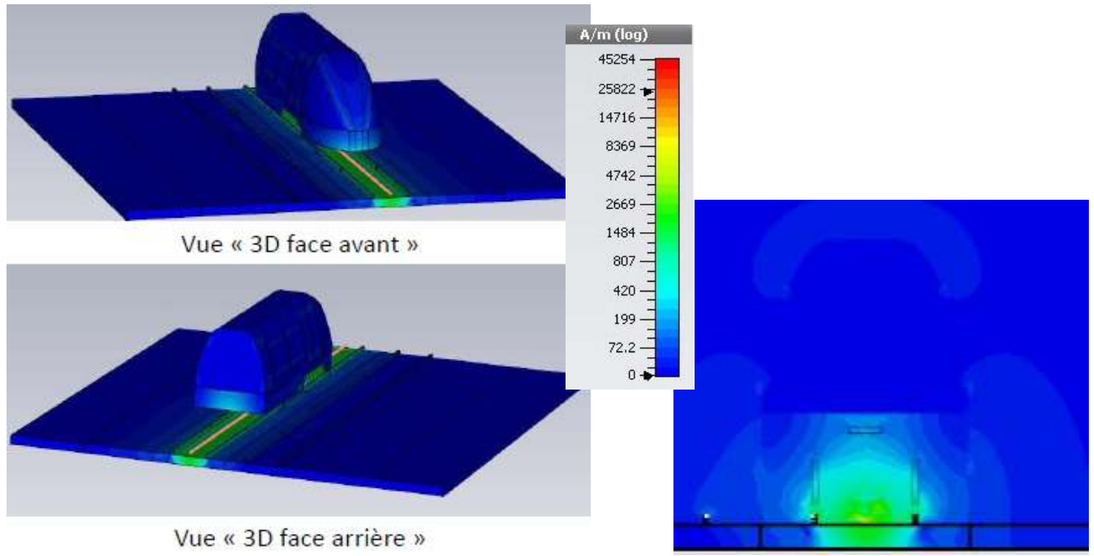
Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel (à droite : en 3D face avant et arrière ; à gauche : Orthogonalement à la voie)

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 entre les deux rails de guidage.

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.

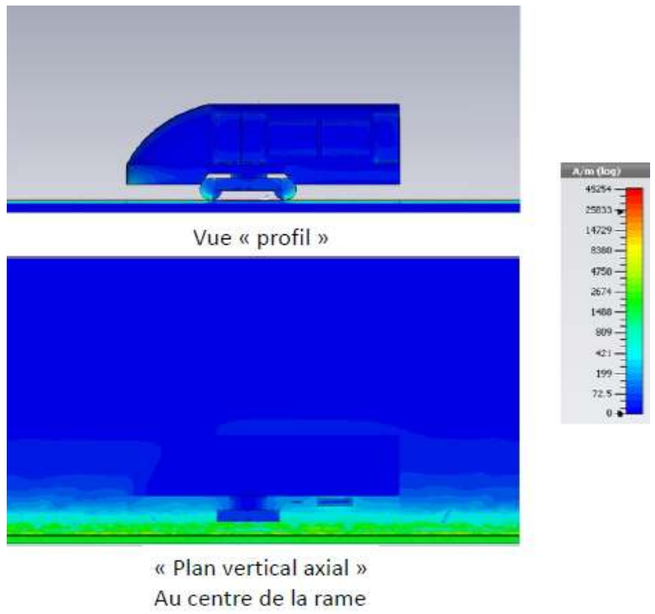
En dehors des emprises des rails, la valeur du champ magnétique est globalement inférieure à 100 A/m.

Section aérienne



Champ magnétique émis par la voie d'alimentation en partie aérienne (à droite : en 3D face avant et arrière ; à gauche : Orthogonalement à la voie)

Sur les faces avant et arrière, le niveau de champ magnétique est très largement inférieur au niveau recommandé pour l'exposition du public. Comparé à la configuration souterraine, le niveau maximal est toujours situé autour de la voie d'alimentation.



Champ magnétique émis par la voie d'alimentation dans la section aérienne (profil du tunnel)

Conclusion concernant les émissions magnétiques engendrées par le rail d'alimentation

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 de l'aéroport d'Orly et des établissements sensibles de soin sera négligeable, voire inexistant, en raison de la distance et du milieu de dispersion de l'onde.

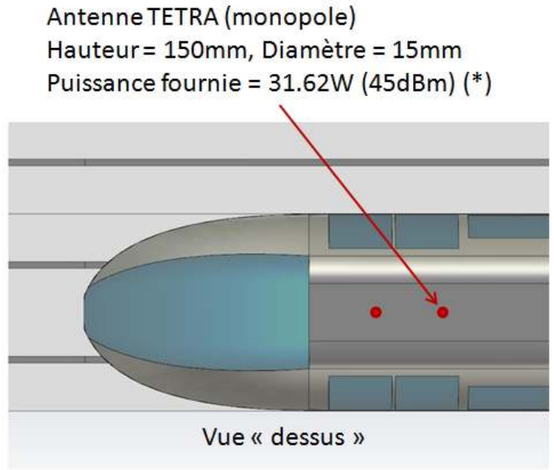
6.5.2.4. Impacts directs et indirects des émissions de champ électrique et magnétique émises par les antennes

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.

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

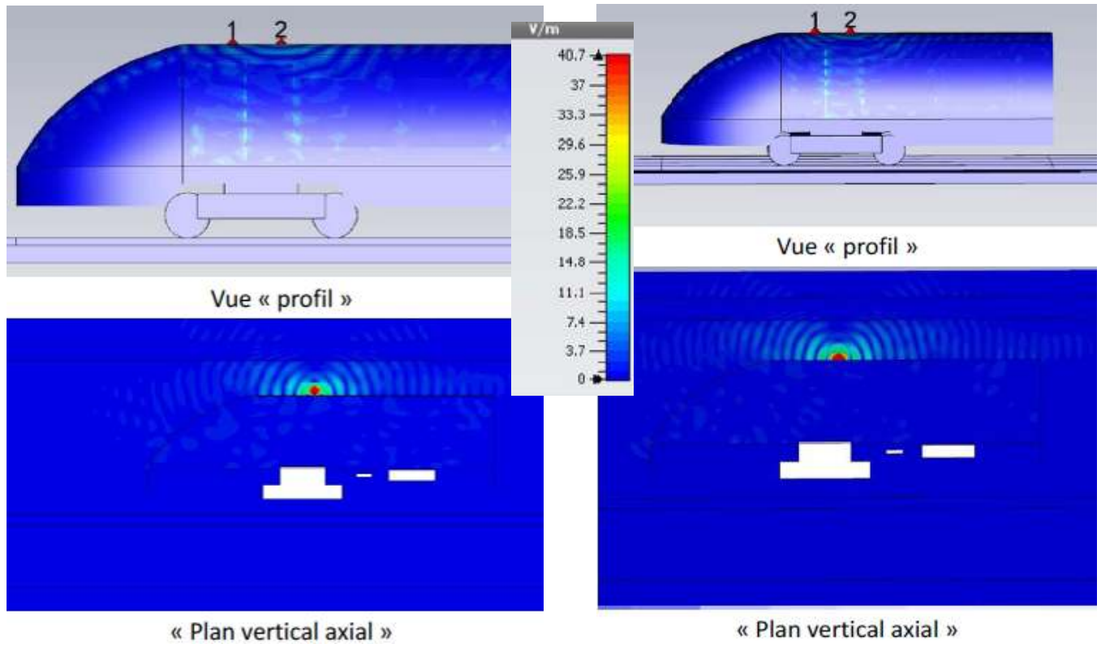
Dimensions et puissance fournie de l'antenne TETRA

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 magnétique recommandé de l'exposition du public est de 40.7V/m pour f = 470MHz.

Si 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 avec la distance en surface de la rame.

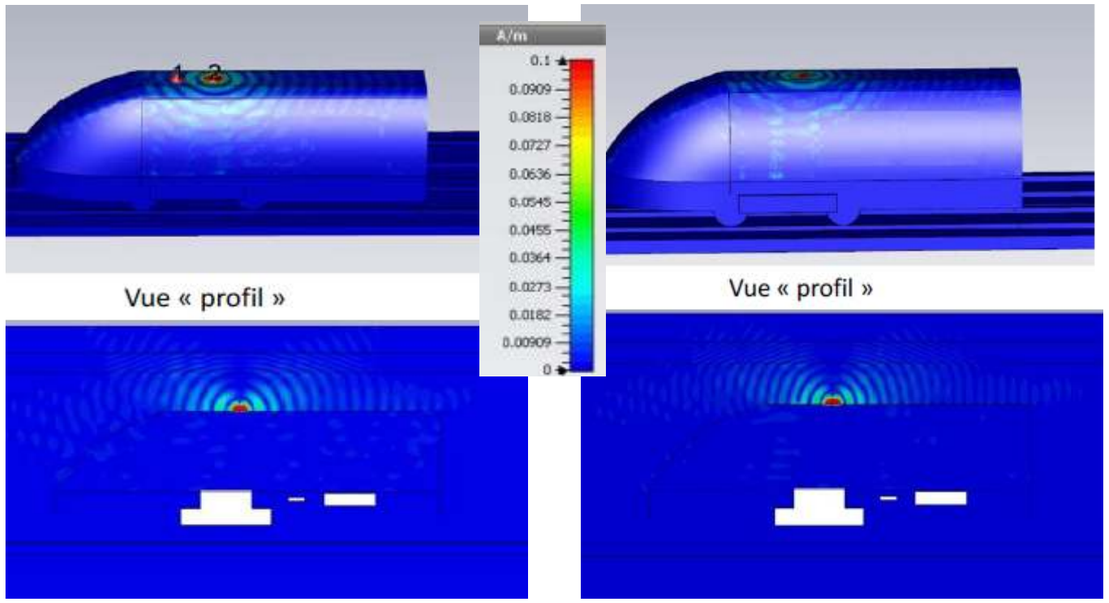
Toutefois, dans la rame, le champ électrique est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

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,

Si 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)

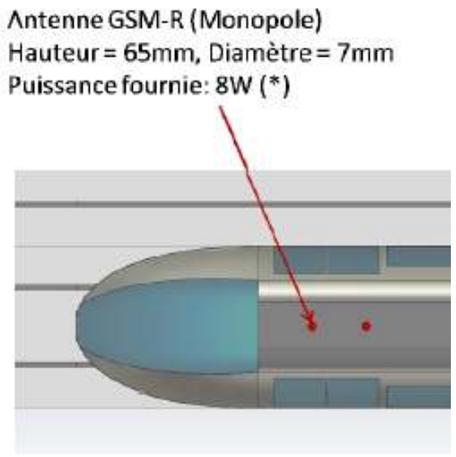
Le champs magnétique sur le toit de la rame dépasse respectivement 0.10A/m et 0.11A/m (deux cas modélisés) au niveau de la source d'émission. Il se dissipe ensuite avec la distance en surface de la rame.

Toutefois, dans la rame, le champ magnétique perçu est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

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.



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.

6.5.2.5. Conclusions générales de l'étude les impacts directs et indirects

L'impact électromagnétique produit par le matériel roulant de la Ligne 14 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 comme ceux relatifs à l'aéroport d'Orly sera négligeable voire inexistant, à l'image de l'OrlyVal en place.

- 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.

6.5.2.6. 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.

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 ce, 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.

Mesures de réduction

Aucune mesure de réduction n'est nécessaire.

Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est pressenti.

Mesures de compensations

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

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.

6.5.3. Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase exploitation

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Champ émis par le tunnelier	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Réduction* - Choisir des matériels performants sur ce critère - 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* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Non quantifiable			

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase chantier

Eléments concernés	***Niveau d'enjeu identifié par section dans l'état initial***	***Zones impactées si spécifiquement localisées***	***Eléments du projet en interaction***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact brut avant l'application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Champs émis par la voie d'alimentation : 3ème rail au sol	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Evitement* Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques *Suivi* Entretien des équipements électriques	néant	néant
Champs émis par les antennes de communication	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel (matériel roulant)	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul			

6.5.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques

6.5.4.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Choisir des matériels performants sur ce critère	Intégré au coût du chantier
Mise en place de cages de Faraday ou équivalent	Intégré au coût du chantier

6.5.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques	Prise en compte au niveau de la définition du matériel roulant
Entretien des équipements électriques	Intégré au coût de fonctionnement

6.6. Energie 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 14 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 14 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 14 Sud en tenant compte des lignes du Grand Paris déjà en service à l'horizon 2024. Ensuite, l'analyse est complétée en l'étendant à une situation de projet prenant en compte la quasi-totalité du réseau Grand Paris Express (horizon 2030), et rapportée à une situation de référence ne prenant en compte aucun tronçon du Grand Paris Express, afin d'évaluer le rôle de la Ligne 14 Sud au sein de cet ensemble maillé.

6.6.1. Energie

6.6.1.1. 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[36] 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 induites en phase chantier, notamment pour l'acheminement des matériaux et l'évacuation des déblais, seront, en revanche, analysées en détail 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.

[36] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB.

6.6.1.2. Impacts et mesures en phase chantier de la Ligne 14 Sud

Impacts directs et indirects

En phase de construction, les consommations énergétiques directes concernent essentiellement l'énergie nécessaire pour les chantiers eux-mêmes (bases vie, engins de chantier, etc.) ainsi que l'énergie nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

Plus en amont, la production des matériaux nécessaires à la construction peut également nécessiter des quantités très importantes d'énergie.

Comme mentionné précédemment, ces consommations seront abordées plus en détail dans l'analyse des impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

Mesures d'évitement et de réduction

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. 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. Outre ces désavantages, les nuisances générées (augmentation du trafic et bruit) peuvent constituer des facteurs limitants, notamment pour les horaires de fonctionnement.

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes, il est fondamental d'en organiser sérieusement l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et de limiter les impacts induits. Il faudra ainsi réduire au maximum le parcours sur le réseau routier des camions nécessaires à cet ouvrage, le nombre de ces derniers étant particulièrement conséquent.

Le transport fluvial et le fret ferroviaire étant des options difficilement utilisables dans le cadre de la Ligne 14 Sud (voir Schéma directeur d'évacuation des déblais), l'impact de l'acheminement des matériaux devra être atténué par le choix de matériaux locaux (afin de diminuer les trajets liés à l'apport de la matière première) et peu émissifs (privilégier les certifications environnementales).

Effets résiduels et mesures de compensations

Il n'y a pas, à proprement parler d'impact résiduel sur les consommations énergétiques. En effet, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des consommations énergétiques en Ile-de-France. Cet impact étant permanent, il devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les consommations énergétiques mais aussi, à long terme, permettre de réduire les consommations énergétiques en Ile-de-France.

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.

6.6.1.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation de la Ligne 14 Sud

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.

Impacts directs : 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.

Il est possible d'évaluer de manière conservative la consommation future du projet à partir des voitures.kilomètres parcourus (pour les consommations liées à la traction des trains), et des superficies des gares et des bâtiments techniques (pour les consommations liées au chauffage et 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 voiture 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 14 Sud, un facteur de consommation moyen de 2,5 kWh/voiture.km a été retenu dans la présente étude. Il correspond à une hypothèse prudente pour la consommation moyenne d'un matériel roulant sur pneu. Le nombre de voitures.km parcourus 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 14 Sud (2024)	38 000	**95 000 MWh** soit **8 200 tep**

La consommation annuelle de la Ligne 14 Sud représente environ 18% de la consommation de l'ensemble du réseau du Grand Paris (voir ci-après). Cette part importante, malgré une longueur limitée de la ligne (environ 7% du linéaire du réseau global), s'explique par la fréquence élevée du métro (85 secondes en heure de pointe), la longueur des trains (8 voitures par rame) et, dans une moindre mesure, par la technologie de roulement sur pneu qui présente de nombreux avantages mais consomme légèrement plus qu'un système sur fer.

Besoins énergétiques des bâtiments

Les besoins des bâtiments correspondent principalement à l'électricité nécessaire à leur fonctionnement (éclairage, informatique, panneaux lumineux,…) et éventuellement au chauffage. La consommation énergétique dépend de nombreux facteurs, notamment de l'organisation et du volume 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 et centres de remisage et de maintenance. Cependant, il est possible d'évaluer une consommation moyenne 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.

Ainsi, les besoins en énergie ont été évalués sur la base d'une estimation des surfaces des sept futures gares du projet et du SMR de Morangis. Le CDR de Villejuif n'étant utilisé que ponctuellement, il n'a pas été considéré dans les estimations. Un facteur de consommation de 126 kWh/m²/an a été retenu pour le fonctionnement général (éclairage, systèmes informatiques, etc.). Un facteur de 167 kWh/m²/an supplémentaires a également été retenu pour les surfaces devant être chauffées (il a, par ailleurs, été considéré que les bâtiments souterrains ne nécessitent généralement pas d'être chauffés).

Le tableau ci-dessous présente les estimations de consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement des gares et bâtiments techniques de la Ligne 14 Sud.

Consommation annuelle des gares de la Ligne 14 Sud.

Consommation d'électricité des 7 gares de la Ligne 14 Sud	5 082 MWh soit 437 tep
Consommation d'électricité du SMR de Morangis et du CDR de Villejuif IGR	4 095 MWh soit 352 tep
Consommation de chauffage du SMR de Morangis et du CDR de Villejuif IGR	2 714 MWh soit 209 tep
Total	**11 891 MWh soit 1 000 tep**

Cette consommation des bâtiments de la Ligne 14 Sud représente environ 10,3% de la consommation globale des bâtiments du réseau du Grand Paris Express (voir ci-après).

Conclusion des impacts directs

D'un point de vue des consommations énergétiques et sur la base des hypothèses détaillées précédemment, la Ligne 14 Sud présente une répartition de 89 % des consommations énergétiques pour la traction et 11 % pour les bâtiments.

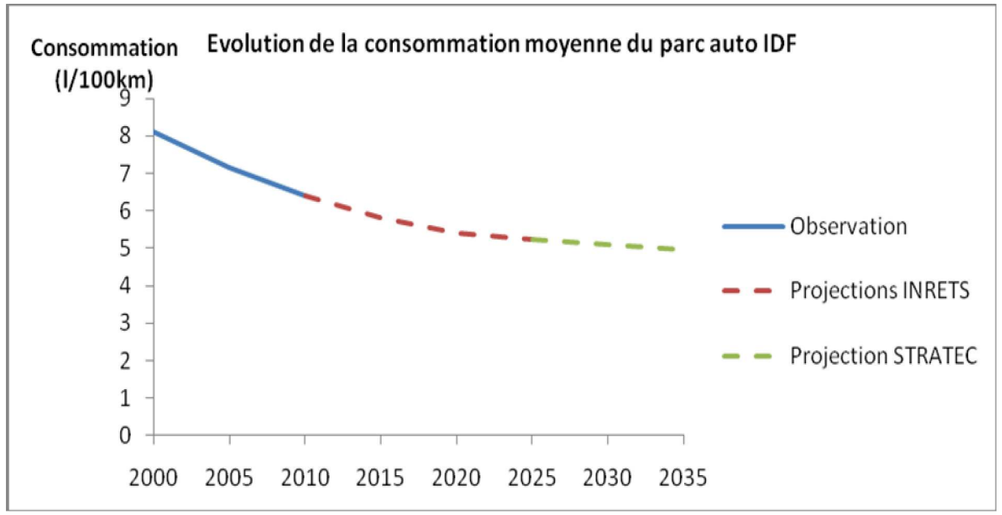
Impacts indirects : circulation routière

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[37]

Ainsi, pour évaluer les impacts de la Ligne 14 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 14 Sud).

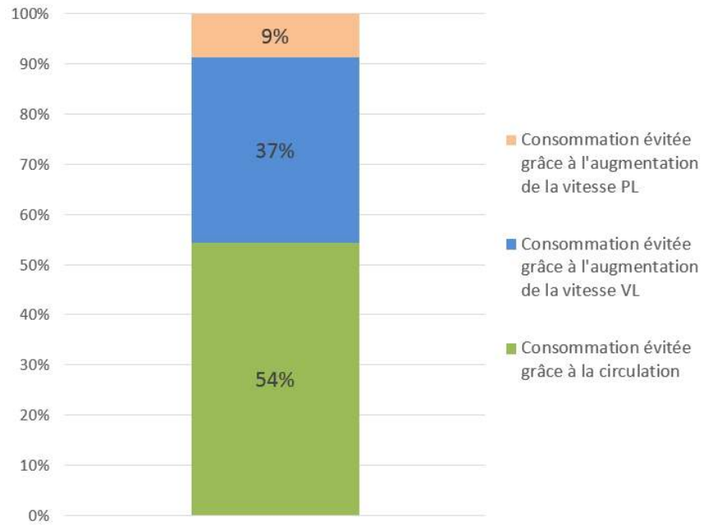
Les résultats présentés ci-après concernent l'horizon de la mise en service de la Ligne 14 Sud, c'est-à-dire 2024. Pour réaliser le bilan global à horizon 2035, les mêmes calculs ont été réalisés pour chaque année en tenant compte de la diminution des consommations des véhicules routiers. Par souci de clarté ces résultats ne sont cependant pas détaillés dans ce rapport.

[37] *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.*

Résultats des gains énergétiques annuels liés aux variations des consommations du trafic routier engendrées par le projet à l'horizon 2024 en tonnes équivalent pétrole (tep)

	Impacts annuels du projet à l'horizon 2024
Gains liés à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers	- 5 450 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers	- 3 700 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds	- 880 tep
Total	- 10 030 tep

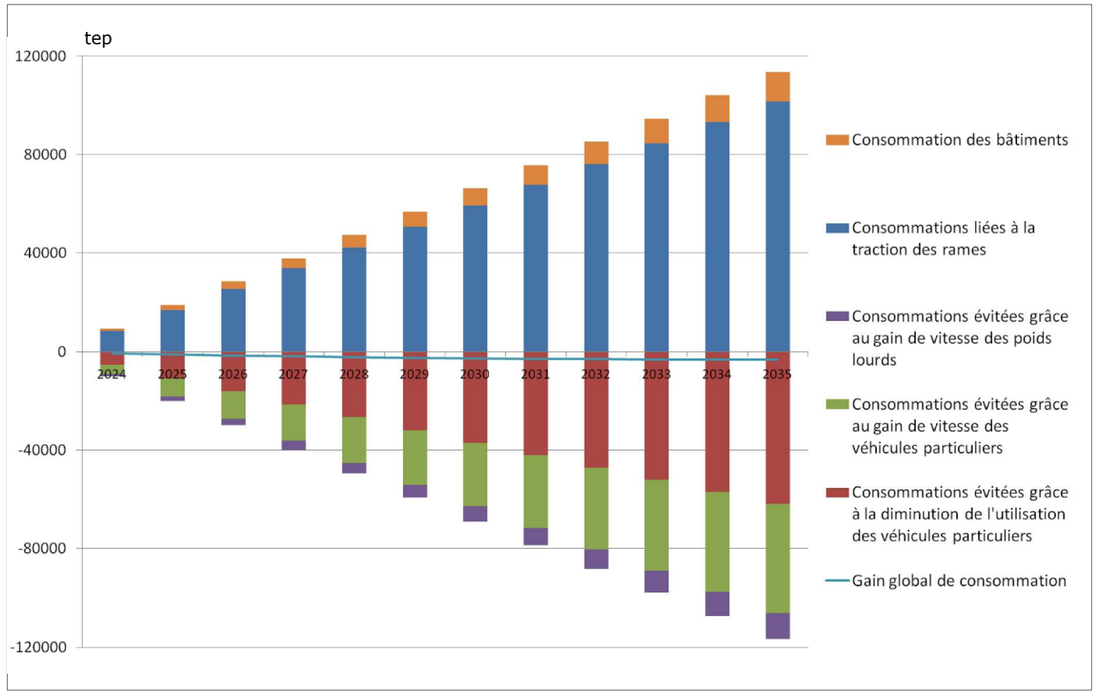
Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de plus de 10 000 tep économisées annuellement. La diminution des distances parcourue est responsable de 54% de ce total tandis que la légère augmentation de la vitesse de circulation des véhicules particuliers est responsable de 37% de ce total 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 14 Sud (horizon 2024).

Conclusion des impacts indirects

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service de la Ligne 14 Sud jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure. La figure révèle que le bilan énergétique de la Ligne 14 Sud est relativement équilibré puisque les consommations évitées grâce aux améliorations du trafic routier ne surpassent que légèrement les consommations nécessaires au fonctionnement du métro.



Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service de la Ligne 14 Sud

Ainsi, au total entre 2024 et 2035, plus de 100 000 tep seraient nécessaires à la traction des rames et environ 12 000 tep nécessaires au 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 116 000 tep.

Au final, la consommation générale d'énergie serait donc réduite d'environ 4 000 tep entre 2024 et 2035, ce qui correspond à environ 350 tep par an en moyenne.

Bien que non négligeable, ce gain reste relativement faible, ce qui s'explique par plusieurs raisons :

- Un des effets principaux de la Ligne 14 Sud et de délester les lignes de RER B et C qui sont actuellement très surchargées. Ainsi, une grande partie des voyageurs empruntant la nouvelle ligne sont des reportés d'autres lignes de transports en commun plutôt que des voyageurs circulant précédemment en voiture.

- Les hypothèses de localisation des populations et des emplois retenues dans le modèle de transport pour l'horizon 2024 (mise en service du projet) ne prennent pas en compte d'effet de densification spécifique autour des gares. Ainsi, il peut être considéré que la méthode de calcul utilisée pour le bilan énergétique sous-estime la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers, dans la mesure où les gains annuels du projet sont fondés sur les gains calculés à l'horizon 2024, qui sont donc les plus bas par construction.

- Les hypothèses retenues pour évaluer les consommations de l'infrastructure (traction et bâtiments) sont relativement conservatrices. L'utilisation de nouvelles technologies,

notamment en termes de récupération de l'énergie au freinage et d'éclairage écologique, devrait permettre de réduire sensiblement les consommations du métro.

Par ailleurs, comme présenté dans la partie suivante, l'impact positif de la Ligne 14 Sud sera amplifié par la mise en service des autres lignes du Grand Paris Express qui permettront de créer de nouvelles connexions avec d'autres lignes de transport en commun.

6.6.1.4. Impacts et mesures en phase d'exploitation du réseau du Grand Paris Express (horizon 2030)

Impacts directs : besoins propres à l'infrastructure

Besoins énergétiques liés à la traction

A l'image de la démarche conduite afin de déterminer les consommations annuelles de la Ligne 14 Sud, les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction de l'ensemble des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Consommations énergétiques liées à la traction du matériel roulant pour l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris

	Milliers de voitures.km / an	Consommation annuelle
Réseau global (2030)	232 000	**530 000 MWh** soit **45 600 tep**

Besoins énergétiques des bâtiments

Le tableau ci-dessous présente les consommations énergétiques des gares et des bâtiments techniques pour l'ensemble du réseau du transport du Grand Paris (horizon 2030) :

Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques de l'infrastructure du Grand Paris.

	Gares	Bâtiments techniques
Consommations d'électricité[38]	73 500 MWh soit 6 320 tep	18 900 MWh soit 1 625 tep
Consommation de chauffage	9 700 MWh soit 749 tep	12 500 MWh soit 964 tep
Total	**114 600 MWh soit 9 700 tep**	

[38] Facteurs de conversion : 1MWh$_{Gaz}$ = 0,077 tep, et 1 MWh$_{Electricité}$ = 0,086 tep ; sources : Commissariat Général au développement durable, Chiffres clés de l'énergie, Edition 2011

Conclusion des impacts directs

Du point de vue des consommations énergétiques et sur base des hypothèses détaillées dans le cadre de l'étude similaire concernant la Ligne 14 Sud, l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris présente une répartition de 83% pour la traction et 17% pour les bâtiments.

Impacts indirects : circulation routière

En utilisant la même méthodologie que pour la Ligne 14 Sud, il a été possible d'estimer les diminutions de consommations énergétiques engendrées par l'ensemble du réseau du Grand Paris à l'horizon 2030. Celles-ci sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Gains énergétiques annuels liés aux diminutions des consommations du trafic routier engendrées par l'ensemble du Grand Paris à l'horizon 2030

	Impacts de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030
Gains liés aux diminutions des distances parcourues par les véhicules particuliers	- 93 500 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers	- 23 600 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds	- 10 400 tep
Total	- 127 500 tep

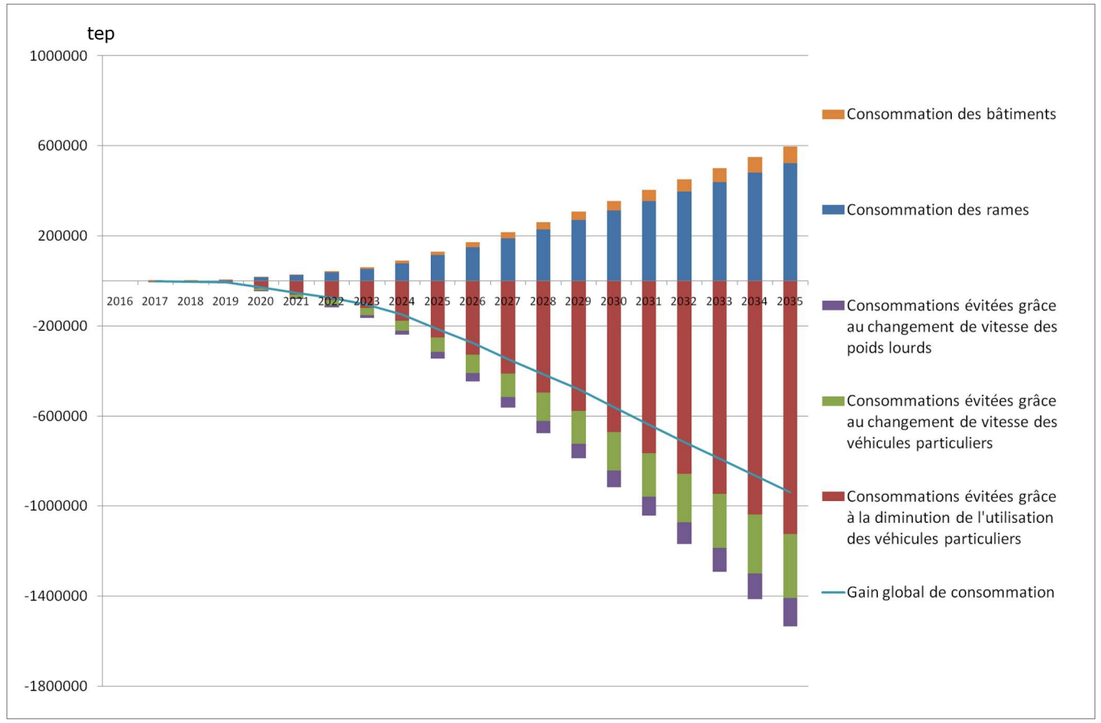
Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de 127 500 tep économisées annuellement.

Nota : *Dans les précédentes évaluations visant à apprécier l'impact du Grand Paris Express sur les consommations énergétiques liées au trafic routier, les gains prévisionnels étaient moins élevés. Ils conduisaient ainsi à un total économisé d'environ 55 700 tep/an. Cette évolution résulte de la mise à jour des hypothèses prises en compte en matière d'occupation du sol : en particulier, il est fait l'hypothèse que le passage de la situation de référence (sans projet) à la situation avec projet conduit à un effet de concentration plus important de la croissance démographique au cœur de la région Ile-de-France, du fait de la desserte de ce dernier par la nouvelle infrastructure du Grand Paris Express.*

Cette mise à jour des hypothèses, cohérente avec les études menées par la Société du Grand Paris en utilisant des outils de modélisation couplant mobilité et usage du sol, répond à une observation émise en 2014 par le Commissariat général à l'investissement dans son avis sur le dossier d'enquête publique relatif au projet « Ligne 16 / Ligne 17 Sud / Ligne 14 Nord » du Grand Paris Express. Les hypothèses ainsi retenues sont identiques à celles utilisées pour l'évaluation socio-économique du projet (pièce H du présent dossier).

Synthèse

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service des premières lignes du Réseau de Transport du Grand Paris jusqu'à l'horizon 2035 est représentée sur la figure ci-après. La figure révèle que le projet global est bénéfique d'un point de vue énergétique dès la mise en service des premières lignes. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.



Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service du Réseau de Transport du Grand Paris

Entre 2020 (mise en service des premiers tronçons) et 2035, ce sont 523 000 tep qui seraient nécessaires à la traction des rames et environ 75 000 tep nécessaires au 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 1,535 millions de tep. Au total, ce sont donc 937 000 tep qui seraient consommés en moins entre 2020 et 2035 soit en moyenne 58 000 tep économisés par an.

Mesures d'accompagnement et effets résiduels

Bien que les impacts de la Ligne 14 Sud sur la diminution des consommations énergétiques soient relativement faibles, l'analyse des impacts de l'ensemble du Grand Paris montre que l'infrastructure aura un effet globalement positif sur les consommations énergétiques en Ile-de-France. Des mesures d'optimisation du projet devront néanmoins être 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 14 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[39].

Bien que moins importante, la consommation des gares pourra également être limitée au maximum. En termes de conception des bâtiments, il sera envisagé de construire des bâtiments bien isolés et récupérant un maximum d'énergie solaire. L'utilisation d'énergie renouvelable sera également envisagée.

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 de déplacer ainsi le bilan en faveur du projet.

[39] Metro automatique et économie d'énergie, Siemens, 2009

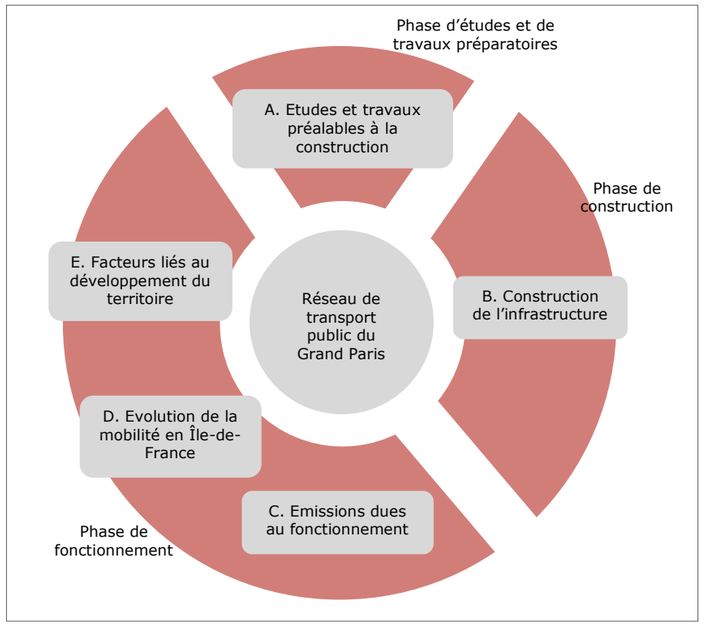
6.6.2. Emissions de gaz à effets de serre

6.6.2.1. 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 majeur 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. Cet enjeu est renforcé 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'ils 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, le lecteur référera au 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.

Les enjeux du projet vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre sont multiples et concernent tant la phase de construction que la phase d'exploitation de l'infrastructure.

L'impact de la Ligne 14 Sud sur les émissions de GES est fortement lié à l'ensemble du réseau du Grand Paris. Comme pour l'énergie, l'analyse portera donc dans un premier temps sur la Ligne 14 Sud en isolant ces effets de ceux des autres lignes du Grand Paris (horizon 2024) puis dans un deuxième temps sur l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris (horizon 2030).

6.6.2.2. Impacts et mesures en phase chantier de la Ligne 14 Sud

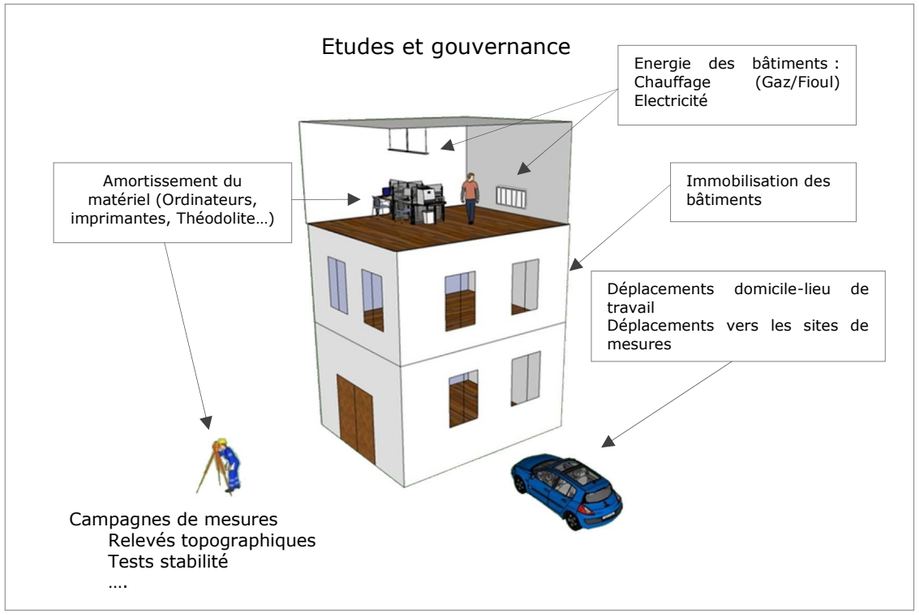
En phase chantier, l'enjeu principal se situera dans les méthodes de constructions et les types de matériaux utilisés : il s'agira de choisir les techniques les moins émissives possible et de réduire les émissions liées à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

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. Citons notamment les études d'intérêt socio-économique, 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 11 100 téq CO_2 (soit un peu plus de 7% 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 détail 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, comme le montre le tableau ci-dessous.

Flux d'émissions et flux d'activité de la quantification des émissions de gaz à effets de serre liés à la construction du projet

tCO2e		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	***12***	***0***	***0***	***0***	***13***		
	Energie, déblais et r	2.080	137	0	0	0	1.620	25
	Bétons, ciments	173.000	1.680	0	0	8.690	0	0
	Métaux	0	0	0	0	51.100	0	0
	Chaux	0	0	0	0	0	0	0
	Autres matériaux	0	0	0	0	0	20.200	0
	Transport et fret	18.900	449	0	0	1.040	4.710	1.490
	Changement usage	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	**194.000**	**2.270**	**0**	**0**	**60.800**	**26.500**	**1.520**
		285.000						
	Par km de dble voie (12,69544)	**15.300**	**179**	**0**	**0**	**4.790**	**2.090**	**120**
		22.500						

Tout comme pour l'approche au niveau global, la méthodologie utilisée pour réalisation la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 14 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 :

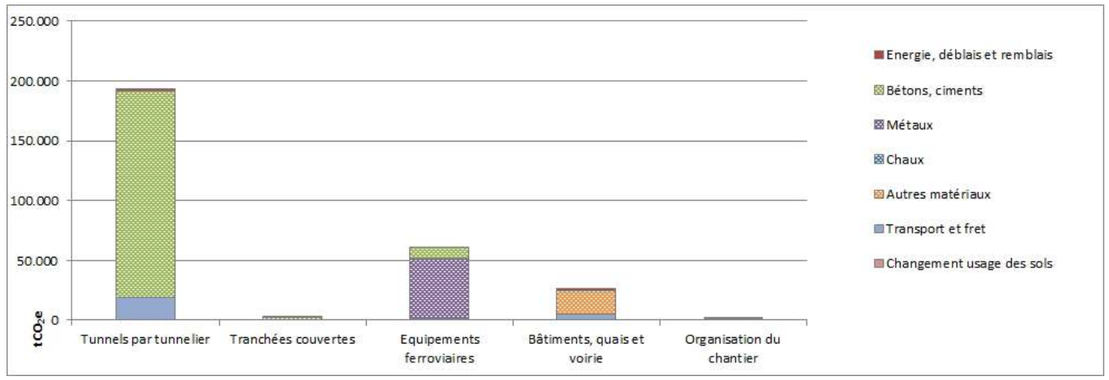
- La longueur de voie à réaliser est d'environ 13 km. Les parties courantes sont réalisées au tunnelier et sont de type monotube.
- Le nombre de gares en incluant les gares de Maison Blanche – Paris XIIIe et de l'Aéroport d'Orly est de 7.
- Matériel roulant : il s'agit de trains sur pneus composés de 8 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)	**285 000**
Emissions par km (téq CO_2/km)	**22 500**

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

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.

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.

6.6.2.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation de la Ligne 14 Sud

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.

Impacts directs et indirects

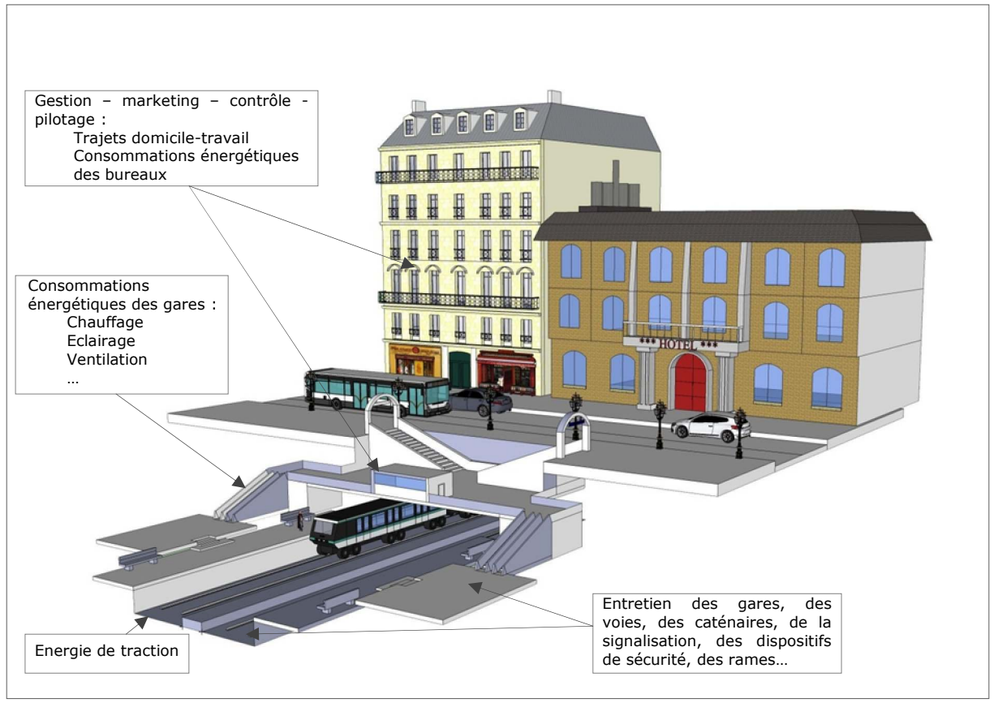
De nombreux flux de carbone sont liés au fonctionnement des infrastructures de transport. Il s'agit principalement de la consommation d'énergie et de tous les intrants liés au fonctionnement des trains et des gares :

- 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.). Des rames de service peuvent également recourir à des combustibles (fioul, différents gaz…), permettant ainsi d'intervenir sur le réseau lorsque la distribution en électricité est coupée (maintenance…).

- 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…) induit 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 12 240 teq CO_2 en 2024, et les émissions cumulées s'élèvent à 337 000 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, des bâtiments d'accueil du public et des bâtiments techniques (maintenance) ont été estimées sur base des estimations de surfaces dédiées à ces espaces. Comme dans la partie relative à l'énergie, la consommation moyenne en électricité des bâtiments hors usages thermiques (chauffage et eau chaude sanitaire) a été considérée comme égale à 126 kWh/m².an tandis que la consommation énergétique nécessaire au chauffage et à l'eau chaude a été évaluée sur base d'une utilisation de gaz naturel et en tenant compte d'une consommation de 167kWh/m².an.

Les émissions de CO_2 de l'utilisation des bâtiments sont de 1 504 teq CO_2 en 2024.

Activités de gestion, de marketing, de pilotage, d'entretien

Les émissions du projet liées à l'entretien et au renouvellement ont été évaluées sur base des budgets prévisionnels pour de ces activités. Elles s'élèvent à 3 300 teq CO_2 en 2024.

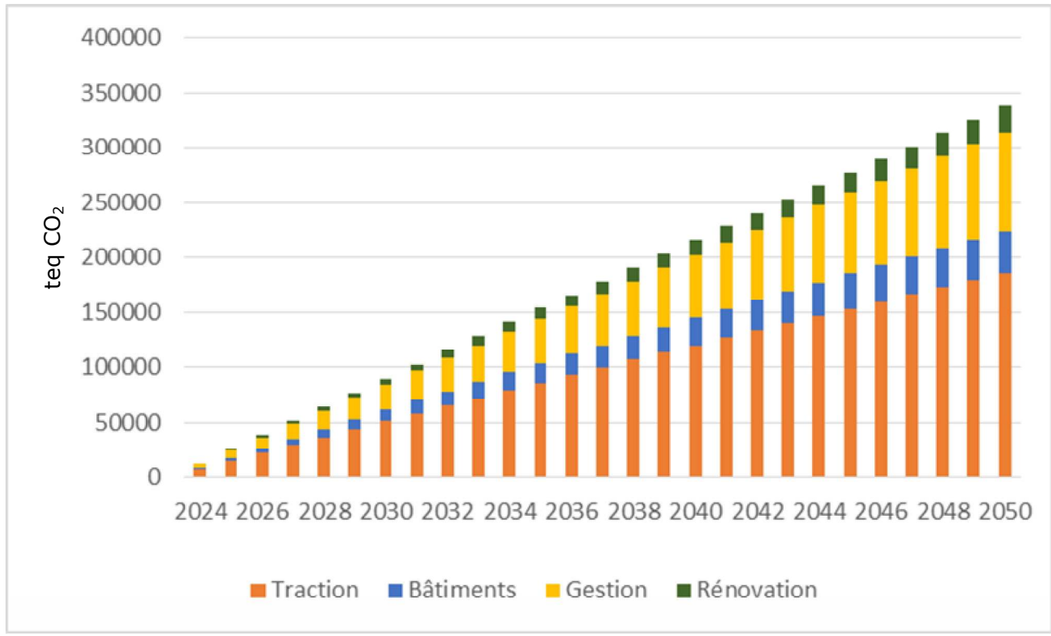
Emissions liées au renouvellement du matériel et aux opérations lourdes de rénovation

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 14 Sud ont été évaluées à 880 téq CO_2 par an à partir de 2025.

Résultats globaux liés 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 traction est le premier poste responsable des émissions de GES (55%), devant la gestion (27%), le fonctionnement des bâtiments (12%) et la rénovation lourde (7%).



Émissions (téq CO_2) cumulées par poste de fonctionnement pour le projet

Impact indirect : 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.

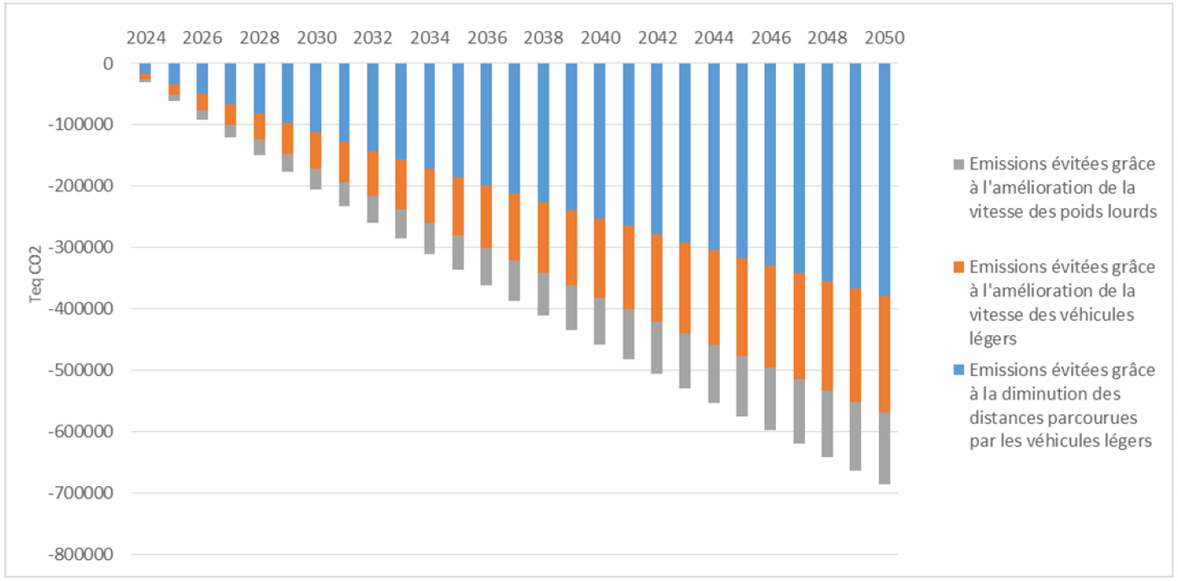
Comme lors de l'estimation des gains énergétiques, deux effets principaux du projet de métro sur le trafic routier et sur les émissions de CO_2 sont constatés :

- 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 représente les émissions évitées cumulées grâce à la mise en service de la Ligne 14 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 14 Sud.

Impact indirect : 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 14 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 TC 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.

Ce volet calcule[40], 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.

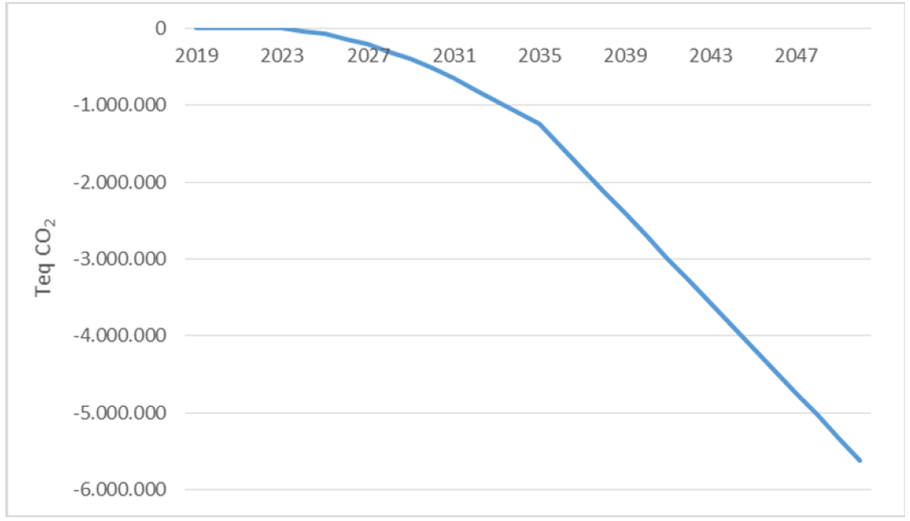
La modification du territoire qu'amène le projet de la Ligne 14 Sud entraîne un large gain des émissions de CO_2. Ces gains s'expliquent par l'impact du projet sur la densification et le renouvellement du bâti à proximité des gares : il y a moins de réseaux à construire, moins de surfaces rurales sont 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 5 667 milliers de teq CO_2 à l'horizon 2050 (avec 292 milliers de tec CO_2 pour la seule année 2050).

Les gains commencent dès la mise en service de la Ligne 14 Sud en 2024. 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. C'est deux ans après sa mise en service, soit en 2026, que les émissions évitées liées au fonctionnement compensent les émissions engendrées par la phase chantier.

[40] *Pour plus d'informations, voir 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 public du Grand Paris et les autres annexes relatives.*

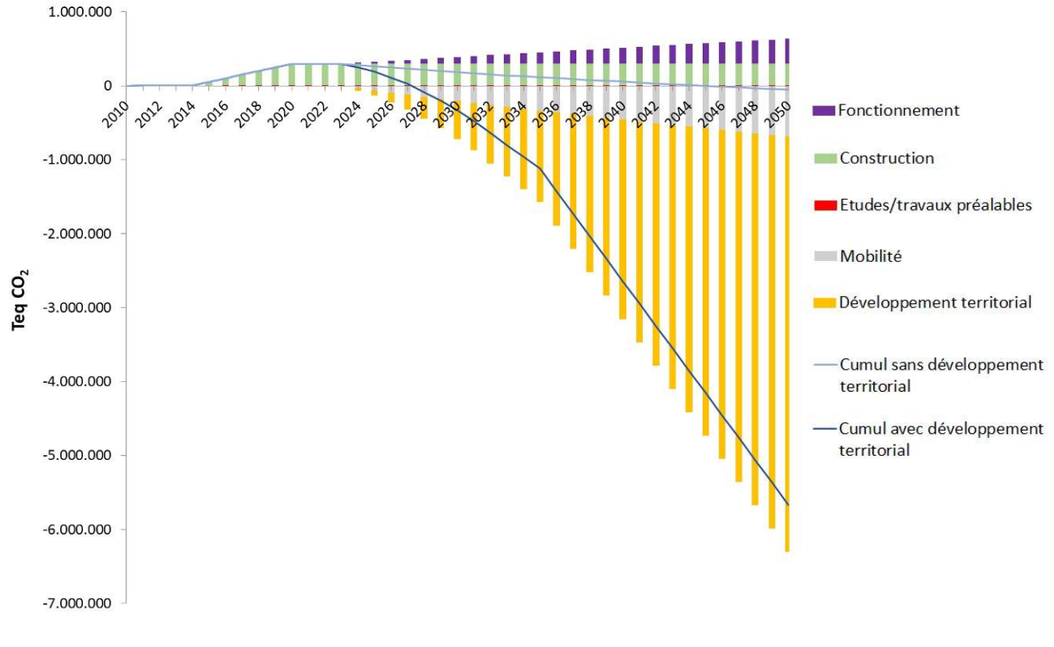
Le graphique ci-dessous représente les émissions cumulées au cours du temps engendrées par les impacts indirects des différentes phases du projet sur le développement territorial.



Comparaison des gains (téq CO_2) cumulés pour les hypothèses centrales

6.6.2.4. Synthèse des émissions de la Ligne 14 Sud

Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre concernant la mise en service de la Ligne 14 Sud sont présentés dans le graphique ci-après. Il permet de comparer les émissions de CO_2 induites ou évitées par les différentes thématiques.



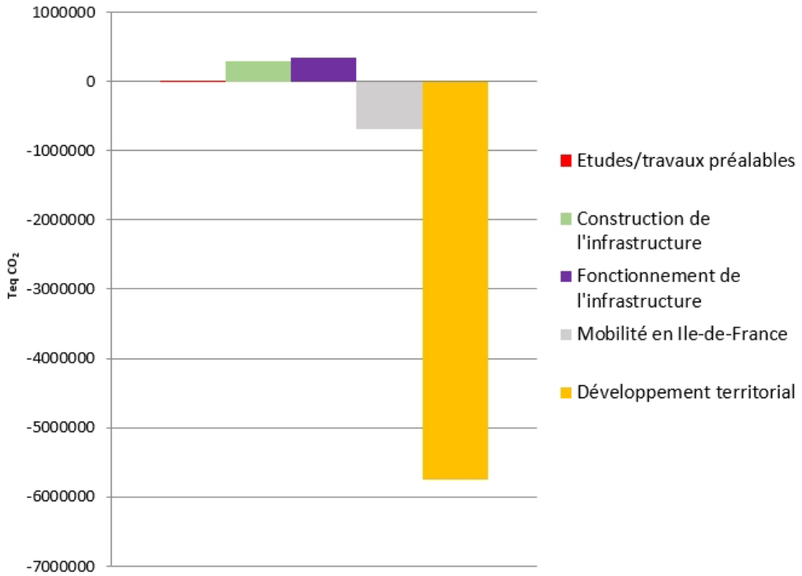
Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) liées à la réalisation de la Ligne 14 Sud

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.

Le cumul des émissions induites et évitées représenté sur les figures suivantes permet d'estimer la période nécessaire pour que les émissions évitées compensent les émissions induites par la conception et la construction de l'infrastructure. En 2028, c'est-à-dire 4 ans après la mise en service de la Ligne 14 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 2046, c'est-à-dire 22 ans après la mise en service de la Ligne 14 Sud.

A l'horizon 2050, les émissions induites et évitées depuis la mise en service de la Ligne 14 Sud se répartissent selon les éléments suivants :



Bilan des émissions de GES cumulées (en téq CO_2) par poste, à l'échéance 2050

Les résultats révèlent à nouveau que le poste le plus important est de loin le 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 permettront de largement réduire les émissions de GES à l'horizon 2050. Au total, ce sont approximativement 5,67 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 téqCO_2 en 2005[41]. L'analyse des impacts du projet sur les émissions du trafic routier montre que la diminution est d'approximativement –31 000 téq CO_2 par an à l'horizon 2024. Ces émissions évitées représentent donc une diminution d'environ –0,2% 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 téqCO_2 en 2005. Le projet permet une diminution d'environ -36 000 téqCO_2/an à l'horizon 2024, croissant jusqu'à – 290 000 à l'horizon 2050. Ceci correspond donc à une diminution de respectivement -0,1% des émissions de 2005 à l'horizon 2024 et -1,1% 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 du Grand Paris Express 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.

[41] *Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails*

6.6.2.5. Impacts et mesures en phase de chantier du réseau du Grand Paris

Impacts directs et indirects

Etudes et travaux préalables à la construction

Sur base des estimations des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance, les émissions correspondantes aux études préalables du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 146 600 téq CO_2.

Construction de l'infrastructure

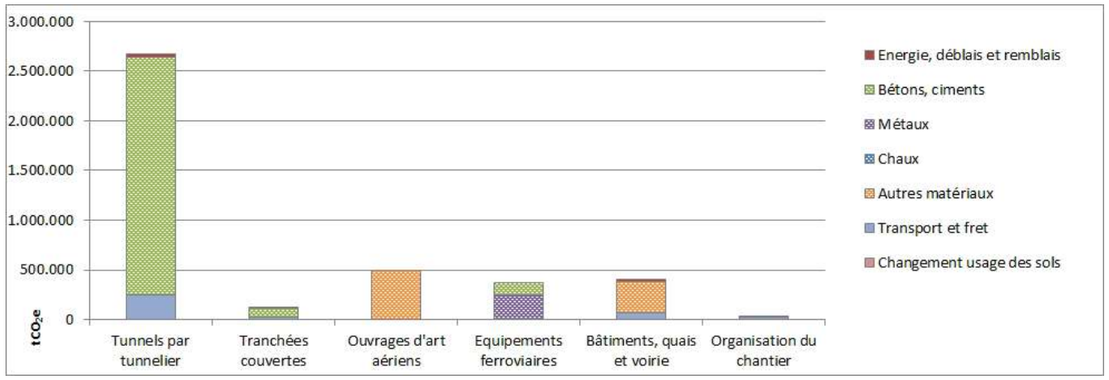
La quantification des émissions de GES de la construction a été réalisée selon la même méthodologie que pour la Ligne 14 Sud. La méthodologie utilisée pour la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 14 Sud s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®.

L'analyse globale des travaux nécessaires aux chantiers du réseau du Grand Paris a permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des parties du réseau. Les valeurs globales sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Emissions globales et par km de voie liées à la construction.

Emissions globales (téq CO_2)	**4 080 000**
Emissions par km (téq CO_2/km)	**22 500**

Le graphique présente la répartition des flux d'émissions selon les différentes activités composantes des chantiers de construction du réseau.



Emissions de GES, en téq. CO_2, par type d'activité et par type de flux d'émissions

De manière similaire à ce qui a été observé pour la Ligne 14 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 masse se combine avec

un procédé de fabrication très émetteur de GES pour le béton et le ciment.

6.6.2.6. Impacts et mesures en phase d'exploitation du réseau du Grand Paris

Emissions liées à l'énergie nécessaire à la traction, aux bâtiments, à la gestion et à l'entretien

Sur base de la même méthodologie que celle appliquée pour la Ligne 14 Sud, les émissions liées à l'énergie de traction pour l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 30 200 teq CO_2 en 2030.

Les émissions de CO_2 liées à l'utilisation des bâtiments de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 10 700 teq CO_2, celles liées à la gestion à 44 000 teq CO_2 et celles liées aux rénovations à 22 100 téq CO_2 par an.

Réduction d'émissions liée au report modal de la voiture vers les transports publics

La méthodologie utilisée pour évaluer les émissions évitées liées à la circulation grâce à la mise en service de la Ligne 14 Sud a été appliquée au cas du réseau global. Les résultats révèlent que le réseau du Grand Paris permet une réduction des émissions liées à la mobilité de -385 000 téq CO_2 par an à l'horizon 2030.

A nouveau, cet impact résulte des diminutions des distances parcourues par les véhicules particuliers mais également de l'augmentation des vitesses sur les axes congestionnés.

Impact sur le développement territorial

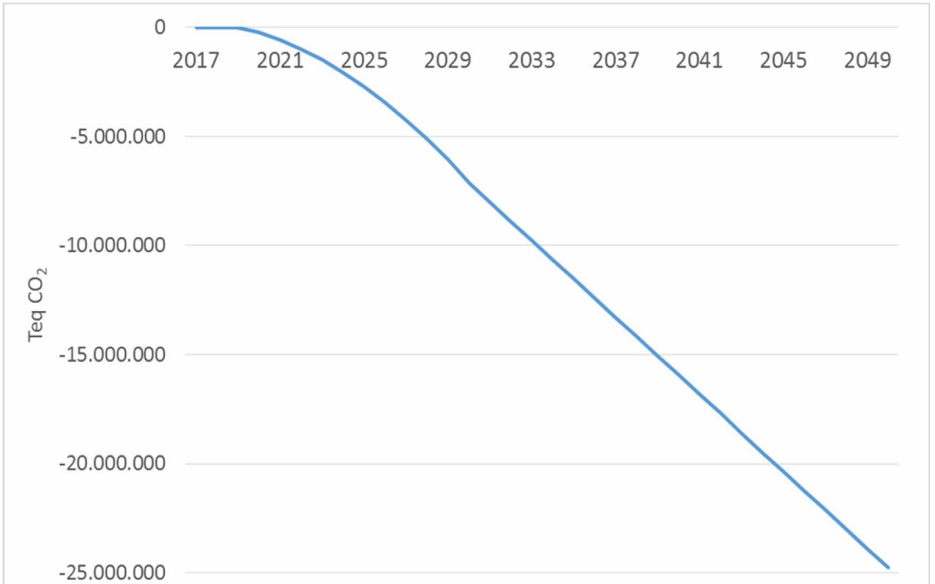
L'Evaluation Stratégique Environnementale et l'étude Méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre du Réseau de Transport du Grand Paris et des mesures d'accompagnement adaptées est susceptible de créer des gains d'émissions de CO_2 conséquentes.

Ce volet calcule[42], 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 Réseau de Transport du Grand Paris entraîne un large gain des émissions de CO_2. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 24 771 800 teq CO_2 à l'horizon 2050 (avec -885 500 téq CO_2 pour la seule année 2050).

Les gains commencent dès 2020, soit dès la mise en service de la Ligne 15 Sud du réseau. 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. A l'échelle du réseau global, ces émissions évitées compensent presque dès la mise en service du métro les émissions engendrées.

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.

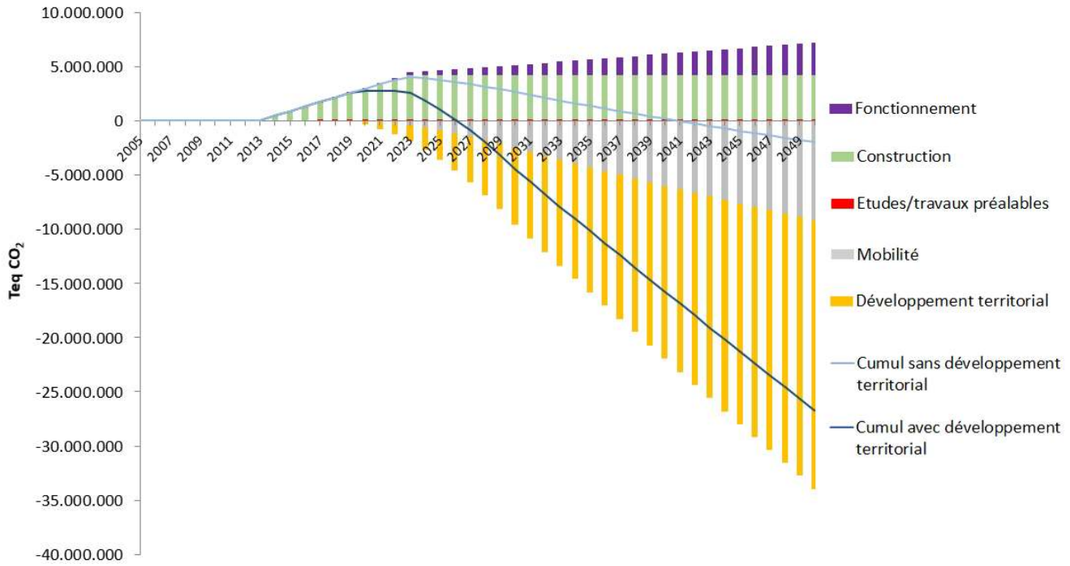


Comparaison des gains (téq CO_2) cumulés pour le développement territorial suite à la mise en service progressive du Réseau de Transport du Grand Paris

6.6.2.7. Synthèse des émissions du réseau du Grand Paris

Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre concernant la mise en service de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris sont présentés dans le graphique ci-après. Il permet de comparer les émissions de CO_2 induites ou évitées par les différentes thématiques.

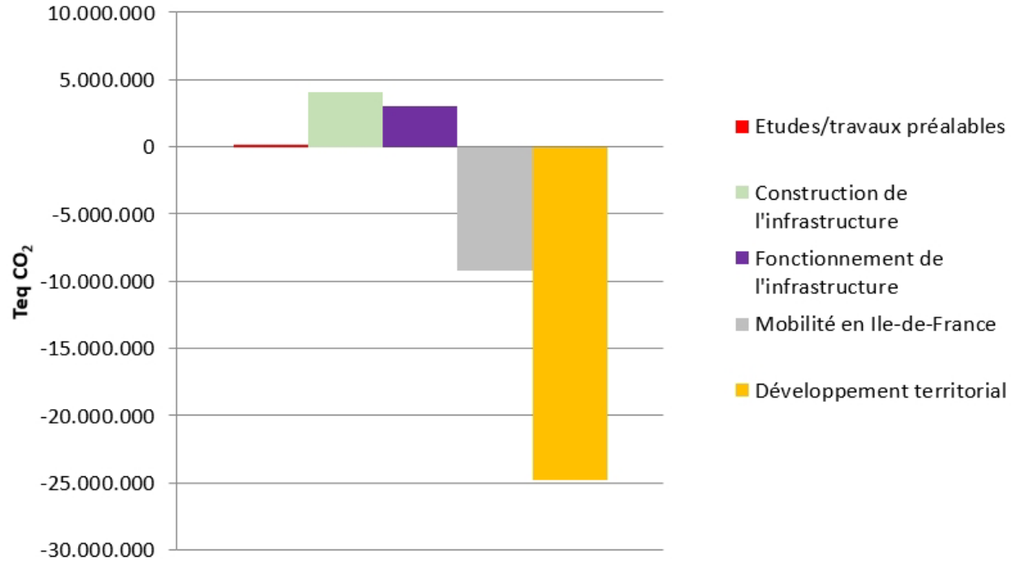
[42] *Pour plus d'informations, voir Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de CO_2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris et les autres annexes relatives.*



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) liées à la réalisation de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris.

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction, ainsi que le développement territorial par la suite) induit des émissions de GES importantes. Ce n'est qu'à partir de la mise en service progressive des tronçons du Grand Paris que le bilan 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.

Le cumul des émissions induites et évitées permet d'estimer la période nécessaire pour que les émissions évitées compensent les émissions. Les émissions évitées seront alors égales aux émissions induites aux alentours de 2026, soit 9 ans après la mise en service de la première ligne du Grand Paris, à savoir l'extension de la Ligne 14, au Nord.



Bilan des émissions de GES cumulées (en téq CO_2) par poste, à l'échéance 2050.

A l'horizon 2050, pour l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris, les émissions induites et évitées cumulées depuis le début du projet se répartissent selon la figure suivante. Le poste le plus important est de loin le 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.

A nouveau, bien que ces diminutions soient non négligeables, elles ne correspondent qu'à une petite partie de l'effort global à réaliser (-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 téqCO_2[43]). 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 téqCO_2).

Le projet du 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.

Mesures d'optimisation

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 atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet mais plutôt d'optimiser le projet afin d'en maximiser les effets positifs.

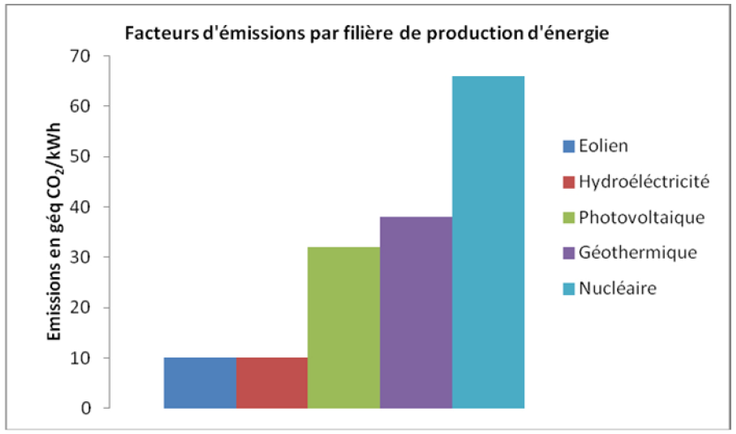
[43] *Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails*

- **Préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique**

Les émissions de CO_2 dues au fonctionnement sont largement dépendantes des consommations énergétiques. Les préconisations détaillées dans la partie « énergie » s'appliquent donc également ici.

- **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, 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 restreinte, 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.

- **Mobilité : report modal vers les transports en commun**

Là encore, 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 lecteur se reportera aux préconisations formulées dans la partie « qualité de l'air ».

- **Développement territorial**

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.

Mesures de suivi

La mise en place d'un outil de suivi des émissions de GES produites par les infrastructures et les bâtiments du Réseau de Transport du Grand Paris permettra un suivi dans le temps de l'empreinte écologique du réseau. 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.

6.6.3. Synthèse des impacts et mesures correctives au niveau de la Ligne 14 Sud

Le tableau suivant présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

Légende :

	Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Impact positif	*Pas d'impact*	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant l'énergie et les gaz à effet de serre

Eléments concerné	***Enjeux identifiés dans l'état initial***	***Impacts***	***Niveau d'impact avant mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Aménagement des gares	Favoriser les accès en transports en commun, à pied ou en vélo afin de maximiser le report modal.	Consommations énergétiques et émissions de gaz à effets réduites grâce à l'amélioration des conditions de circulation et la diminution de l'utilisation de la voiture.	Positif	Néant	Néant	Néant
Structure urbaine	Favoriser la rénovation et la densification du bâti afin de réduire les consommations énergétiques des secteurs résidentiel et tertiaire Favoriser une urbanisation durable du territoire en promouvant la densification et la mixité	Consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effets de serre évitées grâce à la restructuration du bâti francilien (voir chapitre relatif aux impacts sur l'urbanisation).	Positif : diminution des émissions de gaz à effet de serre et amélioration de l'efficacité énergétique du bâti francilien.	Voir mesures d'accompagnement des impacts sur l'urbanisation.		
Consommations de l'infrastructure	Conception du métro de manière à limiter sa consommation en énergie	Consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre induites par la traction du matériel roulant, le fonctionnement des bâtiments, les activités annexes et la rénovation lourde.	Modéré	- Choix de techniques peu énergivores - Utilisation d'énergies renouvelables, lorsque cela s'avère possible. - Choix d'un matériel roulant peu consommateur en énergie - Optimisation de la fréquence de desserte en fonction des besoins.		

Techniques constructives et matériaux	Utiliser des techniques constructives et des matériaux durables en limitant au maximum les émissions de gaz à effet de serre.	Consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre dues : - Au fonctionnement du chantier. - À la production et au type de matériaux utilisés	Faible	Choix judicieux des méthodes de construction et des matériaux.		
Acheminement des matériaux et évacuation des déblais	Gérer l'acheminement des matériaux et l'évacuation des déblais de manière raisonnée en limitant les émissions de gaz à effet de serre	Consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre dues à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais	Faible	- Planification et respect du programme des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais en annexe à l'étude). - Rationalisation et optimisation des trajets de véhicules pour le chantier.		

6.6.4. Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'énergie et les gaz à effet de serre

6.6.4.1. Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Choix de techniques peu énergivores	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Utilisation d'énergies renouvelables, lorsque cela s'avère possible.	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Choix d'un matériel roulant peu consommateur en énergie	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Optimisation de la fréquence de desserte en fonction des besoins.	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Choix judicieux des méthodes de construction et des matériaux.	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Planification et respect du programme des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais en annexe à l'étude).	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception
Rationalisation et optimisation des trajets de véhicules pour le chantier.	Intégré au coût du chantier et de l'infrastructure dès les phases de conception

6.6.4.2. Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Aucune mesure proposée en phase d'exploitation.

6.7. Santé

6.7.1. Qualité de l'air

6.7.1.1. 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 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.

En ce qui concerne les émissions provenant de la circulation automobile, l'impact du projet a été évalué grâce au modèle de transport de la DRIEA décrit dans le chapitre mobilité, au logiciel COPERT IV (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) et à un modèle de dispersion des polluants. L'analyse a ainsi permis de quantifier et de cartographier les émissions et concentrations à l'horizon 2030 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.

6.7.1.2. Impacts et mesures en phase chantier

Impacts directs et indirects

Les impacts des chantiers sur la qualité de l'air sont doubles :

- Le charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures. Le nombre de chargements et déchargements de camions nécessaires s'élèverait ainsi à plus de 168 000 répartis sur l'ensemble de la phase de construction.

- Les travaux entrepris sur les chantiers peuvent générer la mise en suspension de particules fines.

Mesures correctives

- **<u>Rationnaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais</u>**

Voir mesures relatives aux impacts des chantiers sur les consommations énergétiques

- **<u>Plans locaux de circulation temporaires</u>**

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.

- prévoyant un phasage des chantiers. Les chantiers conduits simultanément génèrent des effets qui se cumulent, voire s'amplifient en fonction de la localisation géographique.

- **<u>Limitation de l'émission de poussières</u>**

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, il conviendra de :

- 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 ;

6.7.1.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Le calcul des émissions de polluants en phase d'exploitation a été basé sur la méthodologie COPERT IV. De manière synthétique, cette méthodologie européenne 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.

Comme pour la mobilité, l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la Ligne 14 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 14 Sud à l'horizon de sa mise en service (2024) ; le deuxième horizon permet de remettre le tronçon dans le contexte global du réseau dans sa quasi-totalité (2030).

Impacts de la Ligne 14 Sud (horizon 2024)

Emission de la situation de référence (sans Ligne 14 Sud en 2024)

En situation de référence, la pollution est globalement en forte diminution à l'horizon 2024 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 constatée. Cela est dû à la généralisation des filtres à particules dans les années à venir.

Le CO, les COVNM et le benzène réagissent sensiblement de la même façon, avec 83% d'émissions en moins entre 2005 et 2024.

Les émissions de nickel et cadmium ne diminuent, par contre, que légèrement. 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.

Une distinction est faite 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 2030 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 2030 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, voire sont quasi-stables d'ici 2024 et 2030, celles-ci résultant essentiellement de l'usure des véhicules des frottements (catégorie 3).

Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2035 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, SO2, 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 2024	Sans Ligne 14 Sud	1 352	13 216	20 984	3 795	215	0	133	46
	Avec Ligne 14 Sud	1 350	13 188	20 945	3 787	214	0	133	46
	Réduction des émissions référence – sit. init. (%)	-78%	-79%	-83%	-83%	-83%	0%	-11%	-5%
	projet - référence	-2	-28	-39	-8	-0,4	0	0	0
	réduction des émissions projet – référence (%)	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,2	0	-0,2%	-0,2%
		1					2	3	

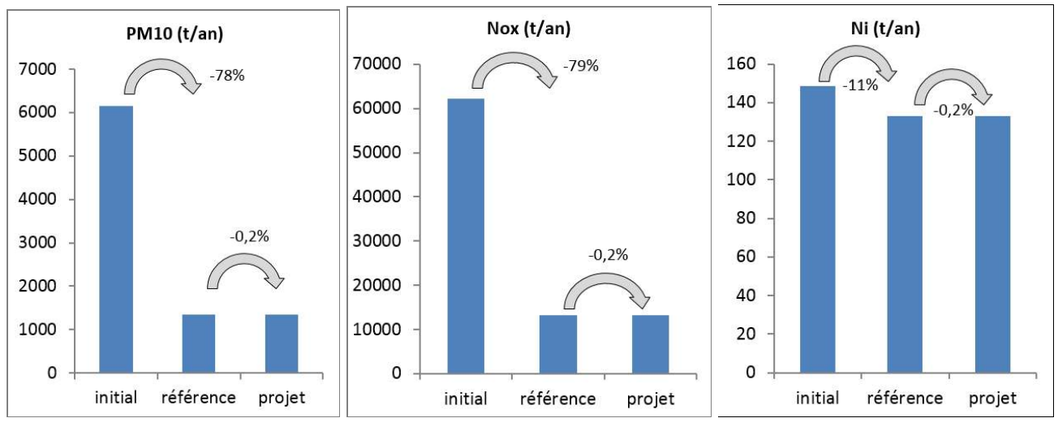
Emissions de la situation avec Ligne 14 Sud en 2024

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 14 Sud permet, en 2024, d'engendrer une diminution supplémentaire de la plupart des polluants étudiés (PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, Ni et Cd) de 0,2% par rapport à la situation de référence. La réduction de trafic que crée l'arrivée de la Ligne 14 Sud en 2024 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 14 Sud permet de réduire les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier de 2 tonnes par an à l'horizon 2024. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 28 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 projets à l'horizon 2024, comme le montre la figure ci-dessous pour chacune des trois catégories de polluants identifiées précédemment.



Comparaison des émissions annuelles 2005, 2024 en situation de référence et 2024 avec Ligne 14 Sud, pour les PM_{10}, le NO_x et le Nickel.

Impacts du réseau de transport du Grand Paris (horizon 2030)

Emission de la situation de référence (sans Réseau de Transport du Grand Paris en 2030)

De manière similaire à ce qui a été constaté à l'horizon 2024, il y a une forte diminution de la plupart des polluants entre la situation initiale (2005) et la situation de référence (2030) (cf tableau suivant).

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%.

Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, SO2, 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 2030	Sans Grand Paris	1 345	9 105	23 361	3 668	208	0	143	48
	Avec Grand Paris	1 307	8 851	22 862	3 569	202	0	139	47
	Réduction des émissions référence – sit. init. (%)	-78%	-85%	-81%	-84%	-84%	0	-4%	+0,4%
	projet - référence	-38	-254	-499	-99	-6	0	-4	-1
	réduction des émissions projet – référence (%)	-3%	-3%	-2%	-3%	-3%	0	-3%	-3%
							2		
		1						3	

Emissions de la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030

De la même façon que pour la Ligne 14 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.

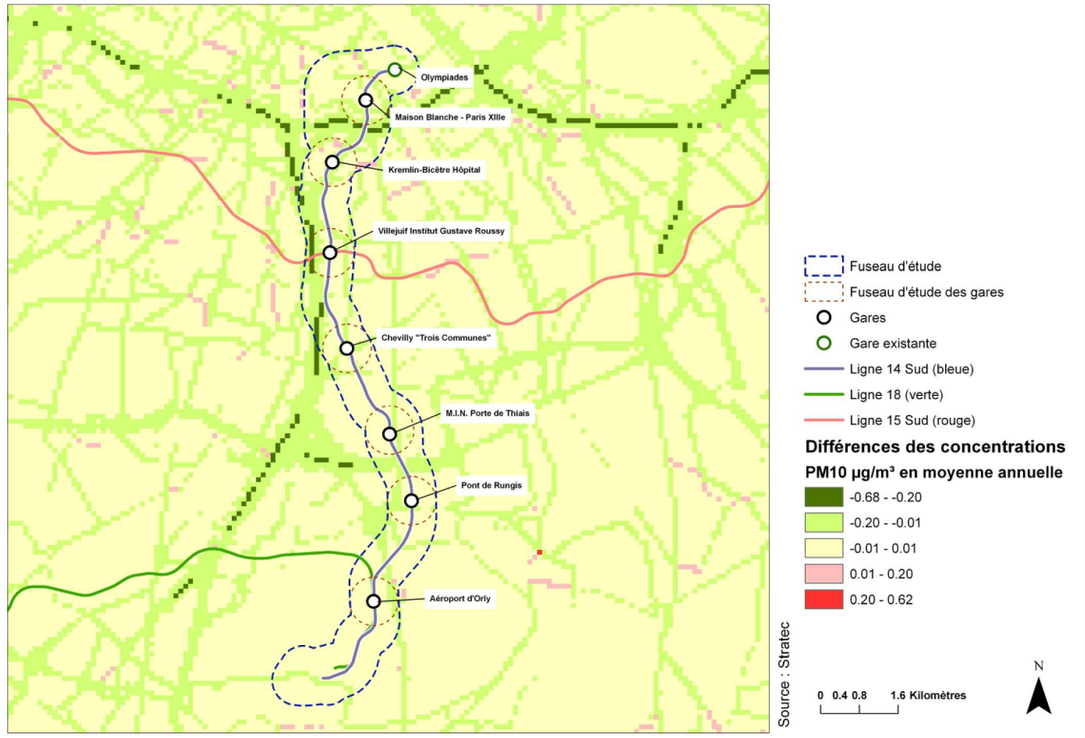
A l'image de la conclusion faite pour la Ligne 14 Sud, ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale et les situations avec ou sans réseau en 2030

Répartition spatiale des émissions et impact sur les concentrations

De manière générale, les émissions sont 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.

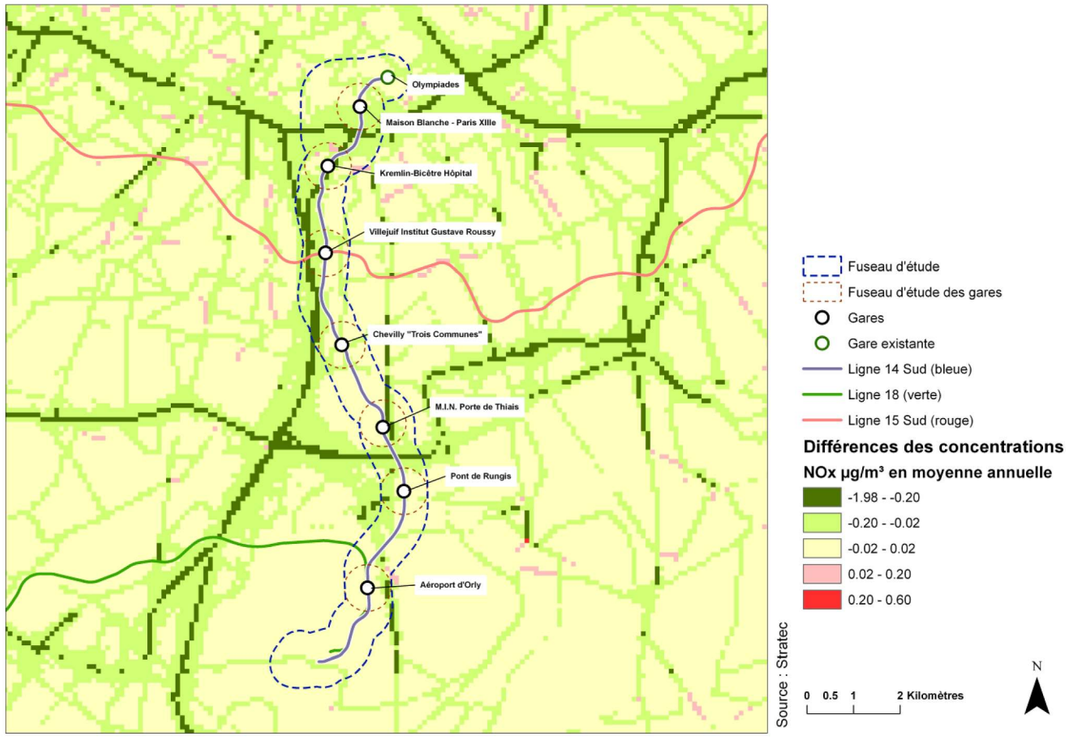
Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de PM_{10} et NO_2 entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 à proximité de la Ligne 14 Sud.[44]

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 14 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 relativement à la valeur limite des PM_{10} (40µg/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_x subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers. Ces diminutions de l'ordre de -0,02 à -0,2 µg/m³ mais pouvant s'élever au-delà de -1µg/m³ sont également 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).

Enjeux de la qualité de l'air pour les gares de la Ligne 14 Sud

La localisation des nouvelles gares du projet représente un enjeu relativement important vis-à-vis de la qualité de l'air. 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.

[44] *Il n'a été possible de réaliser cet exercice de comparaison qu'entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030, les données concernant les situations de référence et avec projet (Ligne 14 Sud) à l'horizon 2024 n'étant pas disponibles.*

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.

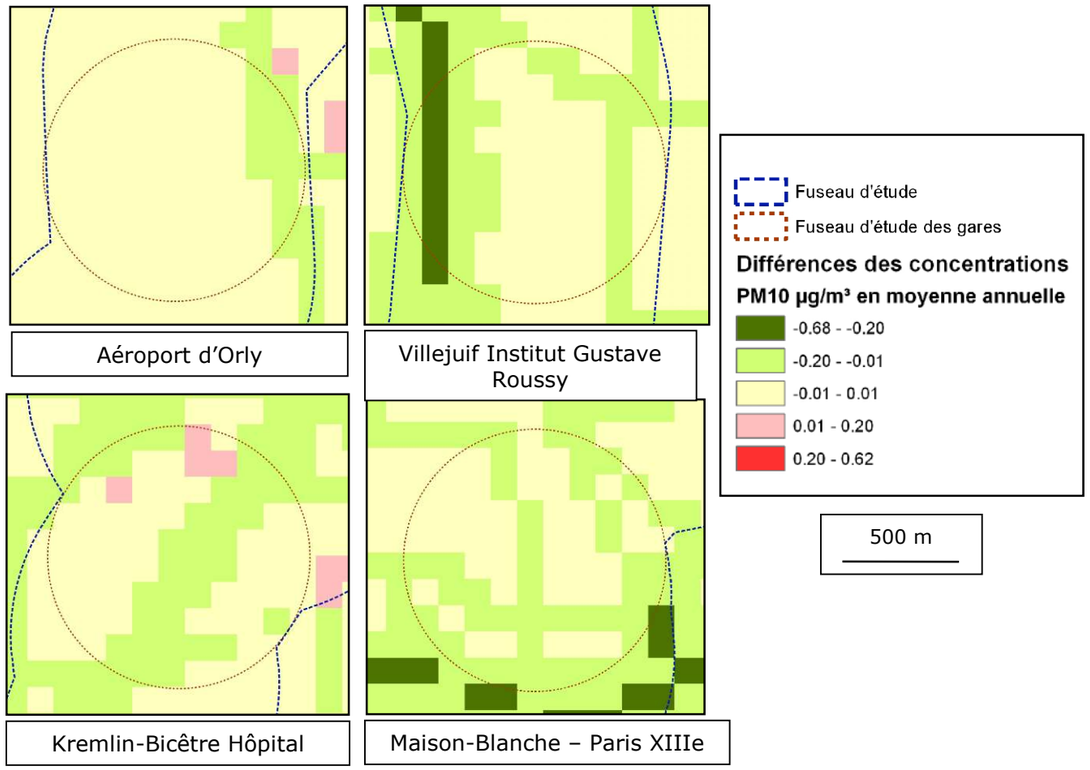
Le tableau ci-dessous reprend les résultats en classant les gares selon l'importance des enjeux vis-à-vis de la qualité de l'air :

Identification des gares à enjeu du projet.

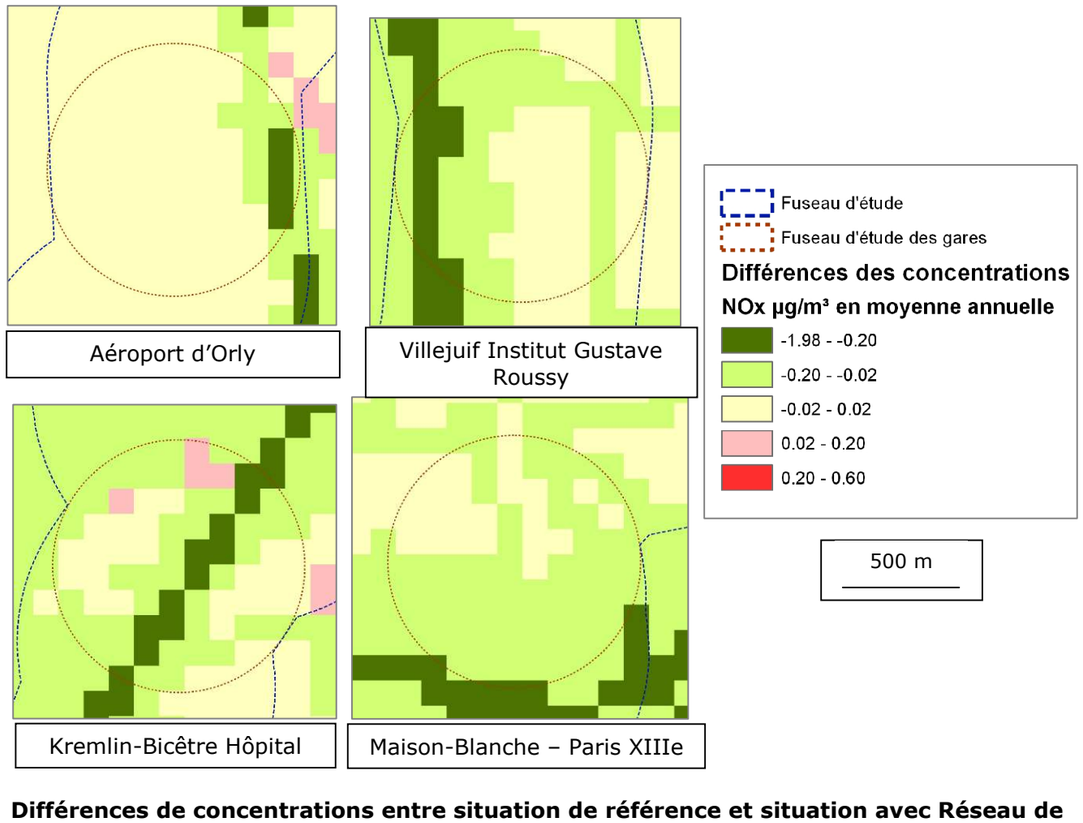
	Importance du trafic routier dans la zone d'influence à l'HPM	Importance des flux des voyageurs entrant et sortant de la gare à l'HPM	Enjeu global
Aéroport d'Orly	faible	modéré	modéré
Villejuif Institut Gustave Roussy	fort	faible	fort
Maison blanche	modéré	fort	fort
M.I.N. Porte de Thiais	faible	très faible	faible
Kremlin-Bicêtre Hôpital	modéré	modéré	modéré
Chevilly Trois Communes	très faible	très faible	très faible
Pont de Rungis	très faible	très faible	très faible

Les gares à enjeu modéré à fort seront analysées plus en détails ci-dessous. Il s'agit des gares d'Aéroport d'Orly, de Villejuif Institut Gustave Roussy, de Kremlin Bicêtre Hôpital et de Maison Blanche – Paris XIIIe.

Les différences de concentrations en PM_{10} et en NO_x 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 quatre gares de la Ligne 14 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 quatre gares de la Ligne 14 Sud identifiées comme potentiellement à risque, cas du NO_x.

Les figures révèlent que le Grand Paris permet globalement de réduire les concentrations en PM_{10} et en NO_x dans les zones proches gares à enjeux. Quelques point de vigilance sont tout de même constatés aux abords des gares Kremlin-Bicêtre Hôpital et Aéroport d'Orly, notamment de par la présence d'axes routiers particulièrement fréquentés (le Boulevard Périphérique et l'autoroute A6b dans le cas de Kremlin-Bicêtre Hôpital, et la RN7 dans le cas de l'Aéroport d'Orly).

De manière générale, il faudra tout de même 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.

Conclusion

Globalement, la mise en service de la Ligne 14 Sud permettra à l'horizon 2024 une réduction des émissions de particules fines (<10µm), NO_x, COVNM, benzène, nickel et cadmium issues du trafic routier de l'ordre de -0,2%. 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 métro du Réseau de Transport du Grand Paris contribue ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air à proximité de la Ligne 14 Sud, et plus généralement en Ile-de-France. A noter toutefois que cette amélioration est 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.

Qualité de l'air dans les gares et le métro

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs représente un enjeu important. 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[45], 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 pollutions

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).

[45] *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, Juillet 2003.*

Effets des particules sur la santé

Le dépôt des particules dans l'appareil respiratoire 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'atherosclerose 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.

Cadre réglementaire et valeurs guides

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 PM_{10} et $PM_{2.5}$ 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, 2003[46])

	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		

[46] *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de l'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, 2003*

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 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[47] 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).

Evaluation de l'exposition

Les sources de particules fines 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[48] :

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
	2010	68	257

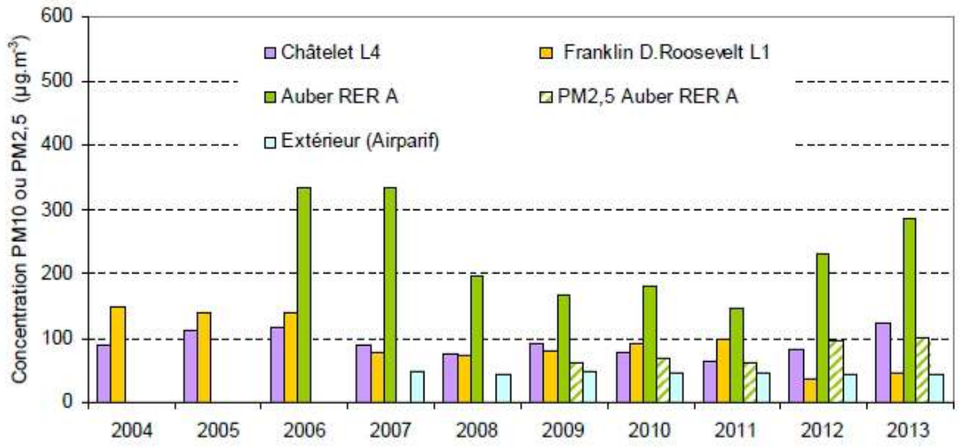
Concentration en particules PM_{10} dans différents métros

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

[47] Valeurs repères d'aide à la gestin dans l'air des espaces clos – les particules, Haut Conseil de la Santé Publique, 2013

[48] 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.

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.



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.

Evaluation des risques sanitaires encourus

L'évaluation des risques sanitaires 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[49]. 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.

Mesures correctives

- **<u>Limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames</u>**

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[50] 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.

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 14 Sud qu'elle pourra bénéficier du retour d'expérience apporté par la Ligne 15 Sud mise en circulation auparavant.

En ce qui concerne les gares identifiées comme à enjeux (Maison blanche, Villejuif IGR, Aéroport d'Orly et Kremlin Bicêtre Hôpital), 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.

[49] *Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé", ORS (Observatoire Régional de Santé) Île-de-France*

[50] *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*

- **L'incitation au report modal vers les transports en commun**

Cet impact est donc 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.

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.

Les mesures influençant directement l'utilisation des véhicules particuliers, par exemple, la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain. 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 par exemple 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. Les contrats de développement territorial prévus par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris seront, dans ce cadre, un outil déterminant pour renforcer les effets de l'infrastructure.

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 14 Sud permettra, par sa position, de renforcer cette desserte puisqu'il permet de relier directement l'Aéroport d'Orly au centre de Paris, en proposant des arrêts réguliers sur le territoire de la Petite Couronne traversé.

L'analyse des variations de concentrations de polluants atmosphériques entre la situation de référence et la situation de projet a montré l'effet positif du projet principalement 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 Grand Paris 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 Grand Paris d'adapter leur plan de circulation. Des mesures locales devraient ainsi permettre de rediriger le trafic routier afin de protéger les zones d'habitats.

6.7.2. Sécurité routière

6.7.2.1. 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 14 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.

6.7.2.2. Impacts et mesures en phase chantier

Impacts directs et indirects

Le seul impact potentiel de la phase de travaux sur la sécurité routière 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.

Mesures

Les mesures à mettre en place afin d'éviter tout accident de la route et de garantir la sécurité des personnes (conducteurs comme piétons) respecteront les 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.

6.7.2.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

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 14 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 2024 (Ligne 14 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 2024 sont présentés dans le tableau suivant.

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2024 (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	0,0311	0,0420	0,0203	0,0009
RN + RD	0,0985	0,1328	0,0664	0,0031
Agglomération	0,1746	0,2352	0,0351	0,0016

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 14 Sud en 2024.

Nombre évité avec la mise en service de la Ligne 14 Sud à l'horizon 2024	Nombre d'accidents évités	9,3
	Nombre de blessés légers évités	12,5
	Nombre de blessés graves évités	3,6
	Tués évités	0,2

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 plus de 9 accidents, de 12 blessés légers, et de 3 blessés graves évités en 2024 grâce à la mise en place de la Ligne 14 Sud.

Une méthodologie identique a été appliquée à l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris en 2030.

Nombre évité avec la mise en service de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030	Nombre d'accidents évités	147,3
	Nombre de blessés légers évités	200,6
	Nombre de blessés graves évités	58,7
	Tués évités	2,8

A l'horizon 2030, la mise en service du Réseau de Transport du Grand Paris permettrait d'éviter 147 accidents, 200 blessés légers, 58 blessés graves et 2 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 de Transport du Grand Paris.

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.

6.7.3. Sûreté des gares

6.7.3.1. Rappel des enjeux

La sûreté des gares incarne une problématique importante de la mise en place du Réseau de Transport du Grand Paris et du projet.

L'enjeu principal vise à garantir la sécurité des personnes dans les gares et dans les transports en commun. Il est en effet nécessaire de créer un environnement permettant de diminuer le sentiment d'insécurité des usagers. De plus, les gares et espaces de transition doivent être composés d'espaces défavorisant les possibilités d'agressions et de vols. Une attention particulière doit être accordée à ces problématiques non seulement lors de la conception et de l'aménagement des futures gares du réseau, mais également à l'occasion de la modernisation des gares existantes.

6.7.3.2. Impacts et mesures en phase chantier

La phase de travaux ne provoquera aucun impact sur la sûreté des gares. Il sera toutefois nécessaires de sécuriser le périmètre des zones de chantier afin d'éviter d'une part tout risque d'interaction avec le public et d'autre part les incursions de personnes visant à voler du matériel ou à dégrader les lieux.

6.7.3.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Impacts directs et indirects

La mise en service du Réseau de Transport du Grand Paris ouvrira de nouveaux espaces, à savoir de nouvelles gares, de nouvelles zones de circulation ou encore de nouveaux quais, qui seront à sécuriser pour les futurs usagers et pour le grand public qui les fréquentera.

Mesures d'optimisation et de suivi

La conception des futures gares du Grand Paris devra nécessairement intégrer une composante liée à la sécurité des personnes. Il s'agit en effet de préférer les espaces larges aux espaces confinés, afin de réduire le sentiment d'insécurité des personnes. Il est recommandé de favoriser un environnement lumineux naturel, également équipé de lumières artificielles pour garantir une bonne visibilité des espaces la nuit, et éviter les environnements propices à des agressions. Enfin, si nécessaire l'ajout de caméras de surveillance ainsi que de personnel de sécurité peut rassurer les usagers et dissuader les personnes mal intentionnées d'opérer au sein des futures gares.

Comme évoqué précédemment, ces recommandations portent non seulement sur la conception des nouvelles gares du réseau, mais elles peuvent également être intégrées au sein de plans de modernisation de gares existantes qui seront intégrées au Réseau de Transport du Grand Paris.

Une convention de coopération relative à la sûreté et à la sécurité publique du réseau de transport public du Grand Paris a été signée le 18 septembre 2013 entre la Société du Grand Paris, la préfecture de Région Ile-de-France, la préfecture de police et les différentes préfectures des

départements concernés. Cette convention a pour objet de définir les modalités d'une coopération entre la Société du Grand Paris et l'Etat, dans l'objectif d'une maîtrise de la sûreté, de la sécurité publique, ainsi que de la sécurité civile du réseau de transport public du Grand Paris.

L'étude des chiffres recensant les vols ou agressions à la personne selon la zone géographique représente un indicateur potentiel de suivi pour évaluer la sûreté d'une gare. De tels chiffres sont notamment disponibles via les publications du Ministère de l'Intérieur ou de l'Observatoire National de la Délinquance dans les Transports.

6.7.4. Synthèse des impacts et mesures correctives au niveau de la Ligne 14 Sud

Le tableau suivant présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 14 Sud.

Légende :

	Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Impact positif	*Pas d'impact*	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Synthèse des impacts et mesures concernant la santé.

	Elément concerné	***Enjeux identifiés dans l'état initial***	***Impacts potentiels***	***Niveau d'impact avant application des mesures***	***Mesures***	***Impacts résiduels***	***Mesures compensatoires***
Qualité de l'air	Chantiers	Emissions de polluants sur et à proximité des chantiers.	Emissions de poussières liées aux travaux et opérations du chantier. Emissions de polluants par le charroi nécessaire au transport de matériaux et à l'évacuation des déblais.	Potentiellement forts	Choix judicieux de matériel et de méthodes de construction permettant de limiter l'émission de poussières. Rationalisation et optimisation des trajets des véhicules pour le chantier.	Faible	Néant
	Mobilité en Ile-de-France	Réduction des émissions de polluants issues du trafic routier	Réduction globale des émissions de polluants du trafic routier (environ -0,2% des émissions des principaux polluants dont les PM_{10} et les NO_x). Amélioration globale de la qualité de l'air aux abords des 4 gares dites « sensibles » du projet.	Positif	Néant	Néant	Néant
	Aménagement et accessibilité des gares	Favoriser la densification et la mixité à proximité des gares et inciter à l'utilisation des transports en commun de manière à favoriser le report modal.	Densification et amélioration de la mixité autour des gares (voir chapitre relatif à la population et aux emplois). Interconnexion des gares du projet avec les autres lignes de transports en commun favorisant le report modal.a	Positif	Néant	Néant	Néant

	Qualité de l'air à l'intérieur du métro et à proximité des systèmes de ventilation	Choix du matériel roulant Localisation des puits de ventilation	Risque de concentrations de particules fines dans les espaces confinés du métro.	Le risque d'impacts sur la santé est modéré.	Limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames via ; - réduction des émissions à la source (matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies. - optimisation de la ventilation et de la filtration. - équipement de rames avec ventilation réfrigérée. - surveillance de la qualité de l'air. Localisation des puits de ventilation de manière à assurer une exposition prolongée minimale des personnes.	Néant	Néant
Sécurité routière	Chantier	Organisation des chantiers	Perturbations possibles des zones de circulation des véhicules et de cheminement des piétons aux alentours du chantier	Impact potentiellement fort	plans locaux de circulation temporaires visant à garantir la sécurité de tous, en particulier des piétons.	Néant	Néant
	Sécurité routière en phase d'exploitation	Fluidifier le flux de trafic routier et ainsi améliorer les conditions de circulation afin de réduire le risque d'accidents de la route.	le projet induit une diminution du nombre d'accidents et de blessées sur le réseau routier francilien.	Impact positif	Néant	Néant	Néant
	Sécurité routière à proximité des gares	Sécuriser les accès aux gares en particulier pour les usagers faibles (deux-roues et piétons).	Les impacts sont dépendants des aménagements locaux mis en place autour des gares	Niveau dépendants des aménagements	Mise en place d'aménagements adéquats autour des gares	Néant	Néant
Sureté des personnes	Sécurité dans les gares et les transports	Diminuer le sentiment d'insécurité grâce à des aménagements adaptés dans les gares et espaces de transition	Les impacts sont dépendants des dispositifs et de l'encadrement dans les gares et les métros.	Niveau dépendants des dispositifs mis en place	Prise en compte de la sureté des personnes dans l'aménagement des gares	Néant	Néant

7. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus

7.1. Présentation des projets limitrophes retenus pour l'analyse des impacts cumulés

En rapport au décret n°2011-2019 du 29 décembre 2012 en application de la Loi « Grenelle II », retranscrit au sein 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 14 Sud,
- Les projets d'infrastructures et de transports en commun,
- Les projets d'aménagement urbain sous la forme de ZAC,
- 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 14 Sud).

Pour exemple, les opérations soumises à Permis de Construire dans le cadre de la construction d'immeuble unique n'ont pas été prises en compte. En effet, l'ampleur des travaux de réalisation et les effets dus à leur exploitation ne semblent pas proportionnés au regard des effets induits par la mise en œuvre de la Ligne 14 Sud et des différents pôles « gares » associés à cette dernière.

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.

Typologie de projets connexes	***Projet connexe concerné***	***Secteur d'interaction du projet connexe avec la Ligne 14 Sud***
Transport en commun	Modernisation de la ligne RER C	Secteur Pont de Rungis
	Prolongement du tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge	Secteur Aéroport d'Orly
	Tramway Paris – Orly (TPO) sur la RD5	Ensemble de la Ligne 14 Sud
	BHNS Orly-Sénia	Secteur Aéroport d'Orly et Pont de Rungis
	Gare TGV	Secteur Aéroport d'Orly
Projets routiers	Boulevard urbain Massy-Athis Mons, impliquant le dévoiement de l'Aqueduc de la Vannes et du Loing et potentiellement du Trapil	Secteur Sud Orly
ZAC	Cité Paul Bourget	Secteur Maison Blanche – Paris XIIIe
	ZAC Campus Grand Parc	Secteur Villejuif Institut Gustave Roussy
	Eco-quartier Les Portes d'Orly (ZAC Triangle des Meuniers et ZAC Anatole France) et la Cité de la Gastronomie	Secteur M.I.N. Porte de Thiais
	ZAC Sorbiers Saussaie	Secteur Chevilly « Trois Communes »
	Opérations Cœur d'Orly et Sénia	Secteur Pont de Rungis
Contrat de Développement Territoriale	CDT Campus Sciences et Santé (92 et 94)	Secteur Maison Blanche – Paris XIIIe à Villejuif Institut Gustave Roussy
Constructions	Bâtiment de jonction entre terminaux Ouest et Sud de l'aéroport d'Orly	Secteur Aéroport d'Orly
	Parking P0 de l'aéroport	Secteur Aéroport d'Orly

Liste des projets connexes retenus pour l'analyse des effets cumulés avec le projet de Ligne 14 Sud

7.1.1. Projets de transports en commun

7.1.1.1. Modernisation de la Ligne RER C

La modernisation de la Ligne C du RER est programmée au travers du Schéma Directeur du RER C, sous l'égide du STIF, opérateur des transports en Ile-de-France.

Le schéma directeur du RER C a été élaboré pour le court et le moyen terme et propose, sur la base des enquêtes clientèles, des évolutions démographiques, économiques et des orientations définies par le STIF, les modalités d'amélioration de la qualité du service offert aux voyageurs, avec une évolution globale de la ligne en termes d'offre de service, d'offre de transport, de gestion des circulations et d'équipement des gares.

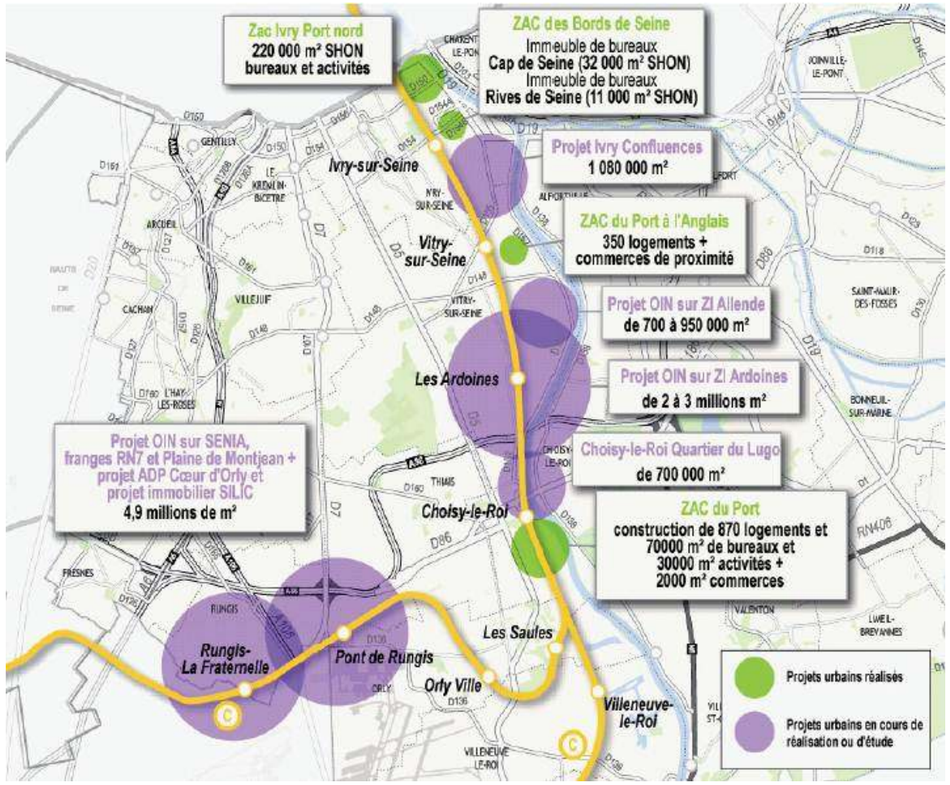
Il a pour objectifs :

- D'améliorer la régularité du service de transport de voyageurs,
- D'améliorer la lisibilité et la qualité du service,
- De réduire les temps de parcours, en particulier des zones d'habitats aux pôles d'emplois ;
- De faire évoluer les dessertes sur la période de pointe pour tenir compte de l'augmentation importante de la demande en particulier sur « Seine Amont ».

Il propose une évolution globale de la ligne en termes d'offre de service, d'offre de transport, de gestion des circulations et d'équipement des gares. Il définit de nouveaux principes de desserte de la partie sud pour l'horizon moyen terme, correspondant à la date de mise en service du projet de tram-train Massy-Evry, qui se substitue à la section Massy-Savigny du RER C et implique une modification substantielle de celui-ci.

Une enveloppe de 13 millions d'euros est réservée pour le schéma directeur du RER C dans le contrat de projet 2007-2013, rubrique « modernisation du réseau existant et plus particulièrement du Réseau Express Régional ».

Plus particulièrement, le secteur Orly Rungis, qui historiquement a été conçu comme un « espace servant » pour Paris en raison de sa localisation stratégique et de ses disponibilités foncières, doit connaître dans les prochaines années un développement urbain et économique important se structurant autour de grands projets parmi lesquels le projet « Cœur d'Orly », la densification et la tertiarisation de la zone d'activités SILIC et la reconversion de la zone SENIA.



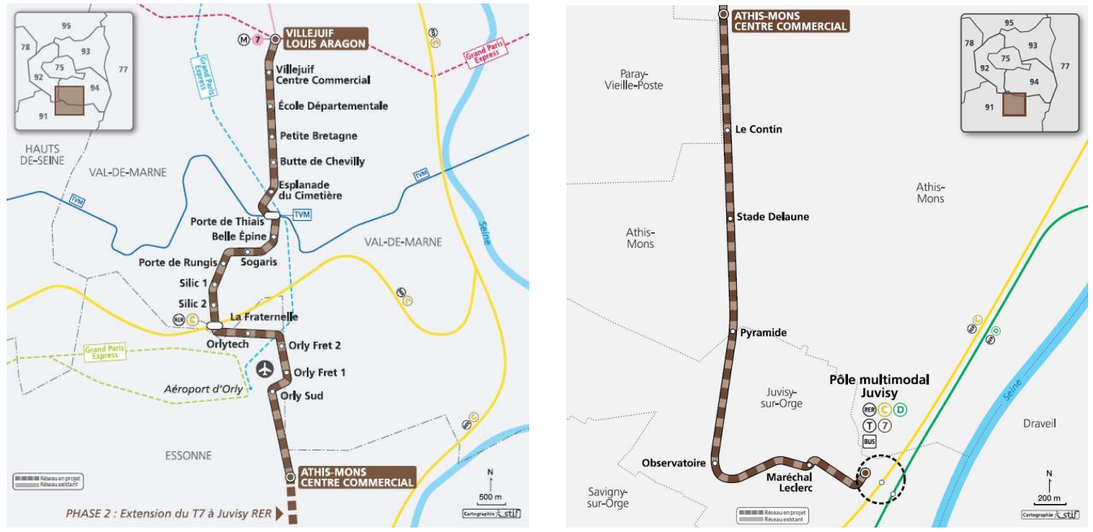
Perspective de développement urbain le long du corridor du RER C au sud de Paris (Conseil Général du Val-de-Marne, mai 2009)

La partie sud de la ligne C, la plus fréquentée et la plus saturée au niveau densité des circulations, est cependant celle où l'on constate des insuffisances d'offre. Les gares situées entre Pont de Rungis et Massy Palaiseau et tout particulièrement la gare « Rungis la Fraternelle » (située au cœur du parc d'Activités du SILIC) souffrent quant à elles d'une desserte notoirement insuffisante avec 2 trains – heure (données 2009).

La ligne C est par ailleurs un des moyens d'accès rapide à l'aéroport d'Orly depuis la gare « Pont de Rungis ». Le maintien de bonnes conditions d'accès à l'aéroport d'Orly depuis Paris par la ligne C est un objectif poursuivi pour le moyen terme.

7.1.1.2. Prolongement du tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge

Le prolongement du tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge correspond à la phase 2 d'aménagement de la jonction Villejuif – Juvisy-sur-Orge. La phase 1 de réalisation est aujourd'hui achevée et mise en service fin 2013 pour permettre la connexion entre Villejuif et Athis-Mons, en desservant le pôle d'Orly.



Tracés de la phase 1 d'aménagement du T7 (mise en service fin 2013) et de la phase 2 d'aménagement du T7 (mise en service à l'horizon 2018)

La création de la ligne de tramway T7 Villejuif – Athis-Mons a pour principal objectif de permettre la desserte du pôle d'emplois Orly-Rungis, premier pôle économique du sud de l'Île-de-France. Le T7 Villejuif – Athis-Mons s'inscrit plus largement dans un projet d'amélioration du cadre de vie le long de la RD7, axe majeur du Val-de-Marne.

Le prolongement de la ligne de tramway T7 entre Athis-Mons et Juvisy-sur-Orge a pour principal objectif de relier le pôle d'emplois Orly-Rungis, desservi par le T7 phase 1, au pôle d'échanges de Juvisy-sur-Orge.

Inaugurée et mise en service samedi 16 novembre 2013, la ligne de tramway T7 (phase 1) relie la station Villejuif - Louis-Aragon, terminus de la ligne 7 du métro, et le futur pôle d'échanges bus - tramway d'Athis-Mons, en près de 30 minutes.

Elle est appelée à favoriser les déplacements de banlieue à banlieue et assure une desserte fine du territoire, indispensable dans ce secteur où vivent et travaillent plus de 300 000 personnes.

D'une longueur de 11,2 km et comptant 18 stations, la phase 1 du tramway T7 dessert les villes de Villejuif, l'Haÿ-les-Roses, Vitry-sur-Seine, Chevilly-Larue, Thiais, Rungis, Paray Vieille-Poste, Orly, Villeneuve-le-Roi et Athis-Mons sur deux départements : le Val-de-Marne et l'Essonne. Il est en correspondance avec plusieurs lignes existantes ou en projet : RER C, métro ligne 7, TVM, Orlyval, le futur prolongement de la ligne 14 à Orly et les futures lignes 15 et 18 du Grand Paris Express.

D'une longueur de 3,8 km, la phase 2 du tramway T7 comptera 6 nouvelles stations, qui permettront et/ou renforceront la desserte des villes d'Athis-Mons, Paray Veille-Poste et Juvisy-sur-Orge.

La fréquence d'exploitation sera amenée à 1 tramway toutes les 4 minutes, en heure de pointe, et à 1 tramway toutes les 8 minutes en heure creuse, sur l'ensemble de la ligne (phases 1 et 2).

Tramway T9 entre Paris et Orly-Ville

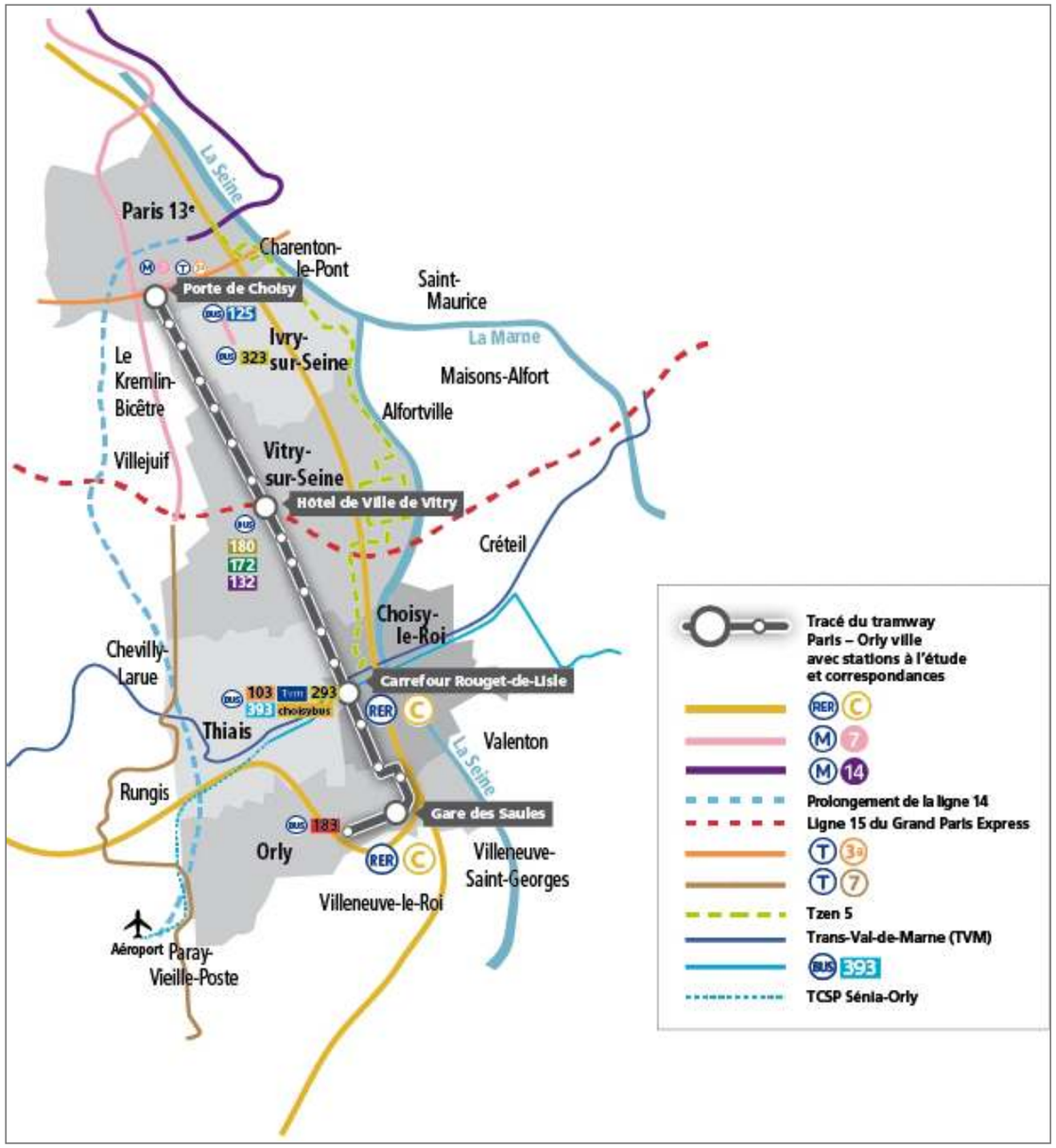
Le tramway desservira les communes de Paris, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi, Thiais et Orly via 19 stations reprenant, pour l'essentiel d'entre-elles, les arrêts de bus existants. Il assurera une desserte des principaux pôles générateurs de déplacements, tout en améliorant la fiabilité du service offert et le confort des voyageurs.

La desserte en bus de la plateforme aéroportuaire d'Orly sera maintenue depuis le terminus du tramway à Orly-Ville. Une correspondance efficace avec le tramway sera étudiée.

Le tracé permet d'optimiser les correspondances avec :

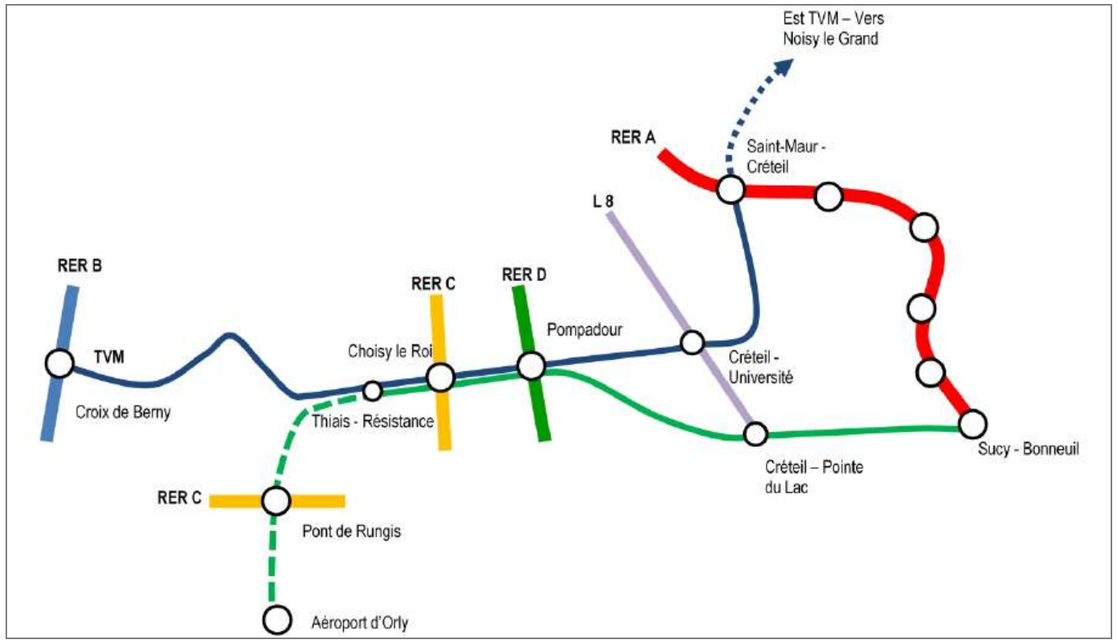
- La Ligne 7 du métro à Porte de Choisy,
- Le tramway T3a à Porte de Choisy,
- La future Ligne 15 Sud du métro à Vitry-Centre,
- Le RER C à la gare des Saules à Orly
- Le Trans Val-de-Marne,
- Le TZen 5 à Choisy-le-Roi.

Une étude exploratoire a été menée pour analyser la faisabilité et l'opportunité d'un prolongement ultérieur de la ligne de tramway au sud, depuis la place du fer-à-cheval jusqu'à la plateforme aéroportuaire d'Orly. Cette étude a permis d'établir les difficultés techniques d'insertion du projet dans Orly et le faible niveau de trafic attendu à l'horizon 2020.



Tracé du T9 entre Paris et Orly-Ville

TCSP Orly-Sénia (prolongement du TCSP Sucy-Thiais Résistance)



Principe de prolongement du TCSP « Sucy-Thiais Résistance » par Sénia et Orly – ligne verte (source : STIF)

Le TCSP Sucy-Pompadour relie depuis septembre 2011 les communes de Thiais et de Sucy-Bonneuil. Le projet Orly-Sénia consiste donc à prolonger ce TCSP[51] du Carrefour de la Résistance à Thiais jusqu'à l'aéroport d'Orly, soit sur une distance d'environ 5 km.

Une première partie du tracé traversera la zone d'activité Sénia dont la requalification est en projet (présentation dans les pages suivantes). Selon les tracés étudiés en phase d'étude préalable, il est nécessaire de créer un pont au-dessus des voies du RER C.

La seconde partie du projet traversera les emprises aéroportuaires en empruntant la RN7 et le quartier d'affaires « Cœur d'Orly ». Puis, sous sa forme actuelle, le tracé partagera l'infrastructure du T7 qui a été conçue dans cet objectif.

Cette opération, prévue au schéma directeur de la Région Île-de-France de 2008, est inscrite au contrat particulier Région – Département du Val-de-Marne.

7.1.1.3. Gare TGV à Orly (Inter-connexion Sud LGV)

Le projet d'Interconnexion Sud consiste à créer une ligne dédiée aux trains à grande vitesse, pour relier la LGV Atlantique aux autres lignes à grande vitesse (LGV) desservant le sud-est, l'est et le nord de la France. Il comprend la création d'une ou deux nouvelles gares, en supplément de celle de Massy-TGV.

Actuellement, les TGV intersecteurs (liaisons province-province sans correspondance à Paris) empruntent une ligne classique, la grande ceinture entre Massy et Valenton, utilisée également par

[51] *TCSP : Transport en Commun en Site Propre*

du trafic régional (RER C) et du fret. La ligne nouvelle permettra de séparer ces circulations pour des services de meilleure qualité et plus réguliers.

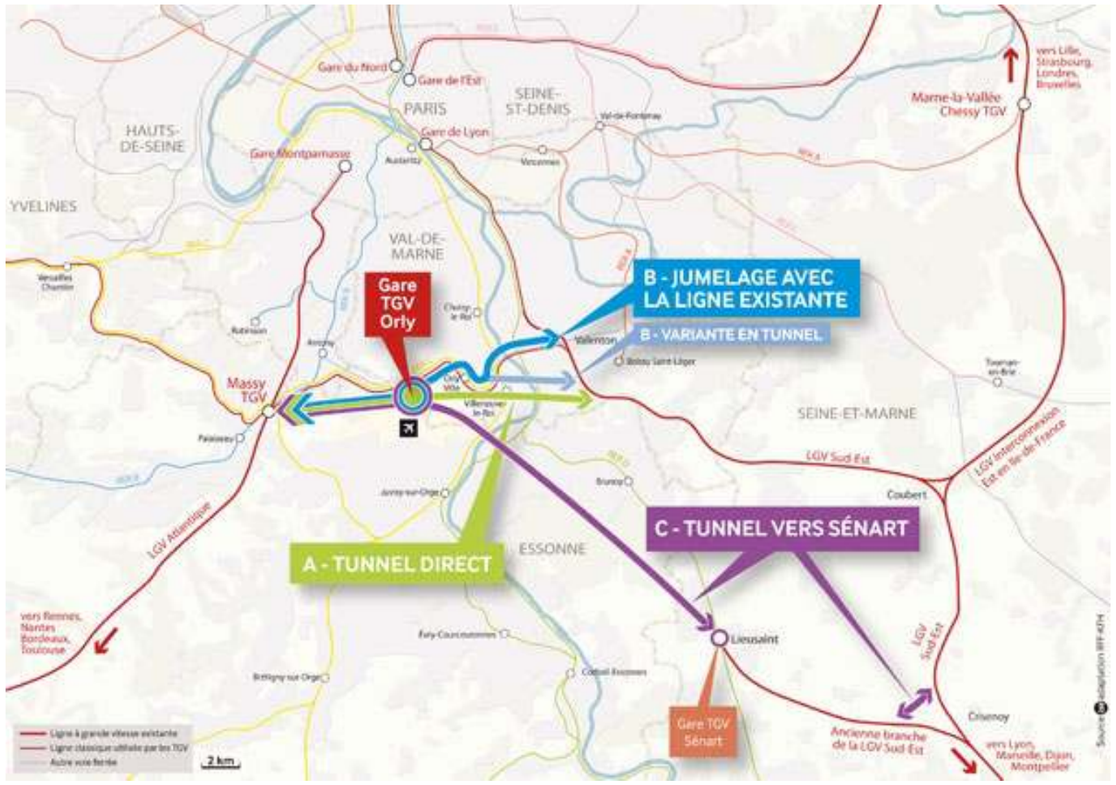
La première nouvelle gare sera connectée à l'aéroport de Paris-Orly. Si le principe d'une seconde gare était retenu, celle-ci serait dans la ville nouvelle de Sénart, sur le tracé du RER D.

Ce projet est inscrit dans la loi relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement du 3 août 2009, dans la liste des 2 000 kilomètres de lignes nouvelles dont la réalisation doit être lancée d'ici 2020.

Projet atypique, l'Interconnexion Sud peut être considérée comme la future clé de voûte du réseau des lignes à grande vitesse. En cela, le projet d'Interconnexion Sud apparaît stratégique, dans un contexte de développement du réseau à grande vitesse, selon les objectifs du Grenelle de l'environnement et de la politique ferroviaire européenne. Il permet la synergie entre les enjeux nationaux et franciliens :

- améliorer les déplacements entre les régions, par la création d'une ligne dédiée aux trains à grande vitesse ;
- offrir une alternative aux gares parisiennes par la création d'une ou de deux nouvelles gares dans le sud de l'Île-de-France ;
- favoriser la complémentarité entre le train et l'avion grâce à la nouvelle gare connectée à l'aéroport de Paris-Orly.

Par ailleurs, le projet contribuera aussi à répondre à long terme à l'enjeu de décongestion des gares parisiennes. Enfin, la mise en place d'une ligne dédiée aux TGV mettra fin à la mixité du trafic des TGV avec celui du RER C, laissant ainsi à ce dernier toute liberté pour son développement.



Principe d'interconnexion Sud LGV (RFF)

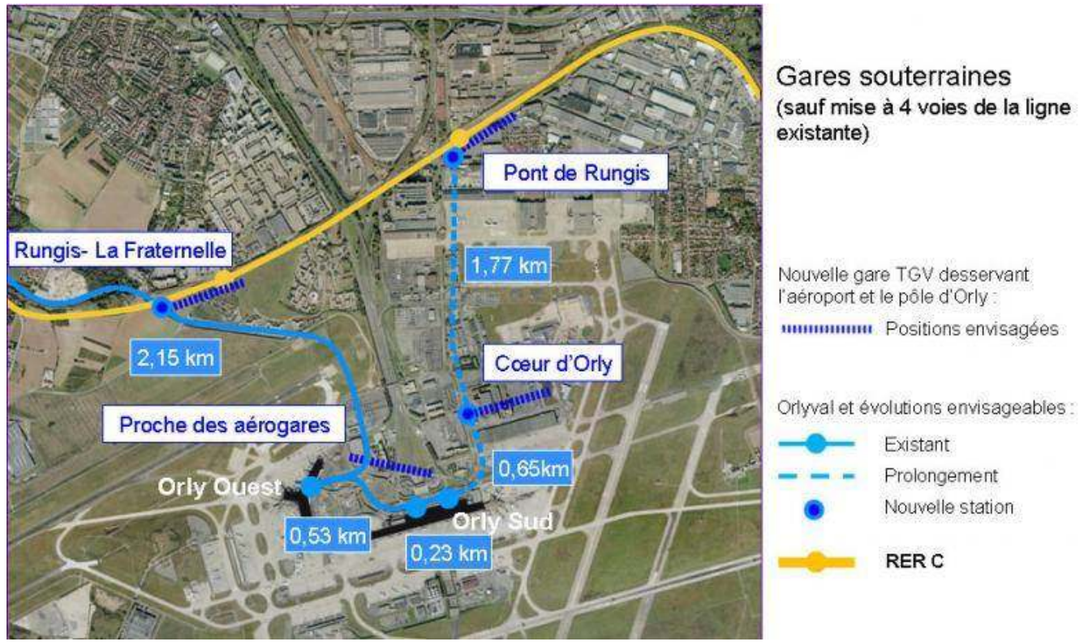
Réseau Ferré de France (RFF) a présenté, lors du débat public, trois familles de propositions, appelées scénarios. Ces scénarios A, B et C, avec leurs variantes, sont contrastés afin d'illustrer les solutions possibles :

- Scénario A, « Tunnel direct »,
- Scénario B, « Jumelage avec la ligne existante »,
- Scénario C, « Tunnel vers Sénart ».

Chaque scénario présente logiquement une gare à Orly, un des principaux enjeux de cette interconnexion.

Deux localisations sont envisagées au stade des études menées par RFF :

- Au plus près des aérogares en souterrain, au niveau du Hilton ou du pôle d'échanges multimodal ;
- A Pont de Rungis en surface.



Localisations potentielles de la gare TGV d'Orly lié au principe d'interconnexion Sud LGV (RFF)

7.1.2. Projets routiers

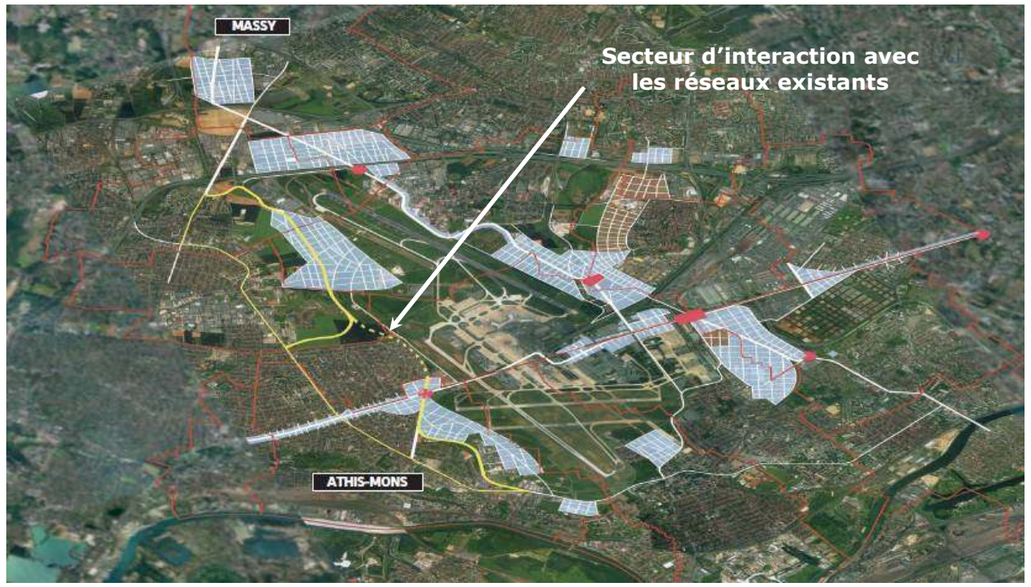
Boulevard urbain Massy – Athis-Mons :

La réalisation d'une continuité de la voie, doublant au nord la D118, doit permettre de capter une partie du trafic de cette voie saturée dans la traversée des agglomérations existantes, pour améliorer sa qualité urbaine.

D'importantes emprises foncières peuvent être mobilisées à terme, notamment le long de la déviation de la RD118 entre Chilly-Mazarin, Wissous et Morangis, pour accueillir un développement urbain orienté vers les activités économiques dans les secteurs soumis aux contraintes du PEB.

Les projets en cours à Athis–Mons (aménagement de l'entrée de ville sur la RN7, déviation de la RD118) vont permettre d'envisager un développement urbain sur des emprises mutables au sud de l'aéroport.

La mise en place du Boulevard urbain entre Massy et Athis-Mons propose, au stade des études préalables menées par le Conseil Général de l'Essonne, un passage potentiel de l'infrastructure en bordure de l'aéroport d'Orly, et plus précisément au sud des pistes.



Extension du boulevard urbain entre Massy et Athis-Mons (Conseil Général de l'Essonne)

La réalisation du barreau routier en projet nécessite intrinsèquement et à premières vues des travaux :

- De dévoiement de l'aqueduc de la Vannes et du Loing, en concertation entre le Maître d'Ouvrage et les services du SEDIF,
- Des échanges avec le gestionnaire du réseau TRAPIL en raison de la proximité des ouvrages.

7.1.3. Zones d'aménagement

7.1.3.1. Cité Paul Bourget

Le projet concerne le réaménagement de la Cité Paul Bourget, dans le XIIIe arrondissement de Paris. Cette dernière s'inscrit entre :

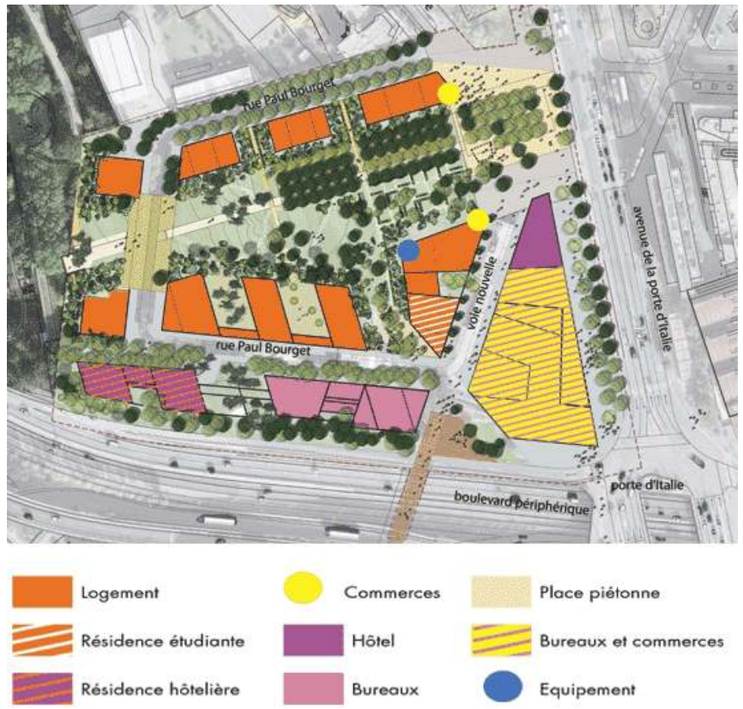
- Le Boulevard Périphérique,
- L'avenue de la Porte d'Italie,
- La rue Paul Bourget.

Le périmètre d'intervention s'étend sur 4ha. Sous la forme étudiée et présentée en concertation publique, le projet propose :

- la construction de 402 logements, dont les 365 logements sociaux existants reconstitués (29 200m²),
- la construction de 100 chambres étudiantes (2 300m²),
- la créaction de commerces de proximité (4 100m²) et de bureaux (17 000m²),

- la créaction d'un hôtel et d'une résidence hôtelière (9 370m²)
- la création d'équipements et d'espaces verts (9 000m²) et de voiries.
- A terme, possibilité de créer une passerelle piétonne au-dessus du périphérique pour relier Paris et le Kremlin-Bicêtre.

Acteurs :



Plan masse du projet d'aménagement de la Cité Paul Bourget (Mairie de Paris)

7.1.3.2. ZAC Campus Grand Parc

L'opération Campus Grand Parc a pour objectif de développer un campus urbain à vocation internationale, centré sur la recherche et l'innovation dans le secteur de la santé et des biotechnologies, tout en offrant des conditions de vie adaptées aux besoins des habitants du territoire (logements, emplois, transports, cadre de vie, commerces, services) et aux salariés du site.

Avec près de 800 000m² de surface de plancher, la programmation retenue fait de Campus Grand Parc l'un des plus grands projets urbains à l'échelle de la métropole parisienne.

La programmation globale de la ZAC Campus Grand Parc fait état :

- D'un pôle d'activités scientifiques et tertiaires : 350 000 à 450 000m² de surface de plancher,
- D'un pôle d'enseignement et de formation aux métiers de la santé : 30 000 à 60 000m² de surface de plancher,
- D'équipements, commerces, services : 20 000 à 40 000m² de surface de plancher,
- Des logements diversifiés : 200 000 à 250 000m² de surface de plancher

Outre la volonté de faire de Campus Grand Parc un territoire de recherche et d'innovation, la priorité est aussi de faire de ce territoire un véritable quartier de ville, dynamique et agréable.

La programmation prévoit la création de plus de 1 700 logements neufs (logements sociaux, en accession, spécifiques…). Certains ensembles de logements existants et leurs espaces extérieurs feront l'objet de réhabilitation et de rénovation. Cette offre nouvelle de logements sera accompagnée d'équipements et services nécessaires à la qualité de vie dans le quartier (crèches, écoles, commerces…).

La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy représentera pour la ZAC un nœud intermodal à fort enjeu, plaçant ainsi le secteur à quelques minutes de la capitale, de l'aéroport d'Orly, des autres communes du territoire et des différents pôles de la première couronne francilienne.

Le réseau local de bus sera repensé pour permettre aux habitants du territoire d'accéder rapidement à ce pôle de transport majeur. Le projet entend mieux relier et mettre en valeur les différents espaces verts et paysagers du site comme les parcs du 8 mai et celui des Hautes Bruyères.

Périmètre d'intervention et photomontage des aménagements de la ZAC Campus Grand Parc (SADEV94)

7.1.3.3. Eco-quartier Les portes d'Orly (ZAC Triangle des Meuniers et ZAC Anatole France), la Cité de la Gastronomie

Un éco-quartier accompagnant le développement d'Orly-Rungis, troisième pôle d'emploi francilien, est en train de voir le jour à son entrée nord. Il est composé de la ZAC Anatole-France et de la ZAC du Triangle des Meuniers, à Chevilly-Larue.

Mixte, l'éco-quartier Anatole-France initie la création d'un nouveau pôle tertiaire, renouvelle et diversifie un quartier d'habitat social dégradé, désenclave une partie de la ville en la reliant au tramway et transforme sa façade sur la RD7. Sa conception et le cahier des charges de sa réalisation lui permettent en outre de viser d'excellentes performances environnementales.

La ZAC Anatole-France est, avec celle du Triangle des Meuniers, l'une des premières traductions opérationnelles de la stratégie urbaine de l'EPA Orly Rungis – Seine Amont sur cette partie du territoire.

Anatole-France en m² SP 77000	Triangle des Meuniers en m² SP 98600
Logement social : 17 500 m²	Logement social : 3 000 m²
Logement privé : 18 500 m²	Logement privé : 17 900 m²
Résidence personnes âgées, résidence sociale ADEF : 9 000 m²	Résidence sociale ADEF : 6 000 m²
Bureaux : 28 000 m²	Bureaux et résidence hôtellière : 66 200 m²
Commerces/services : 3 000 m²	Commerces/services : 2 000 m²
Équipement : une crèche	Équipement public : 1 000 m²
Espaces publics et jardins partagés	
Calendrier	**Calendrier**
2009 : création de la Zac Anatole-France	2011 : création de la Zac Triangle des Meuniers
2010 : signature du protocole Valophis	2012 : premières commercialisations de charges foncières
2012 : premières commercialisations de charges foncières accession et bureaux ; premiers travaux de démolition et espaces publics	2013 : obtention de la DUP
2013 : premières constructions	2014 : premières démolitions et réalisation espace public 1ère tranche
2015 : premières livraisons	2014/2015 : premières constructions

Photomontage et programmation de l'Eco-quartier Les Portes de Thiais (EPA ORSA[52])

L'Eco-quartier Les Portes d'Orly, en cours de réalisation, seront, à plus lointaine échéances, bordé au sud par la Cité de la Gastronomie de Paris-Rungis, dont les études préliminaires sont réalisées courant 2014.

2014 : Études préliminaires
2015 : Concours d'architecture
2016 : Permis de construire
2017 : Démarrage des travaux
Printemps 2019 : Ouverture de la Cité

Esquisse du projet et échéances de réalisation de la Cité de la Gastronomie (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt)

A ce stade préliminaire de conception, la Cité de la Gastronomie de Paris-Rungis sera composée d'un équipement culturel central de 20 000m² :

- Un centre d'interprétation avec médiathèque et espaces d'exposition et un centre de ressources et d'innovation, le « labo gastronomique » (6500 m² au total),
- 510 places dans les « ateliers Paris – Rungis »,
- Un auditorium de 1 200 places (parmi les 10 plus grands de la région) et une halle d'exposition de 7 000m².

Les 7,5 hectares du quartier de la Gastronomie accueilleront également une Halle des trésors gastronomiques de 5 000m², des restaurants (brasseries, bars du marché et 3 restaurants gastronomiques), des centres de formation et des espaces mutualisés, plus de 300 chambres en hôtel ou en résidences.

Enfin plus de 35 000m² seront consacrés à l'accueil d'activités économiques (entreprises, commerces).

Des jardins et des espaces publics occuperont au moins 2 hectares de terrain.

7.1.3.4. Rénovation du quartier Sorbiers-Saussaie à Chevilly-Larue

Le programme de rénovation Sorbiers-Saussaie en cours va permettre de changer l'avenue du quartier en le rendant plus ouvert sur la ville, accueillant et fonctionnel.

Les objectifs du projet sont les suivants :

- Ouvrir le quartier et améliorer l'accessibilité aux équipements,
- Embellir les espaces extérieurs et améliorer le stationnement,
- Proposer une offre de logements diversifiée et adaptée aux besoins,

[52] *EPA ORSA : Etablissement Public d'Aménagement Orly-Rungis Seine-Amont*

- Améliorer la sécurité des parties communes et des accès aux bâtiments.

La priorité du projet passe par le relogement des populations sur place. En effet, le projet prévoit au total la démolition de 130 logements répartis sur 3 bâtiments.

Présentation du projet de la ZAC Sorbiers-Saussaie à Chevilly-Larue (Chevilly-Larue)

7.1.3.5. Cœur Orly et Sénia

De nombreux projets de mise en valeur du patrimoine foncier et immobilier sont en cours entre l'A86 et l'aéroport d'Orly. Ils visent à :

- Accroître l'offre immobilière et en particulier l'offre tertiaire en maintenant la diversité des activités (bureaux, commerces, activités industrielles, activités logistiques et activités artisanales),
- Rénover le parc le plus ancien,
- Améliorer voire renouveler l'image du pôle,
- Multiplier les synergies entre entreprises (ex : conventions d'affaires),
- Favoriser l'implantation des services aux personnes et aux entreprises.

Deux secteurs font l'objet d'études concernant le réaménagement des emprises nord de l'aéroport.

Secteur Cœur Orly

Le nouveau quartier d'affaires international de Paris-Orly doit accueillir dans un cadre urbain convivial, le long de l'ex RN7, des bureaux, des services, le centre de congrès international, des hôtels. Véritable vitrine du pôle d'Orly, l'accent devra être mis sur la qualité urbaine, la qualité environnementale, le maillage et l'ouverture vers les quartiers des villes et l'accessibilité.

Les collectivités locales, associées à la définition de ce nouveau quartier par Aéroports de Paris, veilleront à ce que ce projet contribue à requalifier l'axe historique et emblématique de la RN7 en boulevard urbain structurant pour ce nouveau quartier et pour le pôle d'Orly.

Esquisse du projet Cœur d'Orly à l'est de la RN7 (source : site Internet Cœur Orly)

Visuels du quartier Cœur Orly (ADP)

Secteur Sénia

La zone SENIA revêt une importance particulière dans le dispositif de développement du pôle : elle est située à la croisée des axes nord/sud et est/ouest du projet global d'aménagement et de développement décrit précédemment.

Cet espace relativement dégradé de 118ha, aujourd'hui à dominante logistique et commerciale, est bordé par l'A86 et la RN7, desservi par la gare RER C du Pont de Rungis, le TVM, et coupé en deux par le faisceau ferré.

Les acteurs souhaitent qu'un projet d'aménagement ambitieux soit réalisé sur le site intégrant différentes fonctions urbaines pour en faire l'un des pivots exemplaires du projet du pôle d'Orly.

Cette zone a longtemps été susceptible de recevoir le stade de la FFR, qui finalement s'implantera à Evry.

7.1.4. Contrat de Développement Territorial Campus Sciences et Santé (92 et 94)

Le contrat de développement territorial « Campus Sciences et Santé » (CDT CSS) réunit :

- La communauté d'agglomération du Val-de-Bièvre (dans le Val-de-Marne), ses sept communes (Arcueil, Cachan, Fresnes, Gentilly, L'Haÿ-les-Roses, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif), une commune des Hauts-de-Seine (Bagneux),
- La communauté d'agglomération Sud-de-Seine,
- L'Etat.

Ce territoire regroupe 240 000 habitants sur 25km² en limite sud de Paris.

Les objectifs du CDT sont articulés autour de deux axes :

- Une dynamique urbaine forte et équilibrée, articulée autour de l'arrivée du métro Réseau Grand Paris Express, portant notamment sur :
    - L'arrivée programmée de 9 gares du Réseau Grand Paris Express sur le territoire de la Vallée Scientifique de la Bièvre,
    - 23 secteurs opérationnels, dont plusieurs grandes opérations d'urbanisme : la ZAC Cancer Campus à Villejuif, la ZAC Eco-quartier Victor Hugo et le projet de mutation du site des Mathurins à Bagneux…,
    - La production annuelle de 1700 logements pendant 15 ans, avec une offre diversifiée et une part importante de logements sociaux,
    - Un développement économique qui conduise à un rééquilibrage habitat-emploi, autour de filières stratégiques (la santé, le numérique, les PME-PMI) et d'une production immobilière volontariste avec 1 million de m² de locaux au niveau des grands projets du territoire de la métropole.
- Le développement d'un pôle d'innovation et de développement économique du Grand Paris, sur la thématique de la santé, s'appuyant en particulier sur :
    - Un biocluster de rayonnement international, adossé au plateau hospitalier et scientifique du Kremlin-Bicêtre et de Villejuif, conforté avec la réalisation d'un nouveau bioparc de 30 000m² sur la ZAC Cancer Campus,
    - La confortation du pôle universitaire grâce au développement du projet d'Ecole Universitaire de Santé visant à accueillir plus de 3000 nouveaux étudiants et chercheurs à proximité du pôle hospitalo-universitaire KB-Villejuif,
    - Un partenariat avec l'ARS pour des démarches de travail pilotes sur les enjeux de santé dans le territoire.

Au-delà des engagements très concrets, les collectivités et l'Etat ont avant tout choisi de s'inscrire dans un partenariat constructif et évolutif dans la durée.

Ainsi, le Contrat de Développement Territorial prévoit des processus de travail sur plusieurs thématiques majeures pour le développement et l'équilibre du territoire. Ils concernent notamment l'insertion et l'emploi, la politique de rénovation urbaine des quartiers d'habitation sociale, les mobilités, les politiques locales de santé et les développements universitaires.

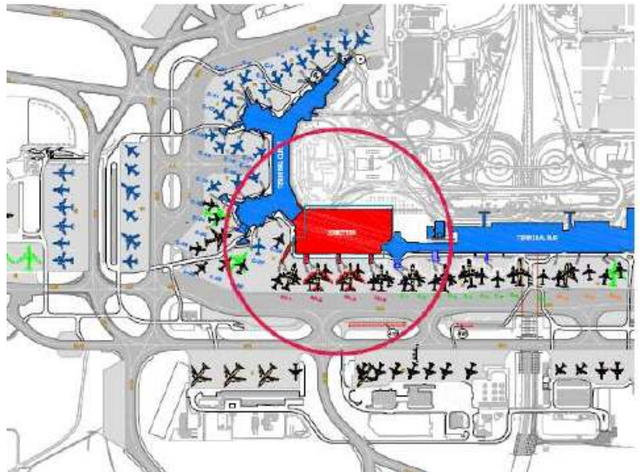
7.1.5. Constructions

Les projets de construction présentés ci-dessous sont ceux pour lesquels des enjeux forts d'interaction avec la Ligne 14 Sud ont été identifiés lors des études préliminaires approfondies menées courant 2013 et 2014.

7.1.5.1. Le bâtiment de jonction entre les terminaux Ouest et Sud de l'aéroport d'Orly

Le projet consiste en la construction d'un bâtiment d'environ 80 000m², et 5 000m² de raccordement sur les bâtiments existants (réhabilitation), permettant de créer la jonction entre les terminaux sud et ouest de l'aéroport de Paris-Orly.

Concernant le futur bâtiment, celui-ci comprendra 2 niveaux principaux, ainsi qu'une mezzanine et un sous-sol limité, et les fonctionnalités suivantes : zone publique, bureaux, commerces, zone de contrôle de sûreté, de contrôle frontière, salle d'embarquement, système bagages départ et arrivée, galerie et locaux techniques, pré-passerelles et passerelles avions, route de service en sous-sols avec un quai de livraison.



Implantation du bâtiment entre les terminaux (ADP)

Esquisse du bâtiment de jonction (ADP)

Le bâtiment s'inscrit sur les linéaires de la Ligne 14 Sud et 18, qui passeront sous le bâtiment.

Sa mise en service est prévue à l'horizon 2019.

7.1.5.2. Le parking P0 de l'aéroport d'Orly

Le parking P0 de l'aéroport d'Orly, et plus particulièrement son extension en proximité du terminal Ouest, fera l'objet d'une réhabilitation légère (environ 1 000m² au niveau du -1, -2 et -3) permettant la mise en œuvre du bâtiment de jonction.

Les éléments de projet ne sont pour l'heure que peu connus en raison de l'absence d'une évaluation environnementale dédiée à ce projet.

7.2. Appréciation des principaux impacts cumulés

L'analyse menée au sein du présent paragraphe a tenté d'estimer le cumul des impacts des différents projets connexes au projet de mise en œuvre de la Ligne 14 Sud entre la station Olympiades existante et le SMR Morangis, au sud des emprises de l'Aéroport d'Orly.

La complexité de la tâche a conduit à entreprendre une analyse simplifiée par compartiments environnementaux (milieu physique superficiel, milieu physique – sous-sol, milieu naturel, …), en procédant cependant à une synthèse des principaux impacts de chaque projet, le but étant d'estimer une incidence environnementale globale sur l'aire d'étude relative à la Ligne 14 Sud.

Par conséquent, l'analyse a nécessairement dû être entreprise suivant une vision large du territoire en évitant un listing exhaustif des impacts de tous les projets retenus, qui aurait finalement masqués les vraies incidences de l'urbanisation future de l'ensemble du territoire Sud situé en proche couronne de Paris.

7.2.1. 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.

7.2.1.1. Milieu physique superficiel

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents chantiers du territoire sur le milieu physique superficiel concernent les compartiments environnementaux suivant :

- L'hydrographie et les risques d'inondation,
- Le relief,
- La pédologie,
- La climatologie.

L'hydrographie et les risques d'inondations

- **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 sera 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 mise en œuvre par chaque maître d'ouvrage pour entreprendre une gestion pérenne des eaux de ruissellement issues de leur chantier respectif.

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 pratique, les impacts cumulés sur les eaux superficielles seront réduits pour les raisons suivantes :

- Chaque chantier gèrera ses propres impacts, même si il doit y avoir une coordination lorsque les chantiers seront proches, voir 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 vue du contexte urbain) avec rejet au réseau.

- **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 14 Sud 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.

Aussi, pour une gestion plus simple des problématiques liées au déversement, l'assainissement provisoire des projets connexes pourra être couplé avec celui ou ceux des bases chantier du projet de la Ligne 14 Sud.

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.

Si pour des raisons de logistique, ou de non-concomitance des projets, un assainissement couplé ne pouvait être mis en place, la Société du Grand Paris s'engagera à contacter les autres maîtres d'ouvrage afin que ces derniers puissent être alertés des aléas présents et agir en conséquence sur leur périmètre d'intervention.

Le relief, la pédologie et la climatologie

- **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, 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

  Les impacts cumulés concerneront donc la seule zone encore naturelle, à savoir celle correspondant aux emprises Sud de l'Aéroport d'Orly où le chantier de la Ligne 14 Sud sera concomitant à celui du projet routier du Conseil Général 91.

  Sur cette zone, les impacts pédologiques des deux projets s'additionneront mais resteront faibles à nuls au regard des terres similaires existantes dans le secteur de l'Aéroport d'Orly.

- Le contexte climatologique ne sera pas influencé par la réalisation des différents projets connexes

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

7.2.1.2. Milieu physique – sous-sol

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents chantiers du territoire sur le milieu physique – sous-sol concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La géologie et l'hydrogéologie,
- L'occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments),
- Les vibrations,
- La gestion des terres et des pollutions associées.

La géologie et l'hydrogéologie

- **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 14 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. 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 vu hydrogéologique, les impacts en phase chantier sont clairement supérieurs à ceux persistant en phase exploitation (pour l'essentiel, une fois l'infrastructure en place, seul persiste l'effet barrage).

  La modélisation du secteur de Kremlin-Bicêtre a beaucoup apporté sur ce point. Elle a permis de faire les constats suivants :

  - Pour qu'il y ait effet cumulé, il faut que les aires d'influence hydrogéologique d'autres projets interfèrent avec celles de la Ligne 14 Sud.
  - Or, la mise en œuvre de parois moulées au niveau des émergences ainsi que le creusement au tunnelier des infrastructures, permettent de réduire l'aire géographique d'influence des effets hydrogéologiques concernant la Ligne 14 Sud. Le cône de rabattement des nappes présentes est réduit et limite ainsi les variations de cote du toit de la nappe à travers plusieurs couches géologiques.

  Au regard des méthodes constructives mises en œuvre pour la réalisation des travaux de la Ligne 14 Sud, l'interaction avec les autres projets connexes sur ce critère semble faible à nul.

- **Mesures d'accompagnement**

Au même titre que l'aspect « eau superficiel », chaque projet connexes 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.

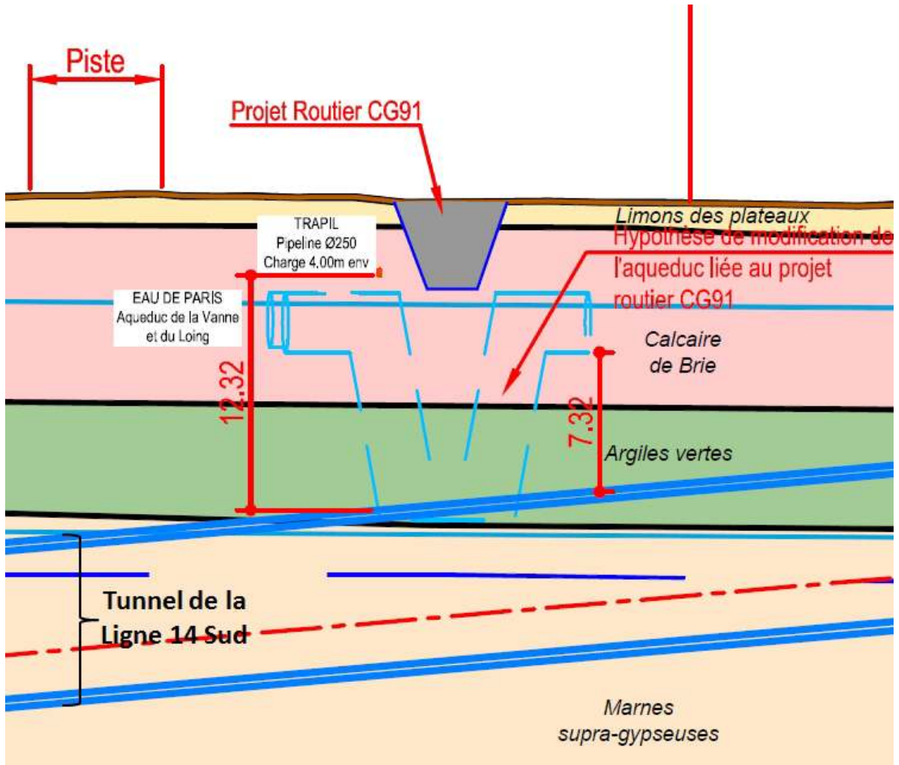
L'occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments)

- **Impacts directs et indirects**

De manière générale, le tunnel de la Ligne 14 Sud s'inscrira suffisamment en profondeur pour limiter les impacts sur la future occupation du sous-sol.

Le projet de Ligne 14 Sud présente néanmoins des zones d'interactions directes sur certains projets connexes en cours d'étude et/ou de réalisation. Il s'agit notamment des zones en proximité :

- De l'Aéroport d'Orly : parking P0 et bâtiment de jonction entre les terminaux Sud et Ouest,
- De l'aqueduc de la Vannes et du Loing où les impacts du projet de la Ligne 14 Sud se cumulent avec ceux du projet routier du Conseil Général de l'Essonne.



Vue en long du secteur d'interférence entre le tunnel et l'aqueduc (nota : aucun recoupement n'est observé puisque le deux ouvrage sont parallèle au niveau du projet routier CG91)

- **Mesures d'accompagnement**

De manière systématique, une bonne connaissance des projets connexes et des concertations déjà menées par les autres Maîtres d'Ouvrages est indispensable.

A ce stade, la Société du Grand Paris entreprendra 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 14 Sud ;
- 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 pressentis.

Concernant la zone d'Orly, il convient de noter que dès la phase de réalisation des Etudes Préliminaires de Conception, le Société du Grand Paris a entrepris un rapprochement avec les services de l'ADP afin de définir une méthode d'insertion optimale en accord avec les projets de développement de l'aéroport.

Ainsi, la réalisation du tunnel et de la gare Aéroport d'Orly s'effectuera :

- En prenant compte du projet d'extension du parking P0 présenté dans le premier chapitre de cette partie,
- En coordonnant l'intervention avec la mise en œuvre du bâtiment de jonction entre les terminaux Sud et Ouest.

Cas du parking P0 : Paroi moulée Nord de l'enceinte de P0 :

A l'approche de la gare Aéroport d'Orly, le tunnel interceptera la paroi moulée Nord de l'enceinte délimitant l'extension du parking P0. Cette paroi moulée sera conservée ; elle servira d'ouvrage de soutènement et de porte des voies routières.

La couverture de sol présente au droit de cette paroi est de 1,83m.

Deux points permettent de statuer sur la potentielle profondeur du ferraillage de cette paroi :

- La présence de deux rangs de tirants d'ancrage afin d'assurer la stabilité de la paroi. Ils sont respectivement à une profondeur d'environ 1,50m et 5,40m par rapport au niveau du terrain naturel ;
- A l'analyse du contexte géotechnique, il semblerait que la fiche de la paroi moulée soit dans les argiles vertes. Cela signifierait que cette dernière joue à la fois un rôle mécanique et hydraulique. Elle serait donc ferraillée.

Les méthodes de construction des parois moulées ne garantissent pas l'exactitude de leur profondeur. La probabilité que le tunnelier rencontre la paroi moulée est donc importante.

Cas du bâtiment de jonction entre les terminaux Sud et Ouest :

A l'Aéroport d'Orly, le bâtiment de jonction sera en interaction direct avec le tunnel puisque celui-ci comptabilise un niveau bas de sous-sol situé à moins d'un diamètre de la calotte du tunnel.

En concertation avec l'ADP, ont été retenues les mesures conservatoires suivantes :

- Une fondation du bâtiment de jonction sur poutres longrines et barrettes de part et d'autre des tunnels,
- La réalisation anticipée du bouchon étanche.

Ces mesures permettent donc de tenir compte des contraintes que causent la sortie de gare du tunnelier (augmentation des pressions appliquées par le tunnelier, déstabilisation du bâtiment de jonction).

A noter que les mesures appliquées au bâtiment de jonction seront prises sous l'hypothèse que le tunnel de la Ligne Verte soit de même diamètre que celui de la Ligne 14 Sud.

Les vibrations

- **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.

A première vue, il semble qu'en phase chantier, aucun des projets connexes n'est susceptible de générer des vibrations similaires et/ou comparables à celles émises par le tunnelier. Les impacts cumulés des différents projets connexes semblent donc s'assimiler à ceux du projet de création de la Ligne 14 Sud.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

La gestion des terres et des pollutions associées

- **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 14 Sud (près de 2 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 négligeables.

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.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

7.2.1.3. 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.

- **Impacts directs et indirects**

Les impacts cumulés en phase chantier pour les milieux naturels et paysagers se résument à :

- l'impact hydrologique cumulé qui pourraient modifier l'alimentation en eau de secteurs localisés

- la perturbation des stations de flore patrimoniales au niveau du SMR de Morangis qui est concomitant à la ligne 14Sud et la ligne 18

- la notion de visibilité et covisibilité des chantiers vis-à-vis des éléments de patrimoine

Au vu du contexte très urbain du fuseau d'étude et des enjeux modérés à faibles relatifs aux milieux naturels, faune, flore et paysage ; le respect des mesures prises indépendamment dans chaque projet doit permettre la conservation des conditions stationnelles.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

Milieu humain

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets sur le milieu humain concernent les compartiments suivant :

- Les risques technologiques,
- L'environnement sonore.

Les autres thématiques liées au milieu humain (mobilité, occupation du sol, énergie,…) sont difficilement analysables très localement et **ne permettent pas de dresser un bilan ponctuel impacts/mesures significatif.**

L'environnement sonore

- **Impacts directs et indirects**

Les ouvrages de la Ligne 14 Sud sont souvent implantés dans des quartiers-zones où divers projets d'aménagement y seront concomitants.

Durant la phase chantier de la Ligne 14 Sud, un cumul des impacts est donc potentiel. Il est toutefois difficilement quantifiable sans connaître préalablement l'organisation et les modes de constructions des autres projets connexes.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est prévue à ce stade de l'étude.

Risques technologiques

- **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 14 Sud), renforçant les risques technologiques liés à l'utilisation d'engins.

Ces aspects seront observables principalement :

- Au niveau de l'OA Paul Bourget, en raison de la réalisation de la cité Paul Bourget ;
- Au niveau de la gare Villejuif – Institut Gustave Roussy (ZAC Campus Grand Parc, et plus généralement du projet de CDT Campus Sciences et Santé) ;
- Aux abords de la gare M.I.N. Porte de Thiais, où se développent les projets de ZAC Anatole France, et Triangle des Meuniers et la Cité de la Gastronomie ;
- Dans l'ensemble de la section Pont de Rungis – Aéroport d'Orly (Cœur Orly et Sénia, Parking P0 de l'aéroport d'Orly, Bâtiment de jonction des terminaux) ;
- Au niveau de l'OA Sud-Orly et du puits de sortie tunnelier concomitant au projet routier du Conseil Général 91.

Bien que localisables, les potentiels impacts cumulés restent difficilement quantifiables.

- **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.

7.2.2. Impacts des projets connexes en phase d'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.

7.2.2.1. Milieu physique superficiel

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets du territoire sur le milieu physique superficiel concernent les compartiments environnementaux suivants :

- L'hydrographie et les risques d'inondation,
- Le relief,
- La pédologie,
- La climatologie.

L'hydrographie et les risques d'inondations

- **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,
- des procédures Loi sur l'Eau s'appliqueront à la plupart des projets (suivant les rubriques de la nomenclature prises en compte).

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

- **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.

Le relief, la pédologie et la climatologie

- **Impacts directs et indirects**

D'une manière générale, les projets cumulés n'auront pas d'impacts sur le relief et la pédologie du territoire étudié ; les impacts seront uniquement ressentis en phase chantier.

Par ailleurs, des différents projets du territoire auront un faible impact positif sur le contexte climatique :

- Le développement des transports en commun permettra la réduction des transports particuliers par transfert d'un volume de voyageurs vers un mode de transports en commun ;
- Les transformations du tissu urbain (notamment la rénovation du patrimoine bâti suivant des réglementations techniques constructives plus récentes) auront un effet sur le bilan énergétique, rendant les aménagements moins énergivores et influant indirectement sur les paramètres climatiques.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

7.2.2.2. Milieu physique – sous-sol

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets du territoire sur le milieu physique – sous-sol concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La géologie et l'hydrogéologie,
- L'occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments),
- Les vibrations,
- La gestion des terres et des pollutions associées.

La géologie et l'hydrogéologie

- **Impacts directs et indirects**

En phase exploitation, les impacts sur le contexte géologique seront nuls puisque les remaniements auront lieu exclusivement en phase chantier des projets.

Concernant le contexte hydrogéologique, les impacts identifiés en phase chantier sont supérieurs à ceux persistant en phase d'exploitation. Pour l'essentiel, une fois l'infrastructure en place, seul persistera l'effet barrage directement lié au tunnel de la Ligne 14 Sud (étudié au sein du présent rapport).

Aussi, que ce soit d'un point de vue qualitatif comme d'un point de vue quantitatif, 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.

- **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).

En cas de mise en œuvre de dispositifs couplés entre les émergences de la Ligne 14 Sud et d'autres projets connexes, la Société du Grand Paris mènera le suivi dans le temps en coordination avec les eaux pétitionnaires.

L'occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments)

- **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.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

Les vibrations

- **Impacts directs et indirects**

Les principaux générateurs de vibrations correspondent aux réseaux de transport en commun, et notamment ceux sur ballaste (modernisation du RER C, interconnexion TGV au niveau d'Aéroport d'Orly et/ou Pont de Rungis) ou rails de guidage (tramway T7).

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.

- **Mesures d'accompagnement**

Un regard doit être porté au niveau du croisement des différents réseaux est 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.

La gestion des terres et des pollutions associées.

- **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.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

7.2.2.3. Milieu naturel et paysager

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets 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.

- **Impacts directs et indirects**

Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

7.2.2.4. Milieu humain

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets sur le milieu humain concernent les compartiments suivant :

- Les risques technologiques,
- L'environnement sonore,

Les autres thématiques liées au milieu humain (mobilité, occupation du sol, énergie,…) sont difficilement analysables très localement et **ne permettent pas de dresser un bilan ponctuel impacts/mesures significatif.**

Environnement sonore

- **Impacts directs et indirects**

Les impacts sonores cumulés potentiels seront essentiellement concentrés aux intersections / gare de correspondance entre les différents réseaux de transports ou bien liés au développement de quartier à proximité des gares.

Mais le cumul des impacts restera faible au niveau du bruit compte tenu des exigences réglementaires à respecter et du fait que les connections entre les différents modes de transport public sont primordiales pour limiter la pression automobile à l'échelle globale comme à l'échelle locale.

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 commerciales et/ou d'intersection avec un autre transport type TGV à Orly ou RERC)
- 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 projet « ZAC Triangle des Meuniers » situé à proximité de la gare M.I.N. porte de Thiais
- La Cité de la Gastronomie à Rungis
- La ZAC Campus Grand Parc à toute proximité de la gare Villejuif IGR, dans le parc des Hautes Bruyères

- **Mesures d'accompagnement**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est prévue à ce stade de l'étude.

Risques technologiques

- **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.

- **Mesures d'accompagnement**

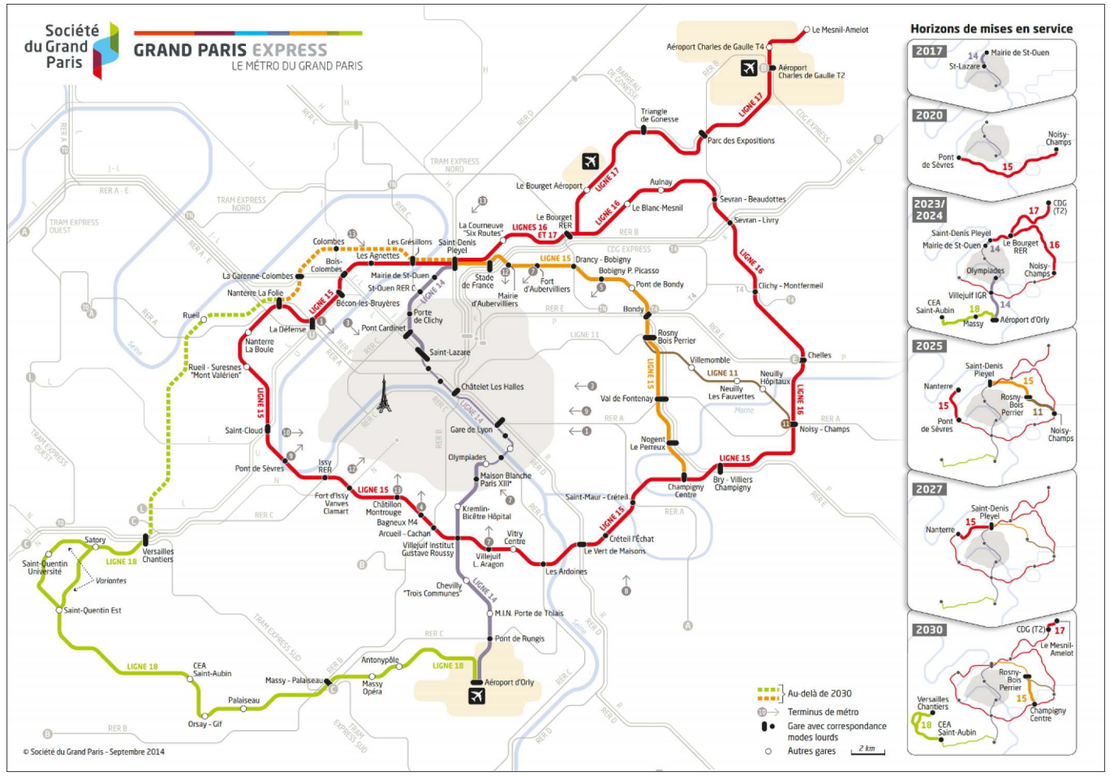
Les mesures sont directement intégrées aux phases d'études des installations ICPE et donc à la conception même des projets.

8. Évaluation des impacts et des mesures à l'échelle du Grand Paris Express

8.1. Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express

La Ligne 14 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.

Ce réseau 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 14 Sud faisant partie de cet ensemble et étant en connexion directe avec les autres lignes via les gares de l'aéroport d'Orly (connexion avec la ligne 18) et de Villejuif I.G.R. (connexion avec 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 14 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 15** :
  - Dont le tronçon Sud entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique ayant reçu un Avis du CGEDD[53] (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 [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],

- Enfin, le programme d'aménagement intègre la **Ligne 14 Sud**, objet de la présente étude d'impact sur l'environnement et la santé humaine.

Les domaines pour lesquels les impacts de la Ligne 14 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. Ainsi, par exemple, du point de vue de la mobilité, une nouvelle desserte de l'aéroport d'Orly profitera non seulement aux habitants situés à proximité des gares de la Ligne 14 Sud, mais également à toutes les personnes qui pourront plus facilement atteindre l'aéroport via la ligne 15 du Grand Paris (en connexion avec la Ligne 14 Sud à Villejuif IGR) ou aux personnes désirant relier l'aéroport Charles de Gaulle à l'aéroport d'Orly via les lignes 17 puis 14 du Grand Paris Express.

Les enjeux élargis du Grand Paris Express sont identifiés au sein de la synthèse proposée dans le rapport 1/3. 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

[53] *CGEDD : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable*

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.

8.2. Évaluation pour chaque thématique environnementale

8.2.1. Population, emplois et étalement urbain

8.2.1.1. Impacts du Grand Paris Express

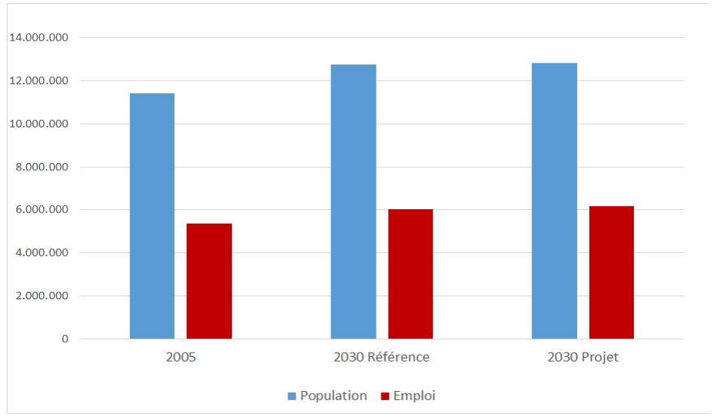
Une infrastructure de transport de l'envergure du Grand Paris Express aura des conséquences fortes sur la population l'emploi et l'occupation du sol en Ile-de-France. Sa mise en œuvre doit donc s'inscrire dans une politique plus générale de développement économique et social des grands territoires stratégiques 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.

8.2.1.2. 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.

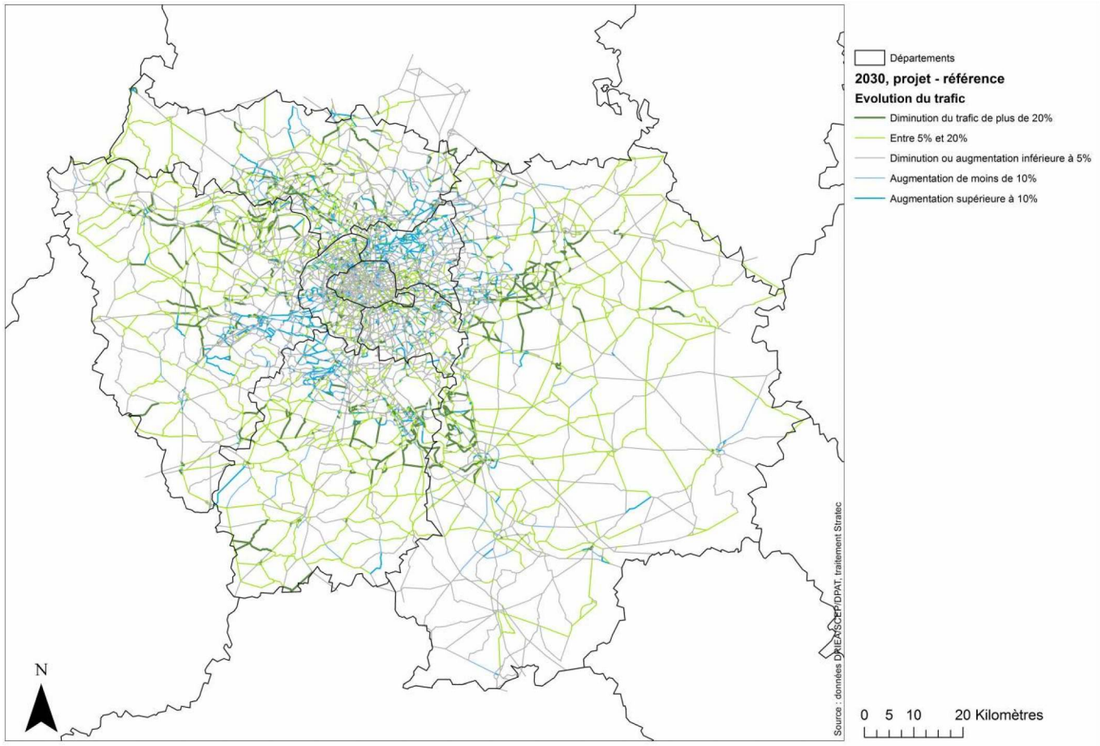
8.2.2. La mobilité francilienne

8.2.2.1. 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[54] 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.

8.2.2.2. 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.

[54] *A plus de 80%*

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.

8.2.3. Les nuisances sonores

8.2.3.1. Impacts du Grand Paris Express

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 14 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.

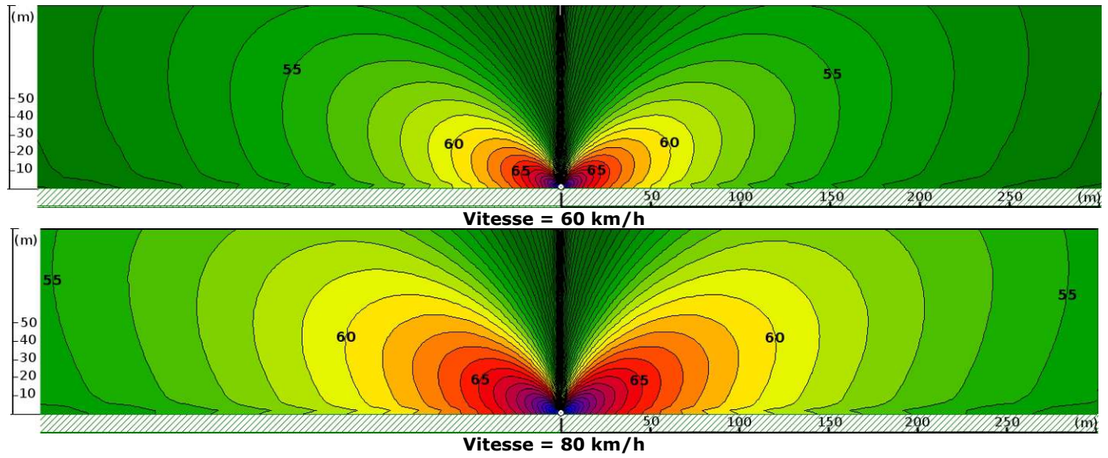
Durant la phase d'exploitation des lignes, les incidences du projet s'entendent principalement suivant deux aspects :

- **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[55] prévoit que les niveaux sonores maximums (i) pour les logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée[56], 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).

[55] *Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires*
[56] *Une zone est dite à ambiance préexistante modérée si le niveau sonore avant la construction de la voie nouvelle à 2m en façade des bâtiments est tel que LAeq (6h-22h) < 65 dB(A) et LAeq (22h-6h) < 60 dB(A)*

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 14 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 décibel, 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.

8.2.3.2. 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.

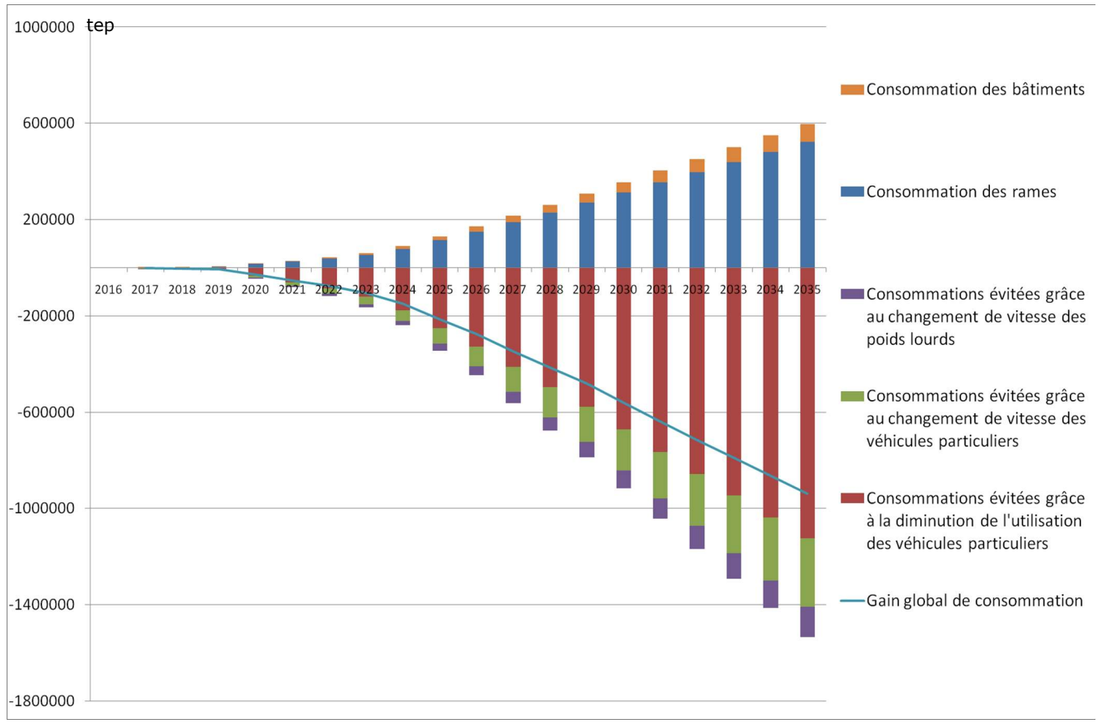
8.2.4. Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre

8.2.4.1. Impacts du Grand Paris Express

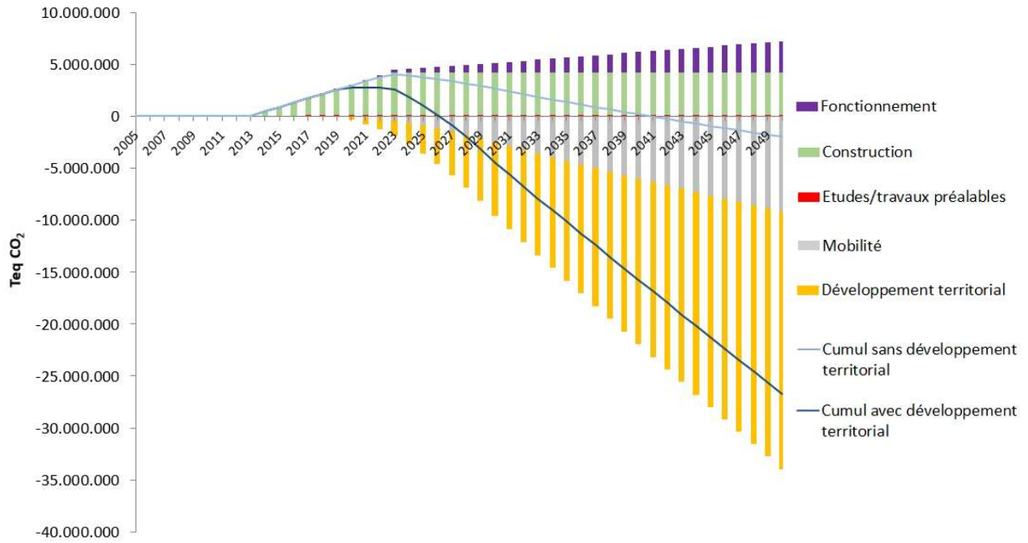
Consommations énergétiques

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



Cumul des émissions de GES (en téq CO2) suite à la mise en service progressive de l'ensemble du réseau.

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 téqCO_2) et l'exploitation du métro (107 000 téqCO_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.

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 téqCO_2[57]). 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 téqCO_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.

8.2.4.2. 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,

[57] *Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails*

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.

8.2.5. L'archéologie

8.2.5.1. 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.

8.2.5.2. 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.

8.2.6. Le patrimoine naturel

8.2.6.1. 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.

8.2.6.2. 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.

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,

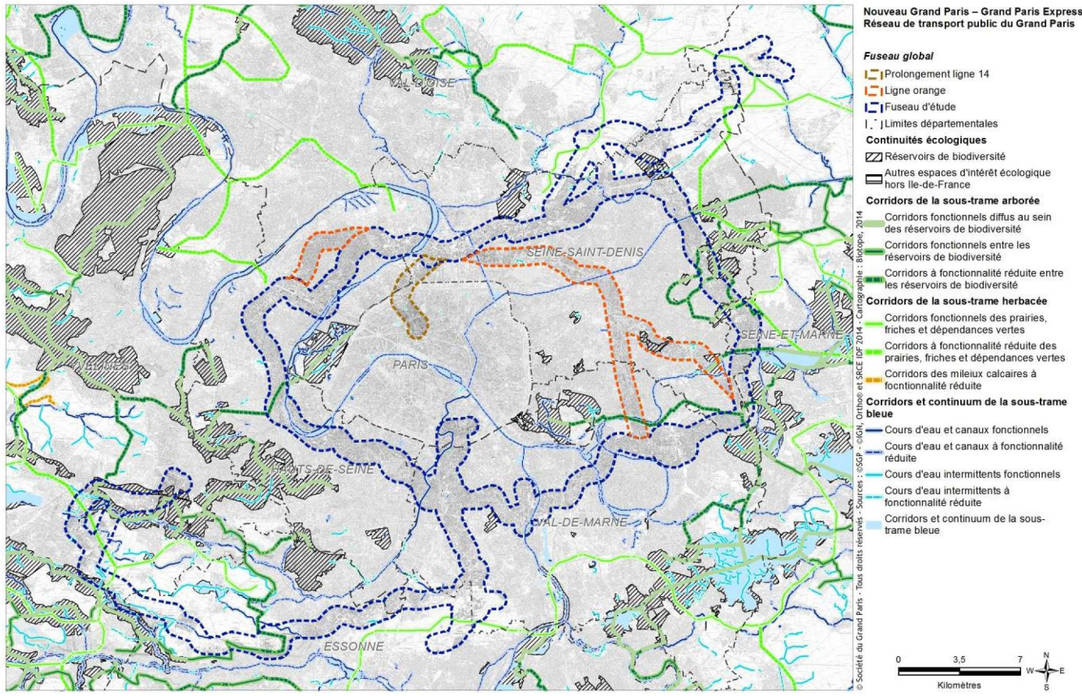
- Perte de fonctionnalité des continuités écologiques,

- 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 renforcer la fonctionnalité de certains. A titre d'exemple, le passage en viaduc et la mise en place de mesures simples peuvent être favorables à l'implantation et le confortement de linéaire boisés pour les déplacements de Chiroptères.

Des mesures afin de favoriser la restauration des continuités sont proposées sur plusieurs des lignes du programme du Grand Paris Express.



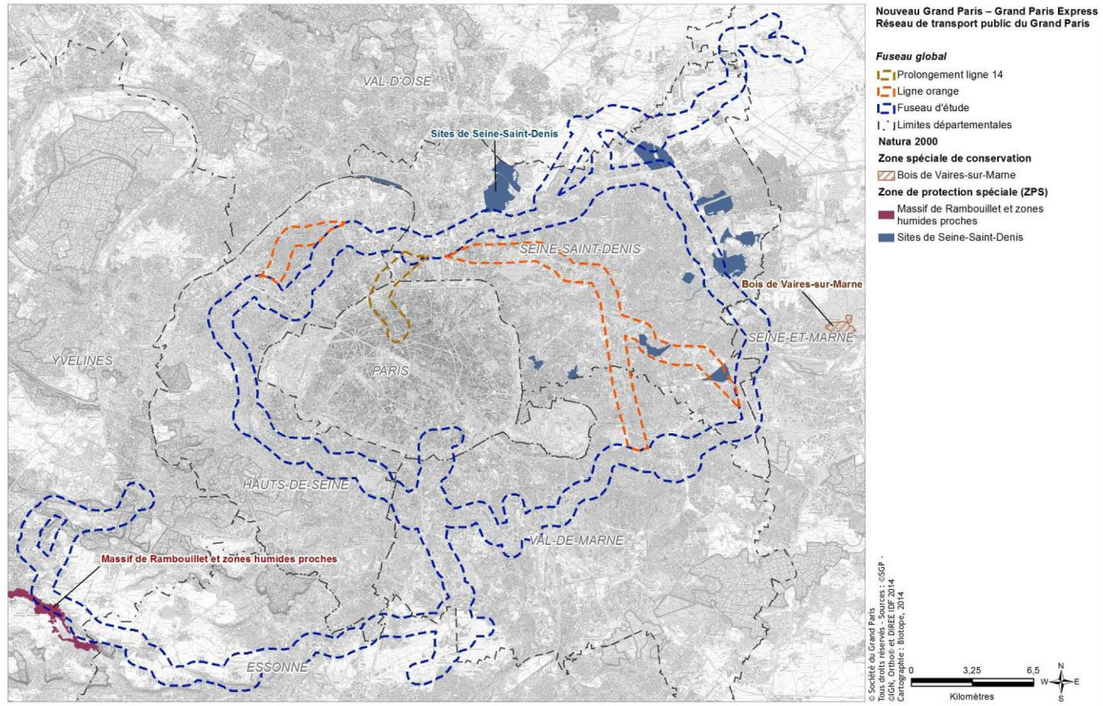
Carte de localisation des continuités écologiques (réservoirs et corridors écologiques) identifiées dans le SRCE IDF – source : DRIEE, 2013

8.2.6.3. Natura 2000

Deux sites Natura 2000 sont 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 liinstallations 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 t 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. Notre 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 avec le site.

8.2.6.4. 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.

8.2.7. 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.

8.2.7.1. 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-Sèvre 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).

8.2.7.2. 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 et les mesures de prise en compte des zones de crues.

- 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.

8.2.7.3. 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). 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 éventuellement 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 de la métropole. En effet, la modification locale du niveau de l'eau souterraine dans les périmètres de protections des captages AEP[58] 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 » (plan d'eau du parc département 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.

8.2.7.4. 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.

[58] *AEP : Alimentation en Eau Potable*

8.2.8. 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.

8.2.9. La qualité de l'air et la santé

8.2.9.1. 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.

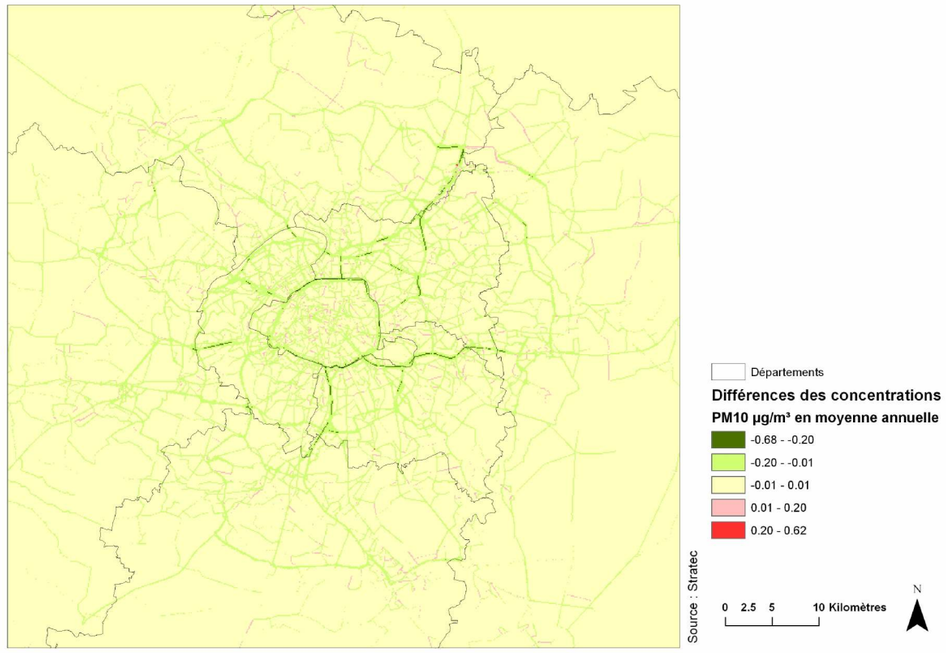
Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, SO2, Nickel et Cadmium.

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%

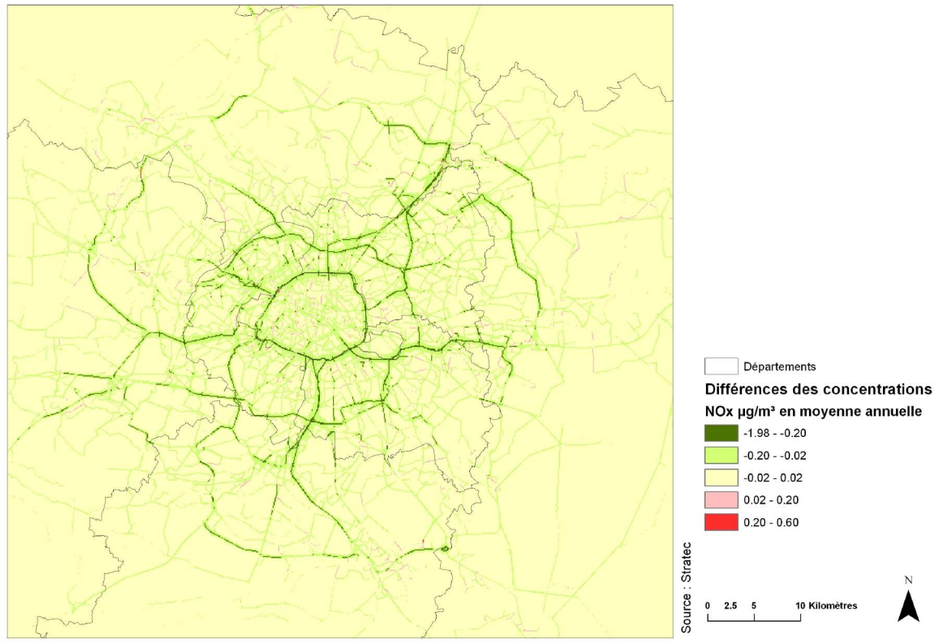
Ces variations sont non négligeables, mais relativement faibles par rapport aux diminutions qui devraient être réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

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 PM10



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour le NO2

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 les risques 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.

8.2.9.2. 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[59] 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.

[59] *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*

8.2.9.3. 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 14 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	147,3
	Nombre de blessés légers évités	200,6
	Nombre de blessés graves évités	58,7
	Tués évités	2,8

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express permettrait d'éviter 147 accidents, 200 blessés légers, 58 blessés graves et 2 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 Grand Paris Express.

9. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols

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.

9.1. Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace

9.1.1. Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont

Les communes d'Orly, Rungis et Thiais font parties du territoire d'interaction de l'OIN Orly Rungis – Seine Amont.

Formé de douze communes du Val-de-Marne, Orly Rungis – Seine Amont relie Paris au Sud-Est de la métropole francilienne. Situé au cœur de l'agglomération, donc, mais également doté d'un foncier potentiellement mutable parmi les plus étendus de la petite couronne, il est l'un des secteurs les plus stratégiques du développement régional.

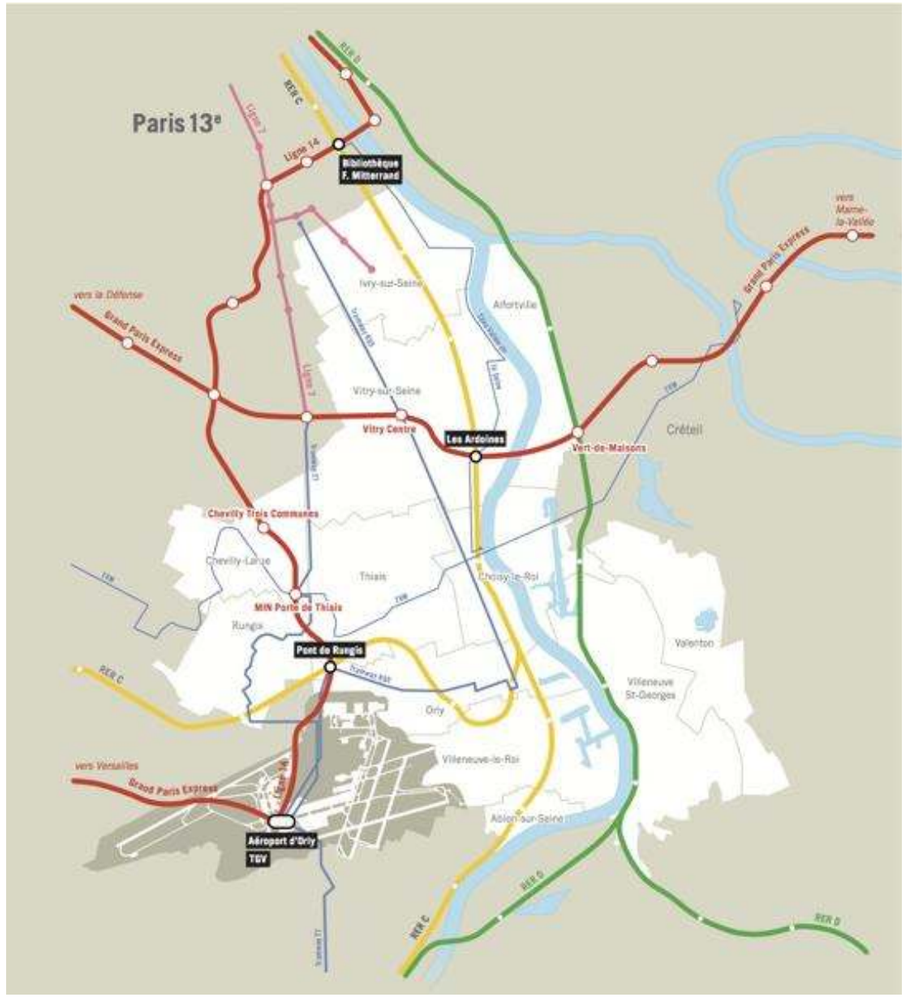
Aujourd'hui, la stratégie de développement du territoire Orly Rungis – Seine Amont s'appuie, entre autres, sur les grands projets de portée régionale en cours d'étude, dont notamment celui du *« Réseau Grand Paris Express avec la création de 7 gares sur le territoire, sur la Ligne Rouge Sud et sur la Ligne 14 du métro prolongée jusqu'à Orly » (projet stratégique directeur Orly Rungis – Seine Amont)*.

La Ligne 14 Sud est compatible avec la stratégie de développement du territoire de l'OIN, qui repose, entre autres, sur l'arrivée du réseau de transport public du Grand Paris (et notamment de la Ligne 14 Sud).

A ce titre, deux CDT sont en cours de réalisation pour permettre d'accompagner, sur le territoire de l'OIN, l'arrivée du métro automatique. Il s'agit des CDT :

- « Grand Orly », desservi par la Ligne 14 Sud au niveau des gares M.I.N. Porte de Thiais, Pont de Rungis et Aéroport d'Orly,

- « Les Ardoines », desservi par la Ligne 15 Sud au niveau des gares Vitry Centre, Les Ardoines et Le Vert de Maisons.



Territoire de l'OIN Orly Rungis – Seine Amont et localisation des points de desserte du Grand Paris Express (source : EPA ORSA)

9.1.2. Contrat de Développement Territorial (CDT)

Comme l'indique le rapport 1/3 (état initial), les CDT sont issus de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris.

De fait, leurs caractéristiques législatives et réglementaires intègrent le projet. L'article 1 de la loi précitée, ainsi que le réseau de transport public du Grand Paris, « *s'articule autour de contrats de développement territorial* ».

Par corolaire, les objets principaux des CDT sont justement d'intégrer le projet et ses conséquences en termes d'urbanisation à une échelle supra-communale.

De fait, le projet est intrinsèquement compatible avec les CDT.

La Ligne 14 Sud n'a donc pas d'incidence sur les CDT, ces derniers intégrant systématiquement le réseau de transport du Grand Paris dans leur réflexion de mise en œuvre.

La carte ci-dessous rappelle les CDT concernés par le projet.

9.1.3. Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF)

Le SDRIF, voté le 25 octobre 2013 par le Conseil Régional, et approuvé par l'Etat le 27 décembre 2013, fixe les objectifs dans une démarche globale de développement durable à l'échelle francilienne, avec en particulier :

- Viser la construction de 70 000 logements par an pour répondre aux besoins actuels de logements et anticiper les demandes futures est une urgence absolue, sociale et économique ;
- Permettre la création de près de 28 000 emplois par an, en assurant une forte hausse de l'activité des seniors et des femmes ;
- Garantir l'accès à des équipements et des services publics de qualité ;
- Concevoir des transports pour une vie moins dépendante à l'automobile. Le SDRIF décline ainsi trois objectifs :
    - Moderniser et optimiser les réseaux de transport existants, pour répondre aux besoins immédiats des Franciliens,
    - Répondre aux besoins de déplacements de banlieue à banlieue,
    - Organiser l'offre de transports collectifs dans la grande couronne, afin de répondre aux besoins de desserte de plus en plus affirmés des bassins de vie et de liaisons de pôles à pôles.
- Améliorer l'espace urbain et son environnement naturel en limitant les aménagements neufs et en valorisant les espaces déjà urbanisés.

Au travers du 4ème tiret listé ci-dessus, le SDRIF prend en compte et s'appuie sur le projet de transport public du Grand Paris. En effet, la carte de destination des sols du SDRIF, opposable comme l'ensemble des pièces de ce dernier, fait figurer le projet dans sa représentation du Schéma d'Ensemble de 2011. Les gares du réseau y sont également identifiables.

Par conséquent, la Ligne 14 Sud est compatible avec le SDRIF 2013.

9.1.4. Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD)

Aucun SCoT ou SD n'est traversé par le linéaire de la Ligne 14 Sud.

9.2. Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS[60]/PLU[61])

Toutes les communes concernées par le projet sont dotées d'un PLU, hormis Paray-Vieille-Poste, Rungis et Villejuif (pour lesquelles une révision du POS en PLU est engagée) et Villeneuve-le-Roi (pour laquelle aucune procédure n'est engagée).

L'analyse détaillée des impacts du projet sur les PLU ou POS est détaillée dans la pièce « Mise en Compatibilité des Documents d'Urbanisme » qui figure au sein du dossier DUP au même titre que la présente étude d'impact. Pour une analyse complète, et pour la justification législative et réglementaire, le lecteur se reportera à ces documents.

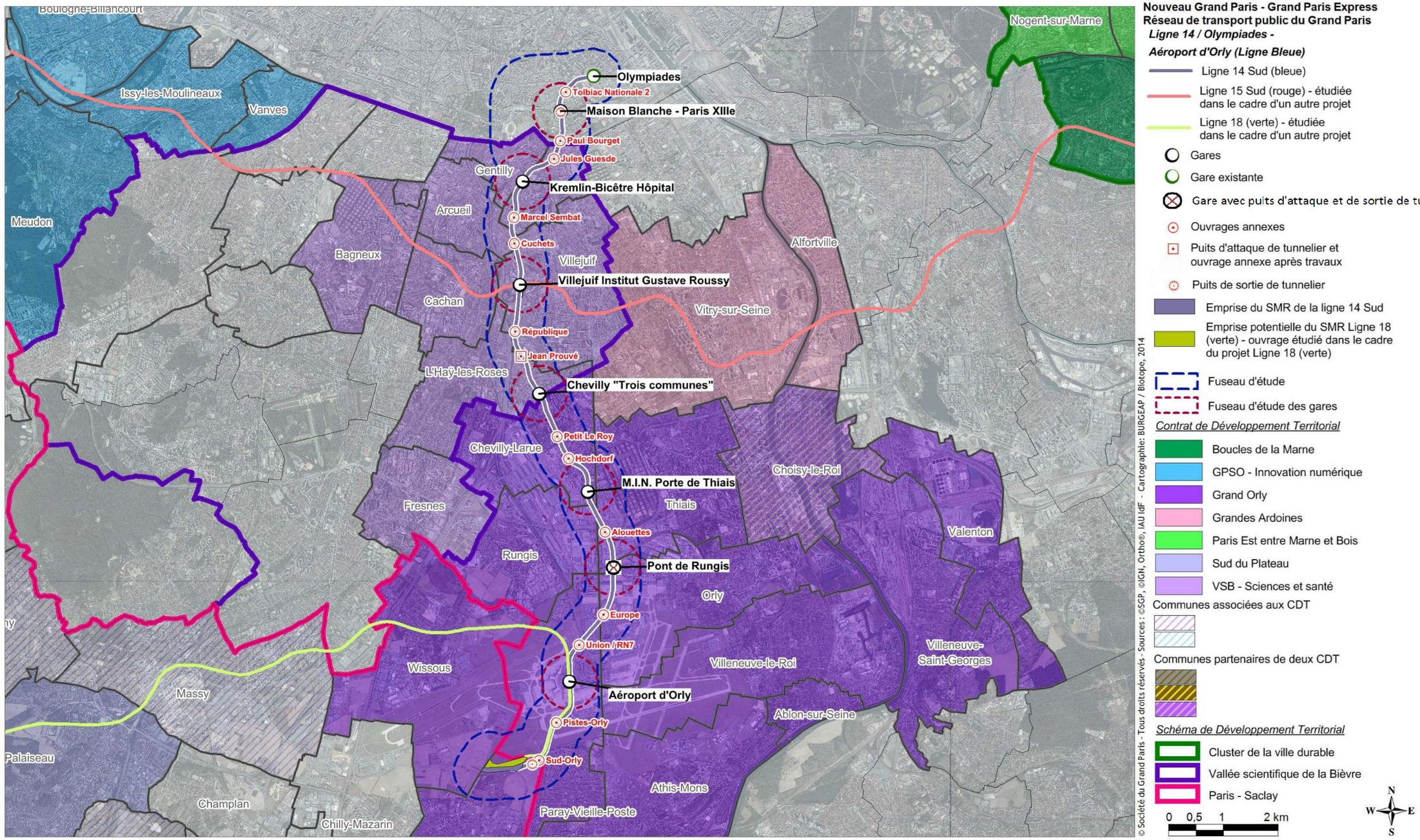
Au sein de ladite pièce, un document par commune précise :

- Les éléments du POS/PLU en vigueur : Rapport de présentation, PADD, zonages et règlement ;
- Les zones du POS/PLU concernées par le projet ;
- Les incidences de la mise en œuvre du projet sur le zonage et le règlement du POS/PLU ;
- Les propositions de modification de zonage et/ou de règlement pour rendre le document d'urbanisme compatible avec le projet, lors de la prochaine modification ou révision du POS/PLU.

Aussi, au travers de la procédure du projet de mise en compatibilité des documents d'urbanisme, la Ligne 14 Sud sera rendue compatible avec les POS et les PLU des communes traversées.

[60] *POS : Plan d'Occupation du Sol*
[61] *PLU : Plan Local d'Urbanisme*

Délimitation des périmètres des Contrats de Développement Territorial (IAU-IDF)



9.3. SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et SAGE

La Ligne 14 Sud s'inscrit dans le périmètre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands.

Le SDAGE est en vigueur, prenant en compte les évolutions réglementaires liées à la Directive Cadre sur l'eau (2000/60/CE du 23 octobre 2000) depuis le 1er janvier 2010.

9.3.1. Rappels des 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 sont soulignés ci-dessus.

9.3.2. Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE

L'analyse de compatibilité est menée sur les 4 défis susceptibles d'être concernés par le projet. Pour cela, les dispositions et orientations principales du SDAGE relatives à chaque défi sont présentées afin de permettre une analyse croisée des objectifs du SDAGE et des impacts du projet.

9.3.2.1. 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, le stockage des eaux pluviales, leur infiltration lorsque le sol le permet, ou leur recyclage seront privilégiés.

L'assainissement provisoire du chantier permettra aux eaux de ruissellement d'être collectées par des fossés et de décanter. Ce procédé limitera la diffusion des MES[62] vers les milieux récepteurs.

Phase exploitation

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 de ruissellement des hydrocarbures et des MES.

D'autre part, les dispositifs d'assainissement permanents autour des nouvelles émergences permettront une gestion maitrisée des ruissellements induits par le projet.

9.3.2.2. Défi n°3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses

Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité

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 26 : Responsabiliser les utilisateurs de substances dangereuses (activités économiques, agriculture, collectivités, associations, groupements et particuliers, …).

[62] *MES : Matières En Suspension*

- 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.

9.3.2.3. Défi n°6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides

Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité

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 19 – Mettre fin à la disparition, la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.

- 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

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. Pour cela, des prescriptions adaptées seront proposées, ainsi que des mesures compensatoires, permettant de conserver le caractère « humide » des zones concernées.

Enfin, le projet n'a aucune incidence sur le réseau hydrographique puisqu'il ne l'intercepte en aucun point.

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.

9.3.2.4. Défi n°7 : Gérer la rareté de la ressource en eau

Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité

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.

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

En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans les Dossier Police de l'Eau sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. 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 rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe 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. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.

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.

9.3.2.5. Défi n°8 : Limiter et prévenir le risque inondation

Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité

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.

Orientation 33 - Limiter le ruissellement en zones urbaines et en zones rurales pour réduire les risques d'inondation.

- Disposition 146 : privilégier, dans les projets neufs ou de renouvellement, les techniques de gestion des eaux pluviales à la parcelle limitant le débit de ruissellement.

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.

La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE et des doctrines locales. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers Loi sur l'Eau).

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.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les études hydrauliques nécessaires pour établir le ou les dossiers Loi sur l'eau préciseront les modalités exactes de gestion.

9.3.2.6. Conclusion sur la compatibilité du projet avec le SDAGE

Dans sa configuration actuelle, le projet est compatible avec le SDAGE.

Le projet fera l'objet de Dossiers Loi sur l'Eau au titre de plusieurs rubriques. La compatibilité du projet avec le SDAGE sera précisée lors de ces études.

9.3.3. Analyse de la compatibilité du projet avec le SAGE de la Bièvre (en cours d'élaboration)

9.3.3.1. Eléments pertinents du SAGE pour apprécier la compatibilité

La CLE[63] a validé le diagnostic en juin 2011. La stratégie a été adoptée le 20 septembre 2013. La rédaction des documents constitutifs du SAGE est en cours.

Les deux ambitions phares du SAGE de la Bièvre sont :

- La mise en valeur de l'amont (Bièvre « ouverte » de sa source à Antony),
- La réouverture sur certains tronçons de la Bièvre couverte, d'Antony à Paris.

Les cinq grandes orientations pour le SAGE définies à l'issue de la réflexion menée sur la définition du périmètre en 2007, approfondie dans le porté à connaissance des services de l'État puis confirmé par l'état des lieux approuvé en 2010 sont les suivantes :

- L'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie,
- La maîtrise des ruissellements urbains et la gestion des inondations,
- Le maintien d'écoulements satisfaisants dans la rivière,
- La reconquête des milieux naturels,
- La mise en valeur de la rivière et de ses rives pour l'intégrer dans la Ville.

9.3.3.2. Analyse de la compatibilité

Phase travaux

La majorité des ouvrages de surface étant localisés dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de gros volumes de ruissellement supplémentaire, répondant ainsi à l'une des 5 orientations définies ci-dessus.

La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE, du SAGE et des doctrines locales. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers Loi sur l'Eau).

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les études hydrauliques nécessaires pour établir le ou les dossiers Loi sur l'eau préciseront les modalités exactes de gestion.

Par une gestion maîtrisée des écoulements pluviaux, le projet sera à même de garantir des rejets régulés au milieu récepteur (le sol) dont les charges polluantes seront réduites et en corrélation avec les prescriptions locales.

9.3.4. Analyse de la compatibilité du projet avec le SAGE Orge-Yvette

Le SAGE est entré en révision en 2010.

La CLE a validé en avril 2011 l'état des lieux et le diagnostic. Le projet de SAGE révisé a été validé par la CLE le 26 janvier 2012. L'enquête publique s'est déroulée du lundi 3 juin 2013 au samedi 6 juillet 2013 inclus. Le SAGE révisé a été approuvé à l'unanimité par la CLE le 25 octobre 2013. Il ne rentrera en application qu'après la publication d'un arrêté interpréfectoral.

Aussi, l'analyse faite ci-dessous se base sur l'actuel document en vigueur, à savoir le SAGE approuvé au 9 juin 2006.

9.3.4.1. Les axes stratégiques du SAGE Orge-Yvette

Le SAGE Orge-Yvette oriente la stratégie de développement raisonné autour de 4 enjeux principaux :

- Restauration et entretien des milieux naturels liés à l'eau,
- **Maîtrise des sources de pollutions,**
- **Gestion du risque inondation,**
- Alimentation en Eau Potable.

9.3.4.2. Enjeu n°2 : Maîtrise des sources de pollutions

Eléments pertinents du SAGE pour évaluer la compatibilité

Objectif 2-3 – Maîtriser les sources de pollutions diffuses et accidentelles pour restaurer l'état chimique des eaux superficielles et des eaux souterraines.

- Action n°1 : Réduire les rejets de substances prioritaires et supprimer les substances prioritaires dangereuses

[63] *CLE : Commission Locale de l'Eau*

L'action technique mise en place doit permettre d'identifier les sources de pollution, de recenser les principaux rejets actuels, de réduire à la source l'emploi de produits contenant des substances prioritaires […], réduire progressivement la présence des substances identifiées dans les rejets existants, et, proscrire tout nouveau rejet qui comporterait des substances prioritaires.

- Action n°5 : Prévoir les installations nécessaires pour assurer le traitement des eaux pluviales des rejets les plus pénalisants pour le milieu naturel et/ou limiter les apports par une gestion à la source du ruissellement

  L'action revient à localiser et quantifier les apports dans les études d'assainissement en cours, prescrire et mettre en œuvre les actions et aménagements nécessaires, et, prévoir des plans de bonne gestion des aménagements (fréquence et mode d'entretien, …).

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'entretiens des engins, kits d'intervention d'urgence, …).

Les ouvrages de gestion des eaux pluviales en phase chantier permettront par ailleurs de traiter les eaux et limiter les rejets pénalisants pour le milieu récepteur.

Phase exploitation

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 ou autres polluants en cas d'accident.

En situation courante, chaque émergence fera l'objet d'un dispositif d'assainissement pluvial, conforme aux doctrines locales, sur la base de dimensionnements préalables ayant fait l'objet d'une procédure Loi sur l'Eau.

9.3.4.3. Enjeu n°3 : Gestion du risque d'inondation

Eléments pertinents du SAGE pour évaluer la compatibilité

Objectifs 3-2 – Protéger les personnes et les biens du risque d'inondation dû aux eaux de ruissellement.

- Action n°1 : Réduire les ruissellements en retenant l'eau le plus en amont possible.

  Cette action s'applique pour les projets soumis à déclaration ou autorisation dans le cadre des dossiers instruits au titre de la loi sur l'Eau du 3 janvier 1992. Cependant, il n'est pas exclu, pour les particuliers, de récupérer sur leur parcelle les eaux de ruissellement.

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

La majorité des ouvrages de surface étant localisés dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de gros volumes de ruissellement supplémentaire.

La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE, du SAGE et des doctrines locales. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers Loi sur l'Eau).

Phase exploitation

En situation courante, chaque émergence fera l'objet d'un dispositif d'assainissement pluvial, conforme aux doctrines locales, sur la base de dimensionnements préalables ayant fait l'objet d'une procédure Loi sur l'Eau.

Les dispositifs mis en œuvre permettront notamment la collecte et le stockage des eaux pluviales durant l'évènement pluvieux, réduisant fortement les eaux de ruissellement.

9.4. Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets

9.4.1. Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC[64]

9.4.1.1. 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 généraux 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.

[64] *PREDEC : Plan REgional de prévention et de gestion des DEchets de Chantier*

9.4.1.2. 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 sera compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

9.4.2. Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP

9.4.2.1. 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.

9.4.2.2. 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.

9.5. Compatibilité du projet avec le SRCE[65]

La Ligne 14 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.

9.5.1. 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.

9.5.2. 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 d'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 »,

[65] *SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique*

- 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.

9.5.3. Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France

Le diagnostic des enjeux établit dans le rapport 1/3 a permis de mettre en lumière les composantes de continuités écologiques régionales concernées par le projet de la Ligne 14 Sud.

Ainsi, un corridor régional de la sous-trame herbacée au sud d'Orly a été identifié et a été inclut dans l'analyse des enjeux écologiques. Il s'agit d'un corridor fonctionnel des prairies, friches et dépendances vertes de la sous-trame herbacée. Il s'agit d'un corridor reliant des ensembles prairiaux relativement importants et très localisés en Ile-de-France.

Pour rappel, les impacts sur ce corridor herbacé ont été identifiés comme les suivants :

- Fragmentation des milieux agricoles,
- Coupure potentielle des axes de déplacement,
- Enclavement de territoire.

Toutefois, il est important de rappeler que ces corridors sont identifiés à l'échelle régionale et qu'il s'agit d'axes larges où l'occupation du sol est globalement favorable au déplacement des espèces inféodés aux milieux ouverts et agricoles.

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 compensation au sud d'Orly avec pour objectif de maintenir ces continuités écologiques des milieux ouverts au sud d'Orly.

De ce fait, les différentes analyses et propositions du projet de la Ligne 14 Sud concernant les milieux naturels ont pris en compte le SRCE d'Ile-de-France. Il n'y a pas d'incompatibilité entre le SRCE et ce projet de la Ligne 14 Sud.

9.6. Compatibilité du projet avec la PDUIF[66]

Le 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 été approuvé en juin 2014.

Le PDUIF, 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.

Axes d'analyse de la compatibilité du projet avec le PDUIF

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. 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	Des informations sur le trajet seront données aux voyageurs tout au long

[66] *PDUIF : Plan des Déplacements Urbain en Ile-de-France*

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
	transports collectifs	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 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.

10. Analyse des coûts collectifs induits par le projet

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 quantifier 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 14 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 et aux émissions de gaz à effet de serre.

10.1. Coûts de la pollution atmosphérique

10.1.1. Méthodologie

L'évaluation des coûts externes de la pollution atmosphérique est régie par l'instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport[67]. 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 quantités de trafic selon différentes zones de densité de population. Trois types de zones sont définies : l'urbain dense avec une densité supérieure à 420 habitants/km², l'urbain diffus avec une densité comprise entre 37 et 420 habitants/km² et la rase campagne avec une densité inférieure à 37 habitants/km².

Les coûts externes associés au trafic dans ces différentes zones ont été définis selon les valeurs du rapport Boiteux[68]. Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

Coûts externes de la pollution atmosphériques, valeurs 2000 (€$_{2000}$/100veh.km)

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
Véhicule particulier	2,9	1,0	0,1	0,9
Poids lourd	28,2	9,9	0,6	6,2

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 permettant de réduire les émissions de polluants atmosphériques, la première valeur est considérée comme diminuant de 5.5% par an pour les véhicules légers et 6.5% par an pour les poids lourds entre 2000 et 2020. La valeur de la vie humaine augmente, par contre, comme la dépense de consommation par tête.

En tenant compte de l'inflation entre 2000 et 2010[69] et de l'augmentation de la dépense de consommation[70] et d'une prolongation de la tendance d'amélioration des émissions de polluants entre 2020 et 2024, les valeurs à l'horizon 2024 sont les suivantes :

Coûts externes de la pollution atmosphériques, valeurs 2024 (€$_{2010}$/100veh.km)

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
Véhicule particulier	1,27	0,44	0,04	0,39
Poids lourd	9,55	3,35	0,20	2,10

L'impact du projet sur les véh.km parcourus en Ile-de-France selon les différents types de tissu urbain (dense, diffus et campagne) 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.

10.1.2. 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 2024 et coûts annuels de la pollution atmosphérique associés (en €$_{2010}$).

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne
Différence des distances parcourues annuellement véh.km	-92 103 100	-4 032 400	-3 568 700
Coûts annuels associés €$_{2010}$ /an	-1 167 100	-17 600	-1 600
	-1 186 300		

La diminution des distances parcourues grâce au projet du métro du Grand Paris permet ainsi une diminution des coûts de la pollution atmosphérique s'élevant à d'environ 1 186 300 €$_{2010}$ par an à l'horizon 2024.

[67] G. de Robien, 25 mars 2004 et mise à jour du 27 mai 2005
[68] Transports : choix des investissements et coût des nuisances, Commissariat Général du Plan, M. Boiteux, 2001.

[69] *L'inflation est considérée comme égale à 1.71% par an, ce qui correspond à la moyenne de l'évolution de l'indice des prix à la consommation (IPC) entre 2000 et 2010 (Insee).*
[70] +1.67% entre 2000 et 2010 selon l'évolution de l'indice de consommation finale des ménages (Insee), et +1.4% entre 2010 et 2024

10.2. Coûts des accidents de la route

10.2.1. Méthodologie

Le calcul des coûts des accidents de la route se base sur les valeurs de la vie humaine et des blessés définies dans l'Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport (2005). Selon la directive, les valeurs sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier pour l'année 2000

	Transport routier
Tué	1 000 000 €$_{2000}$
Blessé grave	150 000 €$_{2000}$
Blessé léger	22 000 €$_{2000}$

Ces valeurs sont considérées comme évoluant au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête. Ainsi, en tenant compte de l'inflation entre 2000 et 2010 et de l'évolution de la consommation finale des ménages, les valeurs à l'horizon 2024 sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier à l'horizon 2024

	Transport routier
Tué	1 698 620€$_{2010}$
Blessé grave	254 793€$_{2010}$
Blessé léger	37 370€$_{2010}$

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[71], et projetés à l'horizon 2024 selon les tendances observées entre 2005 et 2010. Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

[71] Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011)

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2024 (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	0,0311	0,0420	0,0203	0,0009
RN + RD	0,0985	0,1328	0,0664	0,0031
Agglomération	0,1746	0,2352	0,0351	0,0016

Le modèle de transport utilisé ne permet pas de différencier directement les autoroutes, les routes nationales ou départementales et les routes d'agglomération. Cependant, la cause principale des variations observées entre les taux d'accidents étant la vitesse d'impact, il a été possible de différencier les routes selon la vitesse à vide par défaut définie dans le modèle de transport. Ainsi, les taux observés sur les autoroutes ont été appliqués aux voiries où la vitesse à vide par défaut est supérieure à 90km/h, ceux observés sur les routes nationales et départementales aux voiries où cette vitesse est supérieure à 70km/h, et ceux observés sur les routes d'agglomération aux voiries où cette vitesse est inférieure à 70km/h.

10.2.2. 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 2024

	Vitesse > 90 km/h	70 < Vitesse < 90 km/h	Vitesse <70 km/h
véh.km	-43 772 605	-23 071 487	-32 187 295

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 2024 :

Impacts du projet sur les accidents de la route à l'horizon 2024 et coûts externes annuels associés.

	blessés légers	blessés graves	tués
Différence du nombre annuel d'accidents corporels	-12,5	-3,6	-0,2
Coûts externes associés €$_{2010}$	-466 038	-903 909	-280 050
	-1 649 998		

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 1.6 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2024.

10.3. Coûts des émissions de gaz à effet de serre

10.3.1. 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 (2009) 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[72].

Les valeurs tutélaires du carbone recommandées par ce rapport sont reprises dans le tableau suivant :

Valeur tutélaire d'une tonne de CO_2 selon le CAS (Valeur tutélaire du carbone, 2009)

	2010	2020	2030	2050
Valeur en €$_{2008}$	32	56	100	200 (150-350)

La croissance de la valeur s'élève donc à 5.8% par an entre 2010 et 2030 puis de 4% entre 2030 et 2035 et 3.5% après 2035. En tenant compte de cette évolution et de l'inflation, la valeur de la tonne de carbone serait ainsi de 73.2€$_{2010}$ en 2024, 102.6€ en 2030, 126.3€$_{2010}$ en 2035 et 207.7€$_{2010}$ en 2050.

10.3.2. Calcul des coûts

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en termes d'émissions totales évitées aux horizons, 2024, 2030, 2035 et 2050 pour un scénario hypothétique de mise en service du projet mais sans prendre en compte l'entièreté du schéma d'ensemble du Grand Paris Express.

Emissions totales (cumul de toutes les années précédentes) induites ou évitées aux horizons 2024, 2030, 2035 et 2050 et coûts associés selon les valeurs définies par le CAS (2009) en millions d'euros$_{2010}$

année	Emissions de gaz à effet de serre induites ou évitées	Coûts associés Millions €$_{2010}$
2024	+ 280 300 $t_{éq}$ CO_2	+ 21
2030	- 723 960 $t_{éq}$ CO_2	- 74
2035	- 1 980 000 $t_{éq}$ CO_2	- 253
2050	- 5 698 000 $t_{éq}$ CO_2	- 1 410

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 21 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2024. Cependant, les résultats aux années ultérieures montrent que cet « investissement » est largement et rapidement compensé par les émissions évitées à partir de la mise en service du projet. Ainsi, en 2035, ce sont près de 253 millions d'euros$_{2010}$ épargnés et en 2050, un peu moins de 1,5 milliards d'euros$_{2010}$ épargnés.

Les grandes différences entre les valeurs aux horizons 2024 et suivants proviennent essentiellement de l'amortissement plus ou moins étalé de la construction sur les années de fonctionnement.

[72] 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

10.4. Coûts des nuisances sonores

10.4.1. Méthodologie

La valorisation du bruit a été calculée sur base de la méthodologie préconisée par l'Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport. Ainsi la valorisation du bruit est fonction du niveau sonore perçu en façade et estimée comme un pourcentage de la valeur locative des logements. Les taux de dépréciation des valeurs locatives des logements en fonction de l'exposition au bruit du jour sont repris dans le tableau ci-dessous :

Valorisation du bruit de jour en % de la valeur locative des logements.

Leq de jour en façade en dB(A)	55 à 60	60 à 65	65 à 70	70 à 75	Au-delà de 75
% de dépréciation / dB(A)	0,4%	0,8%	0 ,9%	1%	1,1%

De plus, à un niveau élevé, le bruit peut avoir des effets à long terme sur la santé (problèmes cardio-vasculaires, problèmes de surdité…). Ainsi, l'instruction cadre prévoit de majorer de 30% la valeur unitaire du coût du décibel dans le cas d'une exposition au bruit supérieure à 70 dB(A) le jour et 65 dB(A) la nuit.

Le loyer moyen est considéré comme étant égal à 473 $€_{2000}$ par mois, à indexer sur le taux de croissance du PIB[73]. Le loyer réajusté s'élève donc à $815€_{2010}$ en 2024.

Sur base d'une évaluation du nombre de logements exposés aux différents niveaux sonores, il a alors été possible de monétariser les impacts de la Ligne 14 Sud.

Il faut remarquer que l'analyse se limite à l'impact du bruit routier et n'inclut donc pas les impacts directs du bruit de l'infrastructure lorsqu'elle est implantée en aérien. Cette démarche est cohérente avec l'Instruction cadre qui précise « Le respect des textes réglementaires actuels assure que les nuisances au voisinage du tracé sont pour l'essentiel internalisées dans le coût du projet ».

10.4.2. Calcul des coûts

Sur base du nombre de logements exposés aux différents niveaux sonores et sur les valeurs de dépréciation des logements associées, les coûts collectifs liés aux nuisances sonores ont été évalués à 273 $000€_{2010}$. C'est une valeur peu élevée qui illustre l'impact relativement neutre du métro sur les niveaux sonores.

[73] Le taux de croissance du PIB a été considéré comme égal à 1.12 % entre 2000 et 2010 puis croissant de 1.9% par an entre 2010 et 2024.

10.5. 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.

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.

10.5.1. 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 le type considéré (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[74]	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.

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[75], soit 84,9 % de terres agricoles[76], 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, l'économie d'espaces ruraux urbanisés réalisée grâce au projet, évaluée à -1810 ha, correspond à une valeur de 944 000 euros$_{2010}$ par an en faveur du projet.

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.

10.5.2. 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.

[74] Voir détails de ces références dans la partie « Bibliographie »
[75] 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.
[76] Par défaut : 90% d'intensif, 10% d'extensif

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 de 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.

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) (commune aux 2 côtés) avec égout complet sans égout	 495 € m 320 € m	 ½ ½	 1 733 € 1 120 €	 4 950 € 3 200 €	 7 425 € 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) 745 €/parcelle (raccordement)				
Total (coûts variables et coûts fixes)			**5 260 €**	**11 180 €**	**15 730 €**

Le projet devrait induire une réduction des VRD nouvellement construit qui représente un coût d'approximativement 326 millions d'euros. 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 à 195 millions d'euros.

10.5.3. 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 »*[77]. 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 32 millions d'euros annuellement.

[77] *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*

10.6. 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 serra 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

<table>
<tr><th></th><th>Pollution atmosphérique</th><th>Accidents de la route</th><th>Nuisances sonores</th><th>Gaz à effet de serre (cumul)</th><th colspan="2">Coûts de périurbanisation éludable (2030)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Coûts externes</td><td rowspan="3">-1.2 M€/an</td><td rowspan="3">-1.6 M€/an</td><td rowspan="3">+0.3 M€/an</td><td>(2024)
+51,1 M€</td><td>Consommation des espaces ruraux</td><td>0.9 M€/an</td></tr>
<tr><td>(2030)
-74,3 M€</td><td>Coûts de viabilisation</td><td>195M€</td></tr>
<tr><td>(2035)
-253,2 M€</td><td>Coûts d’exploitation des services publics et d’entretien des VRD</td><td>32M€/an</td></tr>
</table>

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.

11. Méthodes et difficultés rencontrées pour réaliser cette étude

11.1. Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie et pédologie

11.1.1. Climat

Seules les données météorologiques ont été prises en compte dans ce thème. Le changement climatique et les éléments associés sont traités par ailleurs.

Les données proviennent des services de Météo France.

11.1.2. 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.

L'analyse reste générale.

11.1.3. 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.

11.2. Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie

11.2.1. 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.

11.2.2. 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.

  Cette analyse de la géologie sera précisée via l'exploitation des données qui seront recueillies lors des futures missions géotechniques (G2 notamment) réalisées le long du tracé.

11.2.3. Hydrogéologie

11.2.3.1. 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 de Faisabilité, des Etudes Préliminaires et des Etudes Préliminaires Approfondies 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 lors des études réglementaires post-DUP. 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).

11.2.3.2. 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.

11.2.3.3. 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).

À l'échelle globale, parmi les potentiels impacts du projet sur les usages des eaux souterraines, la perturbation des pompages mis en œuvre pour l'approvisionnement en eau potable constitue un enjeu majeur ; l'approvisionnement en eau potable a donc été distingué des autres usages.

Le principal critère défini pour évaluer le potentiel impact du projet sur l'approvisionnement en eau potable est le critère « distance ». Ainsi, les zones de pompages situées 1,5 km à l'extérieur du fuseau ont été considérés comme des zones sensibles. Dans le cas présent, aucun pompage n'est inscrit en proximité de l'infrastructure.

Les zones faisant l'objet d'une exploitation importante des eaux souterraines pour d'autres usages ont été considérées dans un deuxième temps, également 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.

11.2.3.4. 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). Or, en l'absence de données plus spécifiques sur les nappes traversées, l'approche n'a été menée que sur un plan qualitatif.

Ainsi, l'impact sur les rabattements de nappe a été estimé comme négligeable à nul en raison de la mise en œuvre des ouvrages par l'intermédiaire de la technique de parois moulées. Il s'agira plutôt de pompage de débits résiduels en fond de fouille que de rabattement de nappes à proprement parlé (les effets des pompages ne sont pas attendus sur des surfaces importantes, mais uniquement au droit des ouvrages).

Toutefois, cette approche reste à affiner sur la base de connaissances plus complètes des caractéristiques des nappes, ainsi que des ouvrages. En effet, « l'imperméabilité totale » n'existant pas, des incidences sur les nappes restent potentielles bien que difficilement quantifiables pour l'heure.

Les limites actuelles d'étude devront être levées afin de permettre une quantification de l'impact au niveau de chaque ouvrage, et notamment au niveau des ouvrages traversant les nappes les plus productives.

11.2.3.5. 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 ; en pareil cas, on observerait 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).

Un code a été utilisé pour distinguer les zones où l'effet barrage est pressenti. A l'échelle globale du projet, l'impact a été apprécié sur la base d'une double approche :

- Au Nord de la ligne, une modélisation hydrogéologique a été réalisée. Cette modélisation a été entreprise au niveau des gares de Maison Blanche – Paris XIIIe et de Kremlin-Bicêtre Hôpital lorsque :
    - la superposition du tunnel et de la localisation des nappes a mis en évidence des taux d'obstruction importants des nappes,
    - les ouvrages de la ligne sont positionnés soit perpendiculairement, soit diagonalement aux écoulements des nappes.
- Le modèle a été réalisé avec les données disponibles remises par la Société du Grand Paris. Le calage du modèle a reposé sur des hypothèses hydrogéologiques qui ont permis de pallier les lacunes de la connaissances géologique. Une analyse croisée des caractéristiques du sous-sol a été menée par les bureaux d'études BURGEAP-ARCADIS-TERRASOL.

  La modélisation a permis d'estimer quantitativement les relèvements et abaissements des nappes des Calcaires Grossiers et des Sables de l'Yprésien.

- Au Sud de la ligne, l'approche est restée qualitative :
    - Le tunnel se présente comme parallèle aux écoulements des nappes, minimisant l'effet barrage,
    - Les données exploitées n'ont pas permis de définir suffisamment les caractéristiques des nappes de l'Oligocène, notamment au niveau du plateau, car en limite d'extension de l'aquifère.

  Des données plus précisent sont nécessaires pour poursuivre cette analyse qualitative et l'affiner.

11.2.3.6. 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.

11.3. Méthodes et limites de l'analyse du milieu naturel, agricole et paysage

11.3.1. Méthodologie appliquée lors des inventaires de terrain et limites

La méthodologie employée pour les thématiques faune-flore-milieux naturels est présentée dans le corps de texte du présent rapport.

Elle est précisée ci-dessous par espèce.

11.3.1.1. Flore et habitats naturels

Nomenclature

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée dans cette étude est Taxref V06, disponible gratuitement sur le site de l'INPN.

L'identification des habitats naturels et semi-naturels a été réalisée selon la méthode de phytosociologie sigmatiste. Puis, chaque habitat identifié a été rattaché à la nomenclature CORINE BIOTOPES, référentiel de l'ensemble des habitats présents en France et en Europe. Dans ce document, un code et un nom sont attribués à chaque habitat 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 à l'échelle européenne et sont considérés à ce titre comme « prioritaires » (leur code est alors complété d'un astérisque *).

Méthodologie de terrain et de cartographie

Sur le terrain, la végétation (par son caractère intégrateur synthétisant les conditions de milieux et le fonctionnement de l'écosystème) est considérée comme le meilleur indicateur de tel habitat naturel et permet donc de l'identifier.

Une reconnaissance floristique des structures de végétation homogènes a ainsi été menée sur l'ensemble de l'aire d'étude afin de les rattacher à la typologie CORINE BIOTOPES à l'aide des espèces végétales caractéristiques de chaque groupement végétal.

L'expertise de terrain a eu pour but de cartographier les habitats patrimoniaux présents sur le site selon la typologie CORINE BIOTOPES et de mettre en évidence l'état de conservation des habitats d'intérêt européen. Un relevé phytocoenotique (= liste d'espèces végétales) a été réalisé par milieu cartographié.

Les espèces protégées et patrimoniales ont été prospectées dans le même temps que l'expertise des habitats naturels. Les milieux susceptibles d'accueillir les espèces patrimoniales et/ou protégées mentionnées par la bibliographie sur, ou à proximité de l'aire d'étude, ont fait l'objet d'investigations plus poussées.

Limites méthodologiques

Bien que la période de prospection soit la plus favorable à l'expression de la flore, il est à noter que certaines espèces fleurissent de manière éphémère très tôt en saison. Elles peuvent donc manquer aux inventaires estivaux.

11.3.1.2. Insectes

Nomenclature

Est utilisée la nomenclature des ouvrages de détermination les plus récents.

Méthodes d'inventaire

Les prospections ont été réalisées prioritairement sur les secteurs identifiés comme étant potentiellement à enjeux en fonction du groupe étudié à l'échelle de l'aire d'étude.

Quatre groupes d'insectes dont les espèces protégées et patrimoniales ont été recherchées en priorité ont fait l'objet d'inventaires dans le cadre de cette étude :

Les lépidoptères diurnes (ou papillons de jour)

Méthodes d'études : ces insectes doivent être recherchés aussi bien en milieux ouverts (prairies, pelouses, zones humides) qu'en milieux boisés. Les observations se font de jour, dans des conditions ensoleillées, chaudes (mais pas trop) et surtout par vent limité.

Un effort de prospection est porté sur les linéaires : les lisières et les haies. En effet, les papillons sont, pour la majorité, sensibles à la structure du paysage : les linéaires constituent des sources nectarifères (ronces, scabieuses, marguerites…), des perchoirs pour les espèces territoriales, mais sont aussi indispensables aux espèces dont les chenilles vivent aux dépens des arbustes. La détermination se fait à vue ou par capture/relâche pour la majorité d'entre eux. Certaines larves (chenilles) sont aussi facilement identifiables.

Périodes d'études : les prospections commencent généralement dès le mois d'avril et se terminent en septembre (avec un pic du nombre d'espèces entre le 1er juin et le 15 juillet).

Les odonates (ou libellules)

Méthodes d'études : les libellules doivent être cherchées essentiellement en zones humides, soit les mares, les étangs, les cours d'eau, les fossés et les marais, mais également au niveau des zones ouvertes bordant les zones humides : prairies, lisières… La détermination peut se faire à vue à l'œil nu ou à l'aide de jumelles (espèce posée ou en vol), mais il faut préférer la capture pour éviter toute confusion (principalement chez les petites et plus particulièrement chez les Coenagrionidae). Il n'est pas nécessaire de collecter. La détermination des libellules se fait aussi à partir des exuvies (dépouilles larvaires laissées sur la végétation lors de la transformation des larves en adultes) trouvées sur le terrain.

Périodes d'études : les prospections commencent normalement dès le mois d'avril et se terminent en septembre-octobre pour les années chaudes

Les orthoptères (ou criquets, grillons et sauterelles)

Ce sont des insectes que l'on trouve en grand nombre au niveau des milieux ouverts (pelouses calcicoles, zones humides, prairies, dalles rocheuses…), néanmoins quelques espèces sont arbusticoles et arboricoles. La majorité des orthoptères est déterminée à vue et au chant. Aucun prélèvement n'est nécessaire à l'exception du groupe des *Tetrix* (très petits criquets à phénologie printanière). Les inventaires doivent s'effectuer dans des conditions météorologiques favorables, soit ensoleillées et chaudes (indispensables pour l'activité stridulatoire : chant des mâles). Lors des prospections nocturnes pour les amphibiens, de nombreux orthoptères ont pu être entendus et observés.

Périodes d'études : la phénologie est essentiellement estivale pour ce groupe d'insectes (août et septembre). Néanmoins, un passage printanier est indispensable pour les *Tetrix* et certaines espèces de grillons.

Les coléoptères (notamment les coléoptères saproxylophages)

Intérêt écologique : Certaines espèces ne se trouvent que dans de très vieux arbres présentant des branches et/ou des racines dépérissantes, un certain volume de terreau dans des cavités. Ce type d'arbre se fait de plus en plus rare en raison de la coupe des haies et de l'exploitation forestière souvent intensive.

Méthodes d'études : Les recherches ont été effectuées à travers une prospection à vue de jour et de nuit au niveau des plus vieux arbres ainsi que sur les zones prairiales où sont retrouvées certaines espèces sur des fleurs en train de manger le pollen. Aucun piège (attractif ou passif) n'a été posé sur site.

Les coléoptères (individus, éventuels restes, cadavres, crottes, trous de sortie,…) ont donc été recherchés sous leurs principales cachettes : bouts de bois, écorces, pierres…

Périodes d'études : les prospections commencent normalement dès le mois d'avril et se terminent en août.

Limite des inventaires

Un seul passage par site n'est évidemment pas suffisant pour obtenir la liste complète des espèces utilisant ces sites. En revanche, il faut signaler que les sites prospectés font l'objet d'inventaires fréquents et qu'une bibliographie conséquente et récente est disponible.

11.3.1.3. Amphibiens

Nomenclature

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (http://www.lashf.fr/).

Méthodes d'inventaire

Les prospections ont été réalisées sur l'ensemble des habitats favorables à ces espèces, situés sur l'aire d'étude. Ont été recensées 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 lorsque cela était possible.

- 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, est utilisée avec parcimonie. Les animaux capturés sont rapidement libérés sur place.

Limites des inventaires

Un seul passage par site n'est évidemment pas suffisant pour obtenir la liste complète des espèces utilisant ces sites. Pour cela il faudrait procéder à 3 passages minimum, sur plusieurs années de suite. En revanche, il faut signaler que les sites prospectés font l'objet d'inventaires fréquents et qu'une bibliographie conséquente et récente est disponible.

11.3.1.4. Les reptiles

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 est possible d'en observer certains 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 les aires d'étude.

La nomenclature utilisée pour les reptiles est celle indiquée sur le site de la Société Herpétologique de France : http://lashf.fr/.

11.3.1.5. Les oiseaux nicheurs

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.

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.

Les prospections effectuées au printemps et début d'été 2013 ne permettent pas de prendre en compte toutes les espèces. En particulier, les espèces précoces, telles que les pics, nécessitent un passage spécifique plus tôt en saison (entre mi-février et mi-avril). Un complément de cet inventaire est donc prévu en début de saison 2014, pour la recherche des pics notamment.

11.3.1.6. Les mammifères terrestres

L'étude des mammifères terrestres a consisté à rechercher des indices indiquant la présence de ces animaux (cadavres, empreintes, déjections, restes de repas, dégâts visibles sur le milieu…) et déceler les éventuels corridors écologiques.

11.3.2. Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites

11.3.2.1. Échelles de travail

Dans le cadre de cette étude, l'échelle de travail a concerné 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.,).

11.3.2.2. 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
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)

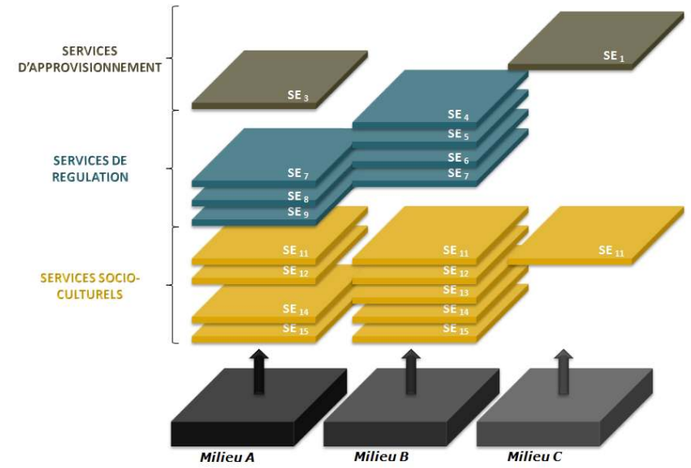
Milieux	*Sous-catégories*	*Définition*
Milieux forestiers	**Espaces boisés**	Forêts, coupes ou clairières en forêt et sols à nu décapés.
	Plantations	Plantations de peupleraies et de résineux.
Milieux aquatiques	**Zones humides**	Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, 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[78]	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.

[78] *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.*

11.3.3. Evaluation des enjeux associés aux services au sein du fuseau d'étude

11.3.3.1. Evaluation des enjeux

Les surfaces des milieux naturels et semi-naturels[79] au sein du fuseau d'étude ont été calculées par traitement SIG du MOS 47 postes (2008) et de l'ECOMOS (2000), selon les catégories et sous-catégories définies dans le tableau suivant. 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[80].



Schématisation du lien entre les milieux et les services écosystémiques. Le milieu C'est à l'origine de la production de deux types de services à la différence des milieux A et B qui sont sources d'un plus grand nombre. Néanmoins, les limitations inhérentes à la méthodologie employée ne permettent pas de hiérarchiser leur importance vis-à-vis des services écosystémiques (voir paragraphe ci-dessous).

[79] *Par souci de concision, l'intitulé milieux (semi)naturels sera utilisé dans le reste du document.*
[80] *A l'échelle du projet et comme précisée dans le paragraphe précédent, la correspondance entre milieu et service est systématiquement détaillée.*

La surface relative d'un milieu à l'origine de la production d'un service écosystémique est donc égale à la somme des surfaces des milieux (semi)naturels à l'origine de ce service :

$$\text{Surface allouée au } SE_{1,\dots,15} = \sum(\text{Surfaces des milieux à l'origine du } SE_{1,\dots,15})$$

Par exemple, la surface relative au SE_{12} est la somme des surfaces des milieux A et B qui apportent tous deux ce service.

11.3.3.2. Evaluation des impacts liés au projet

Seul le tracé de référence a été détaillé dans les analyses qui suivent. 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 :
    - Liés à la réalisation du tunnel : Le tracé de référence (souterrain) étant entièrement réalisé par tunnelier sur cette ligne, les impacts de la phase chantier ne concernent que l'emprise liée aux puits d'accès du tunnelier ;
    - Liés aux gares et ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier) : Les gares sont réalisées par tranchée couverte. Leur emprise chantier est donc prise en compte dans l'étude, au même titre que les emprises chantier liées aux ouvrages annexes ;
- Les impacts liés à la phase d'exploitation du métro : Ils correspondent aux emprises au sol permanentes des gares et des ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier)..

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.

11.3.4. Services écosystémiques : qualification 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, d'estimation du consentement à payer etc.… Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, elles nécessitent notamment la mise en œuvre d'enquêtes auprès des usagers qu'il n'a pas été possible de réaliser dans le cadre de cette étude. L'analyse d'un certain nombre de services restera donc qualitative.

Seule la quantification des services écosystémiques impactés par le projet sera précisée dans la présente étude. Seule la méthodologie d'analyse de ces services est donc détaillée.

11.3.4.1. Qualification du service de purification de la qualité de l'air rendu par les espaces boisés et impactés par le projet

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 notamment 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[81], l'étude de ce service est restée qualitative.

11.3.4.2. Quantification du service de régulation du climat global rendu par les espaces boisés et impactés par le projet

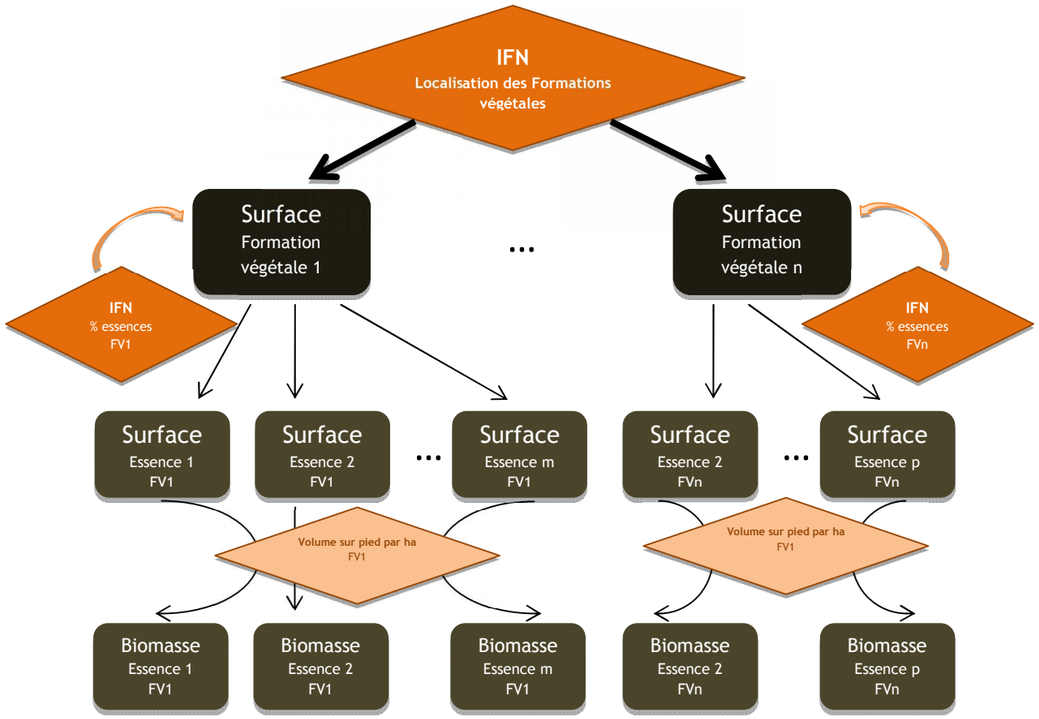
La quantification du service de régulation du climat global porté par les espaces boisés est basée sur une estimation du stockage de carbone assuré par ces milieux. Le carbone faisant l'objet de transactions, la monétarisation est réalisée sur la base des prix du marché. Sur ce marché, ce sont des tonnes de CO_2 qui sont échangées. La quantification se base alors sur l'estimation du nombre de tonnes de CO_2 séquestrés par les écosystèmes étudiés.

La quantification de ce service suit les étapes suivantes :

- Estimation de la surface puis de la biomasse sur pied des milieux boisés par essence et par type de formations végétales (fig. 6.2-3) : 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) :

$$Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i,\ FV\ j} = Surface\ boisée_{Essence\ i} * Volume\ sur\ pied\ par\ hectare_{FV\ j}$$

[81] *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 le fuseau d'étude.*



Légende : se référer à la figure précédente.

IFN	Inventaire Forestier National
FV	Formation végétale

Quantification de la biomasse fournie par les espaces boisés pour le service de régulation du climat global au sein du projet

- 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 sur la base d'une estimation moyenne de la concentration en carbone contenu dans les troncs soit environ 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[82].

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, car aucune information n'est disponible concernant les essences présentes. 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 %[83].

11.3.4.3. Qualification du service de régulation du climat local rendu par les espaces boisés et impactés par le projet

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, les données nécessaires à la quantification et la monétarisation de ce service n'ont pu être acquises et l'étude de ce service restera qualitative.

11.3.4.4. Quantification des services socioculturels de pêche rendus et impactés par le projet

La quantification de ce service consiste à déterminer le nombre de pêcheurs actifs sur le territoire, donnée disponible auprès des fédérations départementales ou des AAPPMA (Association agréée de pêche et de protection des milieux aquatiques).

11.3.4.5. Quantification des services socioculturels rendus par les parcs et les milieux boisés au sein du fuseau et impactés par le projet

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. Les impacts sont déterminés par une prévision de la variation de fréquentation induite par le projet en tenant compte de l'accessibilité des milieux aux transports en commun (avant et après projet). Néanmoins, les données de fréquentation ne sont pas disponibles pour l'ensemble des parcs et espaces boisés du fuseau d'étude. Certains ne peuvent donc pas être approchés par cette méthode.

Pour pallier à ce manque de données et considérer l'ensemble des espaces (semi)naturels à l'origine de services socioculturels, l'estimation de ce service 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

[82] *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.*
[83] *Coefficient arbitrairement choisi par photo-interprétation.*

d'espaces verts de 10m²/hab en zone centrale et de 25m²/hab en zone périurbaine. Ces objectifs sont aujourd'hui préconisés par l'Organisation Mondiale de la Santé (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[84] (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 2010 réalisé par l'INSEE. La densité d'espaces verts (EV) par habitant a été déduite de ces deux données :

$$Densité\ d'EV_{Commune\ i} = \frac{Superficie\ EV_{Commune\ i}}{Nombre\ habitants_{Commune\ i,2009}}$$

11.3.4.6. Limites générales pour l'identification des services écosystémiques

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 et la monétarisation de certains services sont délicates. Un indicateur surfacique (superficie des milieux impactés) a donc été utilisé pour évaluer l'impact potentiel du projet du Grand Paris Express 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.

11.3.4.7. Limites spécifiques à certains services

Le service de production agricole a été quantifié sur la base des données issues des Statistiques Agricoles Annuelles (SAA) de 2010 qui correspondent à des moyennes départementales. Les caractéristiques locales du territoire peuvent induire des variations de productions. La quantité obtenue est donc à considérer comme un ordre de grandeur.

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 (et notamment la création d'espaces verts aux abords des gares liées au projet de métro du Grand Paris Express) 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 2010 et de la superficie en EV de 2008 est basée sur l'hypothèse qu'il n'y a eu aucune variation significative en deux ans.

11.3.5. Limites liées à la méthode de travail

11.3.5.1. 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[85] 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.

11.3.5.2. 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.

11.3.5.3. 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.

11.3.5.4. 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 a été proposée et des recommandations ont cependant été formulées.

[84] *Les espaces verts considérés dans l'étude correspondent aux postes « Bois ou forêt » et « Parcs ou jardins » du MOS 47 postes.*
[85] *Mode d'Occupation des Sols (IAURIF)*

11.4. Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques

11.4.1. 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.

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 et on peut considérer qu'il y en a partout,
- 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.

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,
- Les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées.

11.4.2. 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.

<u>La typologie du bâti a été établie à partir des éléments suivants :</u>

- 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 on considère 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.

11.4.3. Risques naturels et technologiques

Ces risques ont été pris en compte à part des documents et zonages officiels fournis par la DRIEE et/ou téléchargés.

Les Plans de Prévention des Risques approuvés et rendus publics ont été pris en compte et les éléments graphiques utilisés en rapport avec l'étude.

Les servitudes de l'Aéroport d'Orly ont été analysées pour la définition des mesures à mettre en œuvre.

11.5. Sols pollués

11.5.1. Objectifs

L'objectif était de réaliser un état des lieux des sites potentiellement pollués situés au droit du fuseau et de classifier ces sites en fonction du risque de pollution attendu, afin de cartographier les risques de pollution attendus au droit du tracé du futur métro.

Cette étude représente une première évaluation du risque de pollution basée sur une étude documentaire.

11.5.2. Outils / bases de données utilisés

Cette thématique a été étudiée par l'intermédiaire des bases de données mises à disposition par l'autorité publique : BASIAS, gérée par le BRGM pour le compte du ministère chargé de l'écologie ; et BASOL, gérée directement par le ministère chargé de l'écologie.

La base de données BASIAS fait l'inventaire des sites industriels connus, en activité ou non.

La base de données d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS) est un inventaire systématique des sites pollués en France initié dès 1978. Les principaux objectifs de cet inventaire sont

- De recenser tous les sites industriels abandonnés ou non, susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement,
- De conserver la mémoire de ces sites,
- De fournir, dans les limites des informations récoltées, des informations utiles pour toutes transactions immobilières aux acteurs de l'urbanisme, du foncier et de la protection de l'environnement, aux notaires et les détenteurs des sites, actuels ou futurs,

Il faut souligner que l'inscription d'un site dans la banque de données BASIAS ne préjuge pas d'une pollution avérée à son endroit. La base est consultable sur le site du BRGM (http://basias.brgm.fr).

La base de données BASOL recense les sites potentiellement pollués ayant appelé à une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif. Les sites dits « orphelins », dont le propriétaire et l'exploitant ont disparu, y figurent. Le renseignement puis la mise à jour de BASOL sont assurés le plus souvent par l'inspection des installations classées.

Les principaux objectifs de cette base de données sont

- De recenser tous les sites industriels abandonnés ou non, ayant engendré une pollution de l'environnement,
- De conserver la mémoire de ces sites,
- De fournir des informations sur le type de polluants détectés, les moyens mis en place pour lutter contre ces polluants et les restrictions d'usage de ces sites.

Contrairement aux sites inscrits BASIAS, ceux inscrits dans la banque de données dans la banque de données BASOL préjugent d'une pollution avérée à son endroit. La base est consultable sur le site Internet du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (http://basol.ecologie.gouv.fr).

Précisons qu'un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement.

Ces situations sont souvent dues à d'anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets, mais aussi à des fuites, à des épandages de produits chimiques, ou à des retombées de rejets atmosphériques accumulés au cours des années, accidentels ou pas. La pollution présente un caractère concentré, à savoir des teneurs souvent élevées et sur une surface réduite (quelques dizaines d'hectares au maximum). Elle se différencie en cela des pollutions diffuses, comme celles dues à certaines pratiques agricoles ou aux retombées de la pollution automobile près des grands axes routiers. C'est pourquoi cette thématique a été étudiée à travers les bases de données BASIAS et BASOL car elles recensent les sites où une pollution a pu avoir lieu.

De par l'origine industrielle de la pollution, la législation relative aux installations classées est la réglementation la plus souvent utilisée pour traiter les situations correspondantes.

11.5.3. Méthodologie

Lors des réflexions menées au stade du rapport 1/3 de l'étude, à partir des bases de données BASIAS et BASOL, piliers de toute étude historique et documentaire et de l'expérience acquise, la

méthodologie proposée ci-dessous a été mise en place afin de permettre une classification des sites en fonction du risque qu'ils présentent une pollution du milieu souterrain.

Pour évaluer le risque de pollution d'un terrain (risque du milieu souterrain d'être impacté par une pollution provenant d'une activité potentiellement polluante) et hiérarchiser ces sites, l'ensemble des sites présents dans les deux bases de données mentionnées ci-dessus a été recensé et un certain nombre de paramètres liés à la nature de l'activité et des produits utilisés sur ces sites et aux conditions d'utilisation et de stockage de ces produits a été défini.

Grâce au tableau ci-dessous, chaque paramètre a été noté de 0 à 5, en fonction du risque éventuel de pollution du milieu souterrain (5 représentant un risque très fort). Les notes attribuées pour chaque critère ont été additionnées et forment une note finale (entre 0 et 30) affectée au site et caractérisant le risque potentiel de pollution sur le site.

A partir des notes obtenues, il a été possible de hiérarchiser chacun des sites en fonction du risque de pollution qu'il représente. Les sites ont été classés en 4 catégories, en fonction de leur note finale :

- Catégorie 1 pour une note comprise entre 26 et 30, traduisant un risque très fort de pollution, représenté en rouge sur les cartes ;
- Catégorie 2 pour une note comprise entre 20 et 25, traduisant un risque fort de pollution, représenté en orange sur les cartes ;
- Catégorie 3 pour une note comprise entre 10 et 19, traduisant un risque modéré de pollution, représenté en bleu sur les cartes ;
- Catégorie 4 pour une note comprise entre 0 et 9, traduisant un risque faible de pollution, représenté en vert sur les cartes.

La possibilité de remplir le tableau précédent, et donc la fiabilité des données dépendent très fortement des informations disponibles sur les fiches descriptives associées à chaque site BASIAS, le risque étant de classer un site comme potentiellement peu pollué par manque de données.

La fiabilité des données a été définie comme le degré de confiance des informations obtenues sur un site qui s'échelonne entre 0 et 5. Il est basé sur le nombre d'informations disponibles pour remplir le tableau précédent. Plus les informations sont précises, plus la note est élevée.

Les critères pris en compte et les notes attribuées sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Fiabilité des données

Fiabilité		
Aucune donnée	0	
1 critère du tableau suivant ou sous-ensemble connu	1	★
2 critères du tableau suivant ou sous-ensemble connus	2	★
3 critère du tableau suivant ou sous-ensemble connus	3	★
4 critère du tableau suivant ou sous-ensemble connus	4	●
5 critère du tableau suivant ou sous-ensemble connus	5	●

La fiabilité est représentée graphiquement sur les figures en fin de chapitre en deux sous-ensembles : les fiabilités de 0 à 3 sont représentées par une étoile tandis que celles de 4 et 5 sont représentées par un rond.

Dans le présent rapport 2/3 de l'étude d'impact, l'objectif est d'analyser l'incidence de la pollution des sols et des nappes souterraines sur la construction des futurs tunnels et des futures gares.

L'étude du risque de pollution au droit des gares envisagées est réalisée à partir des informations du rapport 1/3 de l'étude d'impact, et notamment :

De la cartographie des sites BASIAS et BASOL,

Des coupes géologiques,

De la carte des intersections entre les ouvrages souterrains et les nappes identifiées,

Des cartes ADES (Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines).

La localisation et l'emprise des sites BASIAS-BASOL étant imprécises, les données ci-après relatives au risque de pollution prennent en compte tous les sites situés dans un rayon de 100m autour des gares.

La cotation du risque de pollution et de la fiabilité ont été reprises du rapport 1/3 de l'étude d'impact.

11.5.4. Mode opératoire

Pour la hiérarchisation des sites, nous avons procédé comme suit :

- Téléchargement sur les sites internet BASIAS/BASOL des données situées au droit du fuseau du futur métro,
- Pour chacun de ces sites, lecture des informations disponibles sur les fiches BASIAS/BASOL
- Définition du risque de pollution d'après ces informations
- Définition de la fiabilité des informations obtenues
- Attribution du code couleur / forme pour chaque site
- Réalisation de la cartographie en fonction des codes couleur/forme
- Interprétation de la cartographie

11.5.5. Limites

Comme expliquée précédemment, cette méthodologie est tributaire de la quantité et de la qualité des informations disponibles auprès des banques de données BASIAS et BASOL. En effet, à titre d'exemple, le type de stockage et le volume de produits utilisés ne sont que rarement mentionnés.

Cette étude n'est qu'une première approche de la problématique des sols pollués au droit du tracé qui devra être complétée par des recherches complémentaires et des investigations sur site.

D'autre part, la localisation des sites n'est pas toujours précise, l'implantation de ces derniers peut donc parfois se retrouver décaler de plusieurs centaines de mètres. De même, pour les sites étendus il n'est, à ce stade, pas possible de localiser les installations potentiellement polluantes et donc de prévoir leur impact sur le projet.

nom de l'exploitant	
Critère (sous ensemble)	**Note**
Type d'activité (risque de pollution lié à la nature de l'activité principale)	
Inconnue	0
Tertiaire	0
Entreposage	1
Fonderie	2
Production ou transformation	3
Réparation et maintenance	4
Stockage, transvasement ou conditionnement des produits chimiques liquides	5
Blanchisserie	5
Installation à risque (risque de pollution lié à la présence des installations potentiellement polluantes)	
Inconnue	0
Chaufferie	1
Transformateur	2
Cabine de peinture	4
Pipe-line	5
Dépôt de liquides inflammables, poste de distribution	5
Type de stockage (risque de pollution lié aux conditions de stockage des produits)	
Inconnue	0
Stockage conditionné dans les entrepôts (bidons)	0
Stockage conditionné en extérieur (bidons)	1
Stockage en vrac sur dallage	2
Stockage en vrac sans dallage	3
Stockage aérien des liquides (cuves)	4
Stockage souterrain des liquides (cuves)	5
Type de produits utilisés (risque de pollution lié à la nature des produits utilisés, leur toxicité, volatilité, solubilité)	
Inconnue	0
Matières inertes (papiers, matériaux de construction, bois…)	0
Matières premières (métaux, engrais…)	1
Charbon	2
Alcools	2
Hydrocarbures lourds (fuel, huiles usagées), PCB	3
Phénols	3
Peintures	4
Hydrocarbures légers (essence)	5
Solvants	5
Volume stocké (risque de pollution lié au volume des produits utilisés)	
Inconnue	0
< 5 m^3	1
5 m^3 < V < 50 m^3	2
V > 50 m^3	3
V >> 50 m^3	5

Etat de réhabilitation (risque d'existence de la pollution)	**Note**
Réhabilité	0
Réhabilitation non nécessaire	1
Pollution avérée mais réhabilitation non urgente	2
Pollution suspectée	3
Réhabilitation partielle déjà réalisée	4
Réhabilitation nécessaire mais non réalisée	5
NOTE FINALE	

Grille de notation des sites BASIAS

11.6. Population, emploi et occupation du sol

11.6.1. Limites liées aux données

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en situation avec projet et sans projet (situation « référence »), pour les différents horizons d'étude, ont été spécifiées par le maître d'ouvrage. Elles sont identiques à celles utilisées pour alimenter l'évaluation socio-économique du projet, qui figure dans la pièce H du présent dossier d'enquête publique.

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 14 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 territorial sont toutefois apportés dans l'évaluation socio-économique figurant en pièce H du présent dossier.

11.6.2. Limites liées à la méthode de travail

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 2030. Ce $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ 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 2030 : les hypothèses spécifiées par le Maître d'ouvrage 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 2030 : 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 $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ 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).

11.7. Urbanisme réglementaire

L'analyse présentée dans cette étude d'impact repose sur une compilation et une analyse de l'ensemble des documents d'urbanisme concernant la zone de projet, de l'échelle régionale à l'échelle communale.

Cette analyse porte sur les interactions du projet avec les orientations générales de chaque document.

La mise en compatibilité des documents d'urbanisme, au sens réglementaire du terme, est faite par ailleurs (pièce I du présent dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique).

11.8. Mobilité

11.8.1. Méthodologie

L'approche méthodologique choisie est basée sur l'estimation de l'évolution du trafic routier et de la fréquentation des transports publics en 2024 (horizon de mise en service du tronçon « Ligne 14 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 ?

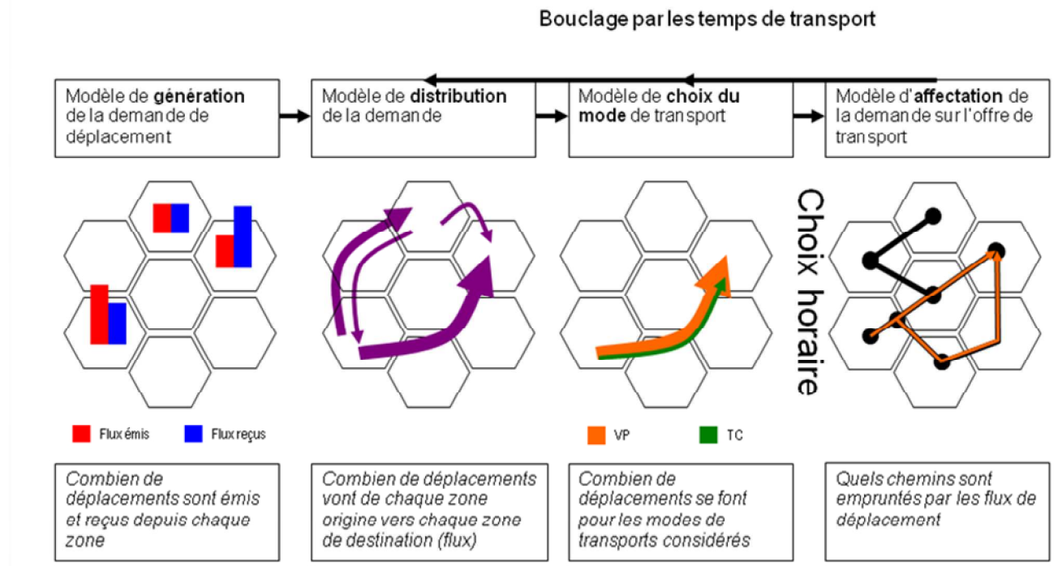
Les éléments qui suivent décrivent le schéma de modélisation qui explicite la manière dont les modèles interagissent et précise les types de données d'entrée et de sortie.

11.8.1.1. 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[86]. 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).



Chaîne de modélisation utilisée (Source : DRIEA)

[86] *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.*

11.8.1.2. 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[87]. 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.

11.8.1.3. 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…).

11.8.1.4. 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 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[88] ;

[87] *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.*

[88] *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.*

- 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[89].

- La complexité du fonctionnement du système de transports est telle en Ile-de-France qu'en évaluer précisément toutes les caractéristiques est une gageure. On peut ainsi citer la question de la saturation des réseaux, autant routiers que TC, qu'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).

11.8.1.5. 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[90].

11.8.2. 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 2030. 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).

[89] 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.

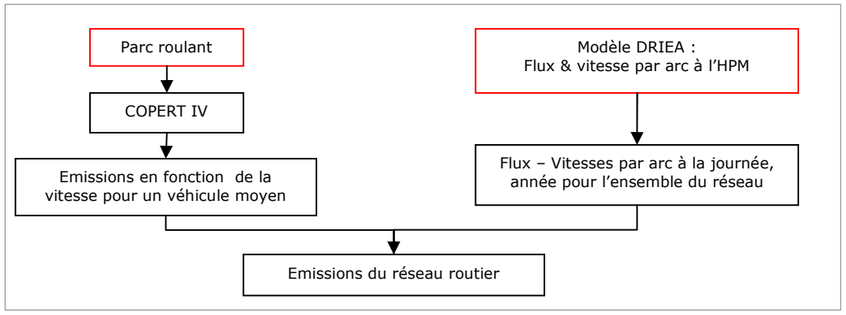
[90] Le modèle ne simule pas l'impact du métro automatique sur la relocalisation des activités. En effet, ce type de simulation « Land use » est complexe à mettre en œuvre et ne rentre pas dans les délais de cette étude.

11.9. Air Energie Climat

11.9.1. 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.

11.9.2. 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, nous a amenés 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.

11.9.3. Energie

11.9.3.1. 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. On distingue deux principaux effets : 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.

11.9.3.2. 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 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.

11.9.4. Climat

11.9.4.1. Méthodologie

La méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre a 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.

11.9.4.2. Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

Il y a deux principaux types de limites à la méthodologie proposée.

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.

11.10. Bruit et Vibrations

11.10.1. Bruit

L'analyse des impacts sonores du projet a principalement été réalisée de manière qualitative, sur base des documents et plans fournis par le maître d'ouvrage, des outils de géolocalisation comme Google Earth, des études existantes relatives au bruit du métro et/ou des routes ainsi que des cartes de bruits réalisées en Région Ile de France et regroupées sur le site www.bruitparif.fr.

Compte tenu de l'ampleur du territoire, la méthode analytique utilisée pour l'évaluation des impacts sonores du projet sur le bruit routier s'appuie sur des formules simplifiées de prévision du bruit routier du guide du CERTU. La méthode simplifiée a été conçue dans le but de permettre à ses utilisateurs d'obtenir un ordre de grandeur du niveau sonore dû à la circulation routière de façon simple et rapide. Les résultats issus de son application sont donc grossiers (précision à +/- 5 dB(A) près), mais suffisamment précis pour une carte stratégique de cette ampleur et pour exprimer valablement un résultat différentiel (comparaison de deux états projetés).

Selon la norme NF S31-132[91], qui classe les méthodes par degré de pertinence et de précision, la méthodologie utilisée est de classe 1a ou 1b[92]. Les résultats obtenus constituent donc une approche acceptable pour ce type d'étude stratégique. Ils permettent en effet d'avoir un premier indice quantifié du bruit routier, significatif de la gêne perçue par les riverains du réseau routier. Des études d'impact plus complètes utilisant des outils de prévision plus précis, intégrant la prise en compte de la topographie et l'impact du bâti, devront cependant venir compléter cette analyse pour une bonne prise en compte locale de l'impact du projet sur les nuisances sonores routières.

Des évaluations quantitatives ont également été effectuées pour le bruit des puits de ventilation et pour le bruit du métro en insertion aérienne.

Il s'agit de résultats issus d'une modélisation 3D simplifiée réalisée grâce au logiciel Cadnaa, logiciel de calcul de propagation des ondes sonores dans l'environnement édité par DATAKUSTIK, sur base de la norme NMPB Fer pour ce qui concerne le bruit du métro et la norme ISO9613 pour le bruit des puits de ventilation. L'utilisation du logiciel Cadnaa permet d'obtenir des résultats très précis, mais compte tenu du stade du projet et de l'ampleur du territoire, les modélisations acoustiques ont été simplifiées et ne tiennent pas compte de la topographie ni de la présence d'obstacles comme les bâtiments.

Les résultats obtenus constituent donc un ordre de grandeur permettant néanmoins d'avoir des premiers indices quantifiés du bruit des puits de ventilation comme du métro en aérien et d'ainsi d'en déduire les risques de gênes sonores grâce à leur localisation par rapport aux riverains.

En ce qui concerne les bruits des puits de ventilation, les sites de maintenance ou les équipements des gares, des mesures initiales sont nécessaires pour définir les objectifs en termes de niveaux de bruits particuliers à respecter.

C'est pourquoi lors de l'étude d'impact spécifique à chaque ouvrage il sera impératif de prévoir des mesures acoustiques complémentaires au droit des riverains les plus proches pour déterminer les niveaux sonores maximum à atteindre pour les équipements techniques de chaque ouvrage. Ceci est également valable pour la phase chantier.

---

[91] NF S 31-132, "Méthodes de prévision du bruit des infrastructures de transports terrestres en milieu extérieur", Décembre 1997. Cette norme définit des classes de méthodes à partir des fonctionnalités qu'elles présentent en ce qui concerne les éléments du site, les caractéristiques du trafic et les conditions de propagation du son

[92] A titre indicatif, le tableau A1 de la norme NF S31-132 récapitulant l'ensemble des hypothèses considérées et la classe correspondante est donné en annexe

11.10.2. Vibrations

Dans cette partie, seules les vibrations sont abordées. Les ondes sonores, éventuellement couplées, sont traitées dans le chapitre précédent.

L'analyse présentée ici repose sur une approche qualitative ayant pour but de définir :

- Des sections homogènes de tracé,
- La nécessité d'une modélisation des incidences du projet.

Les sections homogènes ont été caractérisées sur la base :

- Des critères du sous-sol : présence de carrières souterraines, présence de couches déformables,
- Des critères de bâtis : bâtis sur remblais, fondations profondes de bâtis,
- De la présence d'établissements sensibles.

L'impact a quant à lui été analysé sur la base de la distance entre le toit du tunnel et la surface du sol.

11.11. Santé

Les limites de la méthodologie d'évaluation des impacts sur la pollution atmosphérique et les nuisances sonores ont été développées dans les parties spécifiques à ces thématiques.

En ce qui concerne l'évaluation de l'impact sur les accidents de la route on notera comme limite principale 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