NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

DOSSIER D'ENQUÊTE PRÉALABLE À LA DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE

TRONÇON PONT-DE-SÈVRES < > NOISY – CHAMPS (LIGNE ROUGE - 15 SUD)

PIÈCE **G.2.2**

Étude d'impact globale

Incidences et mesures de réduction et de compensation

1 Introduction 15

2 Rappel des enjeux de l'état initial 19

2.1 Milieu physique 21
2.1.1 Topographie ... 21
2.1.2 Géologie ... 21
2.1.3 Eaux souterraines - hydrogéologie ... 21
2.2 Eaux superficielles 21
2.2.1 Réseau hydrographique ... 21
2.2.2 Bassins versants dans les zones en aérien ... 21
2.2.3 Aspects quantitatifs ... 22
2.2.4 Aspects qualitatifs ... 22
2.2.5 Usages de l'eau ... 22
2.2.6 SDAGE et SAGE ... 22
2.3 Milieux naturels 23
2.4 Volet Agriculture 24
2.5 Volet Paysage, Patrimoine architectural et archéologique 24
2.5.1 Grand Paysage ... 24
2.5.2 Patrimoine culturel protégé ... 25
2.5.3 Patrimoine archéologique ... 27
2.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques 28
2.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains ... 28
2.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols ... 30
2.6.3 Risques naturels et technologiques ... 32
2.6.4 Risques d'inondation ... 33
2.6.5 Risques technologiques ... 34
2.7 Démographie, population, emploi, occupation des sols 35
2.7.1 Population et emploi ... 35
2.7.2 Occupation du sol ... 35
2.8 Mobilité 35
2.9 Air, énergie et climat 35
2.9.1 Air ... 35
2.9.2 Energie ... 36
2.9.3 Climat ... 36
2.10 Volet bruit et vibrations 36
2.10.1 Bruit ... 36
2.10.2 Vibrations ... 37
2.11 Volet santé et risques sanitaires 37

3 Définition et analyse des incidences 39

3.1 L'environnement physique 41
3.1.1 Climatologie ... 41
3.1.2 Topographie et géomorphologie ... 41
3.1.3 Pédologie ... 42
3.1.4 Géologie ... 42
3.1.5 Géologie économique : gisements – carrières ... 42
3.1.6 Hydrogéologie ... 43
3.2 Eaux superficielles 45
3.2.1 Réseau hydrographique ... 45
3.2.2 Aspects quantitatifs ... 46
3.2.3 Aspects qualitatifs ... 46
3.2.4 Usages de l'eau ... 47
3.3 Volet Faune – Flore – Milieux naturels 47
3.3.1 Définitions et type d'impacts potentiels ... 47
3.3.2 Analyse des impacts ... 48
3.3.3 Sites Natura 2000 ... 59
3.4 Volet Agriculture 60
3.4.1 Types d'impacts potentiels du projet ... 60
3.4.2 Analyse des impacts du projet ... 61
3.5 Paysage, patrimoine architectural et archéologique 64
3.5.1 Grand paysage ... 64
3.5.2 Patrimoine culturel protégé ... 69
3.5.3 Patrimoine archéologique ... 74
3.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques 74
3.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains ... 74
3.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols ... 75
3.6.3 Risques naturels et technologiques ... 76
3.6.4 Sols pollués ... 80
3.6.5 Ondes électromagnétiques ... 81
3.7 Démographie, emploi, population, occupation des sols 82
3.7.1 Population et emploi ... 82
3.7.2 Occupation du sol ... 89
3.7.3 Urbanisme réglementaire ... 104
3.8 Mobilité 115
3.8.1 Méthodologie ... 115
3.8.2 Offre de transport ... 118
3.8.3 Impacts ... 119
3.8.4 Impact de la phase chantier ... 129
3.8.5 Effet des bilans des migrations ... 129
3.9 Air, énergie, climat 131
3.9.1 Air ... 131
3.9.2 Energie ... 145
3.9.3 Climat ... 151
3.10 Bruit et vibrations 167
3.10.1 Bruit ... 167
3.10.2 Volet vibration ... 193
3.11 Santé et risques sanitaires 194
3.11.1 Pollution atmosphérique ... 194
3.11.2 Bruit ... 195
3.11.3 Mobilité ... 196

4 Analyse des effets cumulés 199

4.1 Projets susceptibles d'avoir un effet cumulé 201
4.2 Types d'effets pouvant être cumulés et analyse 203
4.2.1 Volet Milieu physique 203
4.2.2 Volet faune-flore 204
4.2.3 Volet occupation du sol 205
4.2.4 Volet Mobilité 205
4.2.5 Air, énergie, climat 207
4.2.6 Bruit 208
4.2.7 Santé 209
5 Principales solutions de substitution 211

5.1 La genèse du projet 213
5.2 Une évaluation environnementale a priori 214
5.3 Un débat public fondateur 214
5.4 Le projet actuel 215
5.5 Avantages et inconvénients des principales solution de substitutions 215
5.5.1 Air, énergie, climat 215
6 Mesures d'accompagnement et impacts résiduels 219

6.1 Milieu physique 221
6.1.1 Topographie 221
6.1.2 Géologie et hydrogéologie 221
6.1.3 Les usages de l'eau souterraine – eau potable 222
6.2 Eaux superficielles 222
6.2.1 Le réseau hydrographique 222
6.2.2 Les usages de l'eau superficielle – eau potable 223
6.3 Milieu naturel 223
6.3.1 Mesures d'évitement et de réduction 223
6.3.2 Synthèse des mesures proposées 243
6.3.3 Calendrier de principe de mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction 246
6.3.4 Impacts résiduels 247
6.3.5 Mesures compensatoires à envisager 250
6.3.6 Calendrier de mise en place des mesures de compensation envisagées à ce stade 253
6.3.7 Etudes complémentaires pour le volet milieu naturel 257
6.4 Agriculture 257
6.4.1 Mesures d'évitement 257
6.4.2 Mesures de réduction 257
6.4.3 Synthèse des mesures de réduction proposées 259
6.4.4 Impacts résiduels 259
6.4.5 Mesures compensatoires 259
6.5 Paysage, Patrimoine architectural et archéologique 260
6.5.1 Grand Paysage 260
6.5.2 Patrimoine culturel protégé 261
6.5.3 Patrimoine archéologique 262
6.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques 262
6.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains 262
6.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols 263
6.6.3 Risques naturels et technologiques 264
6.6.4 Risques technologiques 267
6.6.5 Sols pollués 268
6.6.6 Ondes électromagnétiques 268
6.7 Démographie, population, emploi, occupation des sols 268
6.7.1 Les objectifs corollaires du Grand Paris Express 269
6.7.2 Les mesures d'accompagnement à l'échelle régionale 271
6.7.3 Les mesures d'accompagnement aux abords des stations de métro 276
6.7.4 Synthèses des mesures d'accompagnement 285
6.7.5 Urbanisme réglementaire 287
6.8 Mobilité 288
6.9 Air, énergie et climat 288
6.9.1 Air 288
6.9.2 Energie 289
6.9.3 Climat 289
6.10 VoletBruit et Vibrations 291
6.10.1 Bruit 291
6.11 Volet santé et risques sanitaires 301
6.12 Compatibilité avec le SDAGE et les SAGE 301
6.12.1 Localisation par rapport au référentiel du SDAGE Seine-Normandie 301
6.12.2 Eléments pertinents des SDAGE et SAGE pour apprécier la compatibilité 302
6.12.3 Enjeux identifiés pour les unités hydrographiques pouvant correspondre à un périmètre de SAGE 304
6.12.4 Examens de la compatibilité et prescriptions complémentaires 306
7 Bibliographie 309

7.1 Démographie, emploi, population, occupation des sols 311
7.2 Bruit et vibrations 312
7.2.1 Bruit 312
7.3 Mobilité 313
8 Index des sigles utilisés 315

9 Annexes 319

9.1 Annexes Bruit 321
9.2 ANNEXE : Définition de structures d'urbanisation : liste des postes du MOS47 actuel considérés comme « verrouillés » 330
9.3 ANNEXE : Méthodologie de l'exercice de définition de la typologie des gares en fonction de leur accessibilité utilisé dans le chapitre « occupation du sol » 330
9.4 ANNEXE : Détails des ΔCOS appliqués 330

Liste des figures

Figure 3.4-1 : Schéma de l'effet de coupure du parcellaire agricole par une infrastructure de transport (Source RFF 2000 - Extrait de l'Etude d'impact pour l'obtention de la DUP pour la ligne LGV Sud Est Atlantique Tours – Angoulême). 61

Figure 3.4-2 : Proportion des différents types de cultures recensés dans le fuseau d'étude (RPG 2010). 63

Figure 3.6-1 : Carte des sites répertoriés dans BASOL – Site internet BASIAS. 81

Figure 3.7-1 : Evolution de la population et des emplois entre 2005 et 2035 en Ile-de-France pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage - Graphisme : Stratec, 2012) 83

Figure 3.7-2 : Différentiel de population Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage - Cartographie : Stratec, 2012) 85

Figure 3.7-3 : Différentiel de population Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012) 86

Figure 3.7-4 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012) 87

Figure 3.7-5 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012) 88

Figure 3.7-6 : Le périmètre global et les trois zones d'études retenues pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol (Cartographie : Stratec, 2012) 90

Figure 3.7-7 : Différentiel de population Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012) 92

Figure 3.7-8 : Différentiel d'emploi Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012) 92

Figure 3.7-9 : Différentiel de population Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012) 92

Figure 3.7-10 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012) 92

Figure 3.7-11 : Besoins en surfaces supplémentaires (en m² SHON) liés à l'arrivée de populations nouvelles (population + emploi) d'ici à 2035 pour chaque système géographique considéré (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage) 94

Figure 3.7-12 : Evolution des surfaces habitables en mètres carrés par personne entre 2000 et 2030 (Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008) 94

Figure 3.7-13 : Analyse du mode d'occupation du sol actuel de l'Ile-de-France selon 7 postes prédéfinis, répartition surfacique de ces postes dans les deux zones géographiques étudiées et données démographiques pour chaque zone d'étude (Source : MOS IAURIF, 2003, 2008 ; INSEE, 2005 - Cartographie et compilation : Stratec, 2012) 95

Figure 3.7-14 : Le concept du «ΔCOS» : 4 exemples de création d'une même quantité de surfaces nouvelles (en rouge) avec un ΔCOS égal à 1 sur une parcelle urbanisable/densifiable qui possède potentiellement des surfaces préexistantes (en gris) (Source : Stratec, 2012) 96

Figure 3.7-15 : Carte de destination générale des différentes parties du territoire (Source : Schéma directeur de la région Ile-de-France, septembre 2008) 96

Figure 3.7-16 : Densité humaine nette selon la distance à Paris Notre-Dame dans les communes d'Ile-de-France en 1999 (Source : Un nouveau sens pour la planification, développement durable et métropoles, Vincent Fouchier, Jean-Claude Gaillot, Le projet de schéma directeur de la région Ile-de-France, 14 mai 2009, http://www.iau-idf.fr/fileadmin/user_upload/Enjeux/Metrex/14mai/Fouchier-Gaillot.pdf) 97

Figure 3.7-17 : Densité d'activité humaine nette en 2005 par commune en Ile-de-France (Source : INSEE, 2005, MOS IAURIF, 2003, 2008 - Cartographie : Stratec, 2012) 97

Figure 3.7-18 : Représentation cartographique du premier critère pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008 - Cartographie : Stratec, 2012) 98

Figure 3.7-19 : Représentation cartographique des deux premiers critères pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 - Cartographie : Stratec, 2012) 98

Figure 3.7-20 : Représentation cartographique des trois premiers critères pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 - Cartographie : Stratec, 2012) 98

Figure 3.7-21 : représentation cartographique des quatre premiers critères (hors gains d'accessibilité TC avec projet) pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 – Cartographie : Stratec, 2012) 99

Figure 3.7-22 : Capacité théorique des systèmes géographiques étudiés d'ici à 2035 versus besoins en surfaces supplémentaires nécessaires à l'accueil des populations nouvelles dans ces territoires (Source : Stratec, 2012) 100

Figure 3.7-23 : Différence, en hectares, entre l'ensemble des surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 dans le scénario de référence et les surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle dans le scénario de projet « hypothèse basse » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012) 101

Figure 3.7-24 : Différence, en hectares, entre l'ensemble des surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 dans le scénario de référence et les surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle dans le scénario de projet « hypothèse haute » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012) 101

Figure 3.7-25 : Typologies de parcellaires rencontrées en zone d'urbanisation compacte (a) et en zone d'urbanisation diffuse (b) (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, 2012) 102

Figure 3.7-26 : Territoires des OIN traversés par le projet Grand Paris Express 105

Figure 3.7-27 : Périmètre de l'OIN secteur Défense 105

Figure 3.7-28 : Périmètre de l'OIN secteur Seine-Arche 105

Figure 3.7-29 : Périmètre de l'OIN Rungis-Orly-Seine-Amont 106

Figure 3.7-30 : Périmètre de l'OIN Massy-Saclay-Versailles 107

Figure 3.7-31 : Périmètres des OIN constituant la ville nouvelle de Marne-la-Vallée 107

Figure 3.7-32 : Périmètre du territoire stratégique de Roissy-Plaine de France 108

Figure 3.7-33 : Inscription du projet vis-à-vis de la destination des sols du SDRIF 2008 (sources : IAU-îdF , document de travail, Conférence territoriale « les grands enjeux de la révision du SDRIF », novembre 2011) 110

Figure 3.7-34 : Zone de protection naturelle, agricole et forestière du plateau de Saclay (source : EPPS) 111

Figure 3.7-35 : Objectifs stratégiques du SCoT (sources : PADD du SCoT Plaine Commune) 113

Figure 3.7-36 : Avancement du POS/PLU des communes traversées par le projet 114

Figure 3.8-1: Chaîne de modélisation utilisée (Source : DRIEA) 116

Figure 3.8-2: Gains de temps avec projet par rapport à la référence, en 2035 et au départ de 6 pôles métropolitains 119

Figure 3.8-3: Typologie des gares du réseau TC (2035 avec projet) en fonction des modes qui les desservent et de leur fréquence 120

Figure 3.8-4: Typologie des gares en fonction de leur accessibilité 121

Figure 3.8-5: Evolution du nombre de déplacement TC par couronne dans le cas des hypothèses basse (gauche) et haute (droite) 122

Figure 3.8-6: Augmentation de la part modale des TC (sur la somme des déplacements TC et VP) par macrozone entre le projet et la référence, à l'origine, dans le cas de l'hypothèse basse (gauche) et de l'hypothèse haute (droite), à l'heure de pointe du matin et en points 123

Figure 3.8-8: Augmentation de la fréquentation des TC par macrozone entre le projet et la référence, à l'origine, dans le cas de l'hypothèse basse (gauche) et de l'hypothèse haute (droite), à l'heure de pointe du matin 123

Figure 3.8-9: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-km dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse basse 123

Figure 3.8-10: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-h dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse basse 124

Figure 3.8-11: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-km dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse haute 124

Figure 3.8-12: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-h dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse haute 124

Figure 3.8-13 : Augmentation (vert) et diminution (rouge) de la charge sur le réseau sans projet à l'échelle de l'agglomération (haut) et de Paris (bas) en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute (gauche) et de l'hypothèse basse (droite). 125

Figure 3.8-16 : Fréquentation des gares en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse. 125

Figure 3.8-17 : Fréquentation des gares en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute. 126

Figure 3.8-18 : Fréquentation des gares du Grand Paris Express en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse. 126

Figure 3.8-19 : Différence de fréquentation des gares en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse. 127

Figure 3.8-20 : Différence de fréquentation des gares en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute. 127

Figure 3.8-21 : Charge sur le réseau routier en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse. 128

Figure 3.8-22 : Charge sur le réseau routier en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute. 128

Figure 3.8-23 : Différence de charge sur le réseau routier en 2035, entre la référence et le projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse. 128

Figure 3.8-24 : Différence de charge sur le réseau routier en 2035, entre la référence et le projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute. 128

Figure 3.9-1 : Méthodologie schématique d'évaluation des émissions liées au réseau 131

Figure 3.9-2 : Méthodologie d'évaluation de la consommation de carburant et des émissions de polluants mise en œuvre dans le logiciel COPERT IV (Source : schéma adapté de la méthodologie du logiciel COPERT IV). 132

Figure 3.9-3 : Catégories de véhicules prises en compte dans COPERT IV (Source : logiciel COPERT IV). VL : Véhicules Légers ; VP : Véhicules Particuliers, VUL : Véhicules Utilitaires Légers (<3.5t) ; 2R : 2 roues ; PL : Poids Lourds. Pre ECE/Conventional : véhicules antérieurs aux premières normes d'émission. ECE 1500 à 1504 : normes successives des années 1970 au début des années 1990. Euro 1 à Euro 6 : normes successives de 1993 (Euro 1) à 2015 (Euro 6). 132

Figure 3.9-4 : Comparaison des facteurs d'émission de NOx (en g/km) en fonction de la vitesse (en km/h) pour les véhicules essence de cylindrée <1,4 L (Source : Stratec, basé sur COPERT IV) 133

Figure 3.9-5 : Evolution de la part de des motorisations au sein du parc des VL, graph Stratec, source des données : www.predit.prd.fr/predit4/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde=42100 134

Figure 3.9-6 : Evolution du parc roulant VP selon la classe technologique entre 2005 et 2035 (Source : projections des données INRETS) 134

Figure 3.9-7 : Parc roulant technologique pour l'année 2005, graph Stratec, source des données, INRETS, ess = essence, die = diesel 134

Figure 3.9-8 : Parc roulant technologique pour l'année 2025 (graph et projections : Stratec, source données : INRETS), ess = essence, die = diesel 135

Figure 3.9-9 : Parc roulant technologique pour l'année 2035 (graph et projections :Stratec, source données : INRETS), ess = essence, die = diesel 135

Figure 3.9-10 : Emissions unitaires totales de NOx (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger

moyen, en fonction des parcs automobile roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV). 136

Figure 3.9-11 : Emissions unitaires totales de NO_x (g/km) en fonction de la vitesse, pour un poids lourd moyen, en fonction des parcs PL roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV). 136

Figure 3.9-12 : Emissions unitaires totales de PM (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger moyen, en fonction des parcs automobiles roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV). 137

Figure 3.9-13 : Emissions unitaires totales de PM (g/km) en fonction de la vitesse, pour un poids lourd moyen, en fonction des parcs PL roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV). 137

Figure 3.9-14 : Répartition journalière du trafic (source : réseau SIRIUS) 137

Figure 3.9-15 : Evolution du trafic total 137

Figure 3.9-16 : Profils de dispersion. Modèle de dispersion, concentration des polluants à partir de la source d'émission et sens de dispersion pour la cartographie (illustration INRA : www-egc.grignon.inra.fr) 138

Figure 3.9-17 : Différence des trafics routiers en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses 138

Figure 3.9-18 : Différence des trafics routiers en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes 139

Figure 3.9-19 : Différence de densité d'émissions routières de NO_x en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses 139

Figure 3.9-20 : Différence de densité d'émissions routières de NO_x en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes 139

Figure 3.9-21 : Différence de densité d'émissions routières de PM_{10} en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses 140

Figure 3.9-22 : Différence de densité d'émissions routières de PM_{10} en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes 140

Figure 3.9-23 : Comparaison des émissions annuelles 2005, 2035 en situation de référence et en situation avec projet, pour les PM_{10}, le NO_x et le Nickel, hypothèses basses 141

Figure 3.9-24 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour les PM_{10}, hypothèses basses 142

Figure 3.9-25 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour les PM_{10}, hypothèses hautes 142

Figure 3.9-26 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour le NO_2, hypothèses basses 143

Figure 3.9-27 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour le NO_2, hypothèses hautes 143

Figure 3.9-28 : Ratio des concentrations NO_2/NO_x, une fois les teneurs de fond retranchées, en moyenne sur les stations de proximité au trafic routier en Ile-de-France de 1998 à 2010. Source : Evaluation des impacts du PDUIF sur la qualité de l'air et les émissions de GES en 2020, AirParif, 2011 143

Figure 3.9-29 : Consommation moyenne des VL en fonction de la vitesse (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV pour 2005, mars 2012 ; 2025 et 2035 : projection STRATEC). 146

Figure 3.9-30 : Evolution de la consommation moyenne du parc auto en IDF : 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. 147

Figure 3.9-31 : Consommation moyenne des PL en fonction de la vitesse (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV, mars 2012). 147

Figure 3.9-32 : Consommation énergétique (tep) des différentes lignes du Grand Paris Express. 147

Figure 3.9-33 : Consommation énergétique (tep) cumulée au sein du fonctionnement des bâtiments. 148

Figure 3.9-34 : Origine des gains énergétiques routiers, 2025, 2035, selon les hypothèses basses et hautes 148

Figure 3.9-35 : Evolution de la consommation énergétique (tep) cumulée évitée par la route, en hypothèses basses 149

Figure 3.9-36 : Evolution de la consommation énergétique (tep) évitée par la route, en hypothèses hautes 149

Figure 3.9-37 : Comparaison de la consommation énergétique (tep) évitée par la route selon les hypothèses 149

Figure 3.9-38 : Bilan énergétique des postes principaux en 2035 150

Figure 3.9-39 : Consommations énergétiques cumulées par poste en hypothèse basse 150

Figure 3.9-40 : Consommations énergétiques cumulées par poste en hypothèse haute 150

Figure 3.9-41 : Principales catégories de postes d'émissions en fonction des différentes phases de réalisation du projet 151

Figure 3.9-42 : Représentation des postes d'émissions lors de la phase d'études et de travaux préalables. Source : Stratec. 152

Figure 3.9-43 : Répartition du budget des études préalables 152

Figure 3.9-44 : flux d'émissions et flux d'activité pris en compte pour la quantification des émissions de GES liées à la construction. 153

Figure 3.9-45 : organisation des fichiers au niveau global 154

Figure 3.9-46 : organisation des fichiers par combinaison ; exemple de la combinaison 1 154

Figure 3.9-47 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes 155

Figure 3.9-48 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes, focus sur les années 2020 à 2025 155

Figure 3.9-49 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes ramenées au km de voie 155

Figure 3.9-50 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes, focus sur les années 2020 à 2025, ramenées au km de voie 155

Figure 3.9-51 : émissions liées à la construction par catégorie pour la variante 1 156

Figure 3.9-52 : Représentation des postes d'émissions de l'infrastructure en fonctionnement. Source : Stratec 157

Figure 3.9-53 : facteur d'émissions moyen français de l'électricité (source : ADEME, RTE). 157

Figure 3.9-54 : Emissions (téq CO_2) annuelles de traction des différentes lignes du Grand Paris Express 157

Figure 3.9-55 : Emissions (téq CO_2) cumulées de traction des différentes lignes du Grand Paris Express 158

Figure 3.9-56 : Emissions (téq CO_2) cumulées des besoins énergétiques des bâtiments 158

Figure 3.9-57 : Emissions (téq CO_2) annuelles par poste de fonctionnement 159

Figure 3.9-58 : Emissions (téq CO_2) cumulées par poste de fonctionnement 159

Figure 3.9-59 : Cumul des émissions évitées (téq CO_2) grâce au trafic routier, hypothèses basses 159

Figure 3.9-60 : Cumul des émissions évitées (téq CO2) grâce au trafic routier, hypothèses hautes 160

Figure 3.9-61 : Evolution des facteurs d'émissions A, B et F au cours du temps (Source : Stratec, 2012, sur base de Bilan Carbone appliqué au bâtiment, Guide Méthodologique, ADEME, CSTB, 2010 et Peuportier, B., Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context, Energy and Building, 2001). Incertitudes relatives: FE A : 42% ; FE F : 21% ; FE B : 45%. 161

Figure 3.9-62 : Evolution des facteurs d'émissions C et D au cours du temps (Source : Stratec, 2012, sur base des résultats du projet RAPPE (Rénovation Architecturale Patrimoniale et Performance Energétique), SA HLM des CHALETS Toulouse, LRA-GRECAU, L. Floissac, logiciel CO^2CON, 2008). Incertitudes relatives: 50% 162

Figure 3.9-63 : Différence des émissions (téqCO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses basses, Poste 1 : construction 164

Figure 3.9-64 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses basses, Poste 2 : exploitation 164

Figure 3.9-65 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses hautes, Poste 1 : construction 165

Figure 3.9-66 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses hautes, Poste 2 : exploitation 165

Figure 3.9-67 : Comparaison des gains (téq CO2) cumulés pour les hypothèses basses et hautes 165

Figure 3.9-68 : Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) des étapes du projet, en hypothèses basses. 166

Figure 3.9-69 : Bilan des émissions de GES (en téq CO_2) par poste, à l'échéance 2035, en hypothèses basses.166

Figure 3.9-70 : Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) des étapes du projet, en hypothèses hautes. 166

Figure 3.10-1 : % de population très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Source : commission européenne 2002 « Position paper on relationships between transportation noise and annoyance ») 168

Figure 3.10-2 : Signature type du passage d'un train avec définition du temps d'exposition et du LAmax (Source : Guide du bruit des transports terrestres, CERTU, 1980) 170

Figure 3.10-3 : Diagramme de directivité des trains (Source : Guide du bruit des transports terrestres, CERTU, 1980) 170

Figure 3.10-4 : Niveaux de bruits mesurés du métro MP89 par bande de fréquence selon la vitesse en km/h (Source : données RATP 2010) 171

Figure 3.10-5 : Niveaux sonore en dB par bande de fréquence pour le métro MI79 pour une vitesse de 90 km/h (Source : données SNCF 2006) 172

Figure 3.10-6 : Différenciation des portions aériennes du métro par rapport aux portions souterraines (source : Société du Grand Paris) 173

Figure 3.10-7 : Plan et coupe type d'un puits de ventilation d'un tunnel de métro (Source SETEC - mémoire technique SETE-M3X-INF-FAI-RAP-003-0-0t) 174

Figure 3.10-8 : Profil de propagation de bruit d'un puits de ventilation générant un niveau sonore de 60 dB(A) à 1m - sol réverbérant (source : ASM) 175

Figure 3.10-9 : Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h - 30 à 32 métros/heure - tronçons T2 et T5 insertion au sol 176

Figure 3.10-10 : Profil de propagation sonore en heure creuse la nuit pour les vitesses 60 et 80km/h - 15 métros/heure - tronçon T2 et T5 - insertion au sol 176

Figure 3.10-11 : Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h - 30 à 32 métros/heure - tronçons T2 et T5 insertion en viaduc de 7m 177

Figure 3.10-12 : Profil de propagation sonore en heure creuse la nuit pour les vitesses 60 et 80km/h - 15 métros/heure - tronçon T2 et T5 - insertion en viaduc de 7m 177

Figure 3.10-13 : localisation des sites de maintenance (source Société du Grand Paris) 179

Figure 3.10-14 : Pictogramme marquage CE, conforme aux directives européennes 2005/88/CE et 2006/42/CE 180

Figure 3.10-15 : Variation du niveau sonore diurne (6h-22h) sur l'ensemble du réseau routier entre la situation 2035 avec et sans projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) - hypothèses haute et basse 189

Figure 3.10-16 : Variation du niveau sonore nocturne (22h-6h) sur l'ensemble du réseau routier entre la situation 2035 avec et sans projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) - hypothèses haute et basse 189

Figure 3.10-17 : Typologies d'insertion de la nouvelle station : (a) établissement d'une nouvelle centralité autour de la gare (b) élargissement du centre-ville en incorporant de nouveaux services (c) prolongation de l'axe piétonnier (d) traitement de la coupure urbaine créée par la nouvelle ligne (Source : Concevoir la ville à partir des gares. Rapport final du Projet Bahn Ville) 191

Figure 3.11-1 : Nombre d'accidents, blessés légers, graves et tués évités, pour 2035, hypothèses basses 196

Figure 3.11-2 : Nombre d'accidents, blessés légers, graves et tués évités, pour 2035, hypothèses hautes 197

Figure 4.2-1: Gouvernance des démarches territoriales (source : CERTU 2011, Décryptage Grenelle, Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie) 207

Figure 4.2-2 : Gouvernance de la qualité de l'air en France, d'après Airparif dans Premier projet de PPA révisé, DRIEE, 2012. 208

Figure 4.2-3 : Secteurs concernés par les PCET (source : www.scot-ouestetangdeberre.fr) 208

Figure 5.1-1 : Schéma de principe du réseau primaire de transport du Grand Paris – Première représentation du projet 2009 213

Figure 5.2-1 : Le fuseau de l'évaluation environnementale stratégique 214

Figure 5.5-1 : Emissions unitaires totales de NOx (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger moyen, en fonction des parcs automobile roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV). 215

Figure 5.5-2 : Consommations énergétiques des transports en commun de Bruxelles et Paris. Graphiques : Stratec, données : Paris : Efficacité énergétique des modes de transports en Idf (2003) dans Note rapide sur les transports, IAURIF, 2005, Bruxelles : Comparaison des émissions de CO2 par mode de transport en Région de Bruxelles-Capitale, CO2logic, 2008. 216

Figure 5.5-3 : Emissions de GES des différents modes de transport en commun (géq CO/voy.km) en 2010 (hors

construction). Source : Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, Société du Grand Paris, 2012216

Figure 5.5-4 : émissions de GES par procédé de réalisation des voies, pour 1 km de voie réalisé 217

Figure 6.3-1 : Exemples de balisage de zones à enjeux écologiques - © BIOTOPE 230

Figure 6.3-2 : Exemples de clôtures pérennes - © BIOTOPE 230

Figure 6.3-3 : Triton escaladant un grillage petites mailles, stoppé par le rabat (Source : setra, cete ouest, 2008) 231

Figure 6.3-4 : Système de collecte en « zigzag » permettant de canaliser la faune vers les points de passage. (Source : © Biotope) 232

Figure 6.3-5 : Indications technique pour le montage de la barrière-piège pour les amphibiens (source : Les batraciens sur nos routes, Région Wallonne) 232

Figure 6.3-6 : Mise en œuvre de la barrière-piège pour les amphibiens (source : BIOTOPE©) 232

Figure 6.3-7 : Exemple de pont provisoire pour le franchissement d'un cours d'eau - © BIOTOPE 233

Figure 6.3-8 : Principe d'un nichoir à Hérisson 234

Figure 6.3-9 : Plaque de carton ondulée et bitumée, favorable aux reptiles © BIOTOPE 234

Figure 6.3-10 : Eclairage directionnel 235

Figure 6.3-11 : Illustration des lanternes de candélabre (© BIOTOPE) 238

Figure 6.3-12 : Pollution lumineuse constatée en fonction de l'orientation des lampadaires 238

Figure 6.3-13 : Spectre d'émission des différents types de lampes (figure du syndicat de l'éclairage 2006/SAFE) 239

Figure 6.3-14 : Exemple d'écuroducs (source : grifouniou.free.fr) 239

Figure 6.3-15 : Illustration du risque de collision pour les chiroptères (à gauche) et proposition de type d'aménagement à mettre en place sur les ouvrages d'art franchissant les canaux. (Source : © Biotope, Les chauves souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse.) 240

Figure 6.3-16 : Exemple de crapauduc (buse simple) (source : © Biotope) 251

Figure 6.3-17 : Exemple de mare de substitution - Mare de Cubrial sur la LGV Rhin Rhône Branche Est (à gauche - photo Scetauroute février 2006) 252

Figure 6.6-1 : Niveaux d'alerte de crue de la Seine à Paris – Source Mairie de Paris 266

Figure 6.7-1 : Modèle de développement régional polycentrique autour d'un axe de transport ferroviaire (Source : Concevoir la ville à partir des gares. Rapport final du projet Bahn Ville 2 sur un urbanisme orienté vers le rail, Marne-la-Vallée : Université Paris-Est, UPEMLV, oct. 2009.- 83 p.) 272

Figure 6.7-2 : Berlin : ancien et nouveaux centres autour des gares (Source : LECROART P., Après Kyoto, recherche ville écomobile.., Vers une mobilité durable en Europe - Les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.) 272

Figure 6.7-3 : Influence de la disponibilité de stationnement au lieu de travail sur le choix modal des salariés en Ile-de-France (Source : Vers une mobilité durable en Europe, les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.) 273

Figure 6.7-4 : Principe de politique de stationnement régionale inspiré de la théorie « ABC » (Source : Cohérence urbanisme/transports, quelques "bonnes pratiques" de développement durable en Europe. Agence d'urbanisme de la région stéphanoise. Septembre 2004.) 274

Figure 6.7-5 : Principes de réglementation du stationnement sur voirie à mettre en œuvre selon les territoires franciliens et les quartiers (Source : Projet de Plan de Déplacement Urbain de la Région Ile-de-France, STIF, février 2011) 274

Figure 6.7-6 : Système de tarification TC berlinois (Source : LEMOINE C. et PREDALI F., Système tarifaire des transports collectifs : éléments de réflexion (vol.2) - Relations entre tarification spatiale et morphologie urbaine, IAURIF, avril 2007) 275

Figure 6.7-7 : Système de tarification TC londonien (Source : LEMOINE C. et PREDALI F., Système tarifaire des transports collectifs : éléments de réflexion (vol.2) - Relations entre tarification spatiale et morphologie urbaine, IAURIF, avril 2007) 276

Figure 6.7-8 : Schéma de principe de la théorie ABC (Source : Cohérence urbanisme/transports, quelques "bonnes pratiques" de développement durable en Europe. Agence d'urbanisme de la région stéphanoise. Septembre 2004.) 277

Figure 6.7-9 : Ddensification concentrique autour des transports en commun (Source : 1000 Friends of Oregon. http://www.onethousandfriendsoforegon.org) 278

Figure 6.7-10 : Morphologie type d'une zone d'habitats pavillonnaires (Source : Espaces publics périurbains et densification pavillonnaire , Benoit Le Foll, CETE Normandie-Centre, 2011) 279

Figure 6.7-11 : Différentes stratégies de densification du pavillonnaire (Source : Densifier les zones pavillonnaires, Atelier international du Grand Paris, http://www.ateliergrandparis.com/construire/densifierZP.pdf) 279

Figure 6.7-12 : La station de transport en commun au cœur de la vie de quartier, schémas de principe (Source : 1000 Friends of Oregon. http://www.onethousandfriendsoforegon.org) 280

Figure 6.7-13 : Les pôles d'échange sont des lieux clefs du rééquilibrage des modes de transport (Source : Angers 21, "penser les déplacements pour une ville durable", janvier 2005) 281

Figure 6.7-14 : De nombreux conflits à arbitrer et des usages à contrôler (Source : diagnostic et orientations pour le nouveau Plan de Déplacements Urbains d'Ile-de-France, STIF, Août 2009) 281

Figure 6.7-15 : Schéma de principe des zones d'attraction des stations de transport en commun (Source : Stratec, 2012) 282

Figure 6.7-16 : Hiérarchisation des voies de circulation (Source : Eppell, V.A.T. (Tony) and McClurg, Brett A. and Bunker, Jonathan M. (2001) A four level road hierarchy for network planning and management. In: 20th ARRB Conference, 19-21 March 2001, Melbourne) 282

Figure 6.7-17 : Un quartier pavillonnaire en Ile-de-France (Source : STIF 2009, BD TOPO 2008, InterAtlas 2005) 283

Figure 6.7-18 : Scénarios d'accès au centre-ville pour l'automobiliste : un scénario (c) à privilégier (Source : Les pôles d'échanges en France : état des connaissances, enjeux et outils d'analyse. INRETS/CODRA. Dossiers du CERTU. Juin 2006) 284

Figure 6.9-1 : Facteurs d'émissions de différentes filières de production d'électricité (Source valeurs : ADEME, Guide des facteurs d'émissions V6.1) 290

Figure 6.10-1 : Bruit du trafic routier (Source : Assainissement- Département de la sécurité et de l'environnement du Canton de Vaux (Suisse), avril 2007) 291

Figure 6.10-2 : réflexions acoustiques entre l'écran et le véhicule - source Guide du bruit des transports 1980 292

Figure 6.10-3 : Schémas de principe d'équivalence entre écran et butte de terre - source Guide du bruit des

transports 1980 292

Figure 6.10-4 : Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes : préférence des pieux forés aux pieux battus 293

Figure 6.10-5 : Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes : préférence des travaux de renforcement par hydro-fraise plutôt que par battage de palplanche 293

Figure 6.10-6 : Influence des profils en travers de voies et divers dispositifs de protection. Courbes isophones (Leq en dB(A)) pour un trafic moyen de 2000véhicules/heure - Source : Pachiaudi et Fabre, 1979 297

Figure 6.10-7 : Schémas de principe de fonctionnement d'un écran acoustique par rapport à une source type route 297

Figure 6.10-8 : schémas extrait du rapport ALIENOR « Autoroute de Gascogne » octobre2009 298

Figure 6.10-9 : l'épannelage et antiépannelage : Bruit et formes urbaines – CERTU 1981 298

Figure 6.12-1 : Carte qualité des eaux superficielles du SDAGE Seine-Normandie et localisation approximative de la zone projet 301

Figure 6.12-2 : Carte des aquifères du SDAGE Seine-Normandie et localisation approximative de la zone projet 302

Liste des tableaux

Tableau 2.2-1 : Captages d'Alimentation en Eau Potable dans le fuseau élargi. 22

Tableau 2.3-1 : Récapitulatif des enjeux écologiques par tronçons. 23

Tableau 2.4-1 : Enjeux liés à l'agriculture au niveau de la zone d'étude. 24

Tableau 2.5-1 : Rappel des sensibilités paysagères spécifiques au fuseau. 24

Tableau 2.6-1 : Communes et tronçons concernés par les risques géologiques. 33

Tableau 2.6-2 : Etablissements SEVESO disposant d'un PPRT. 34

Tableau 3.3-1 : Types d'impacts potentiels du Grand Paris Express identifiés à ce stade du projet. 49

Tableau 3.3-2 : Pré analyse des niveaux d'impacts par tronçon avant application de mesures. 53

Tableau 3.4-1 : Impacts potentiels du projet Grand Paris Express sur le milieu agricole. 62

Tableau 3.4-2 : Impacts potentiels par tronçon. 63

Tableau 3.5-1 : Analyse des effets par unités paysagères recoupées par le fuseau. 65

Tableau 3.5-2 : Liste des sites inscrits ou classés situés dans le fuseau et évaluation des effets prévisibles. 70

Tableau 3.5-3 : Liste des monuments historiques (ou leur périmètre associé) concernés par les fuseaux d'étude prévu en aérien. 72

Tableau 3.6-1 : Communes et tronçons concernés par les risques géologiques 77

Tableau 3.6-2 : Incidence du projet pour les risques inondation – Approche par tronçon. 79

Tableau 3.6-3 : Incidence du projet pour les risques technologiques SEVESO – Approche par tronçon. 80

Tableau 3.6-4 : Statistiques de la répartition des sites BASIAS / BASOL. 81

Tableau 3.7-1 : Chiffres de la population et des emplois en 2005 et 2035 en Ile-de-France pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage - Graphisme : Stratec, 2012) 83

Tableau 3.7-2 : Description des indicateurs environnementaux retenus pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol (Source : Stratec, 2012) 91

Tableau 3.7-3 : Chiffres de la population et des emplois en 2005 et en 2035 dans les systèmes géographiques considérés pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par la SGP) 92

Tableau 3.7-4 : Chiffres des besoins en surfaces de plancher supplémentaires entre 2005 et en 2035 dans les systèmes géographiques considérés pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par la SGP) 93

Tableau 3.7-5 : Répartition surfacique (en pourcentage) de l'ensemble de l'urbain construit par couronne en Ile-de-France (Source : MOS, IAURIF, 2003 et 2008 - Compilation : Stratec, 2012) 96

Tableau 3.7-6 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 pour le scénario de référence et le scénario de projet « hypothèse basse » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012) 102

Tableau 3.7-7 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 pour le scénario de référence et le scénario de projet « hypothèse haute » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012) 103

Tableau 3.7-8 : Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé) en 2005 et en 2035 par zone d'étude pour le scénario de projet « hypothèse basse » et le scénario de référence (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage) 103

Tableau 3.7-9 : Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé) en 2005 et en 2035 par zone d'étude pour le scénario de projet « hypothèse haute » et le scénario de référence (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage) 103

Tableau 3.7-10 : Incidences potentiels du projet sur les documents supra-communaux 112

Tableau 3.8-1 : Liste des scénarios testés (Source : Stratec) 117

Tableau 3.8-2 : Offre du Grand Paris Express, telle que modélisée 119

Tableau 3.8-3 : Durée, en minutes, de quelques relations importantes avec et sans projet, en 2035. Ces durées sont d'arrêt à arrêt et ne prennent pas en compte le temps d'attente au point de départ. 120

Tableau 3.8-4 : Synthèse de déplacements selon le scénario et le mode Source : Etude d'évaluation socio-économique dans le cadre de la préparation du débat public sur le Grand Paris, 2010. 122

Tableau 3.8-10 : Nombre de correspondances par déplacement selon le scénario, en 2035 à l'heure de pointe du matin 127

Tableau 3.8-11 : Synthèse des indicateurs de charge sur le réseau VP en 2035 à l'heure de pointe du matin 127

Tableau 3.8-12 : Population et emploi selon le scénario en 2035 129

Tableau 3.8-13 : Indicateurs de déplacements selon le scénario et le mode, à l'heure de pointe du matin 129

Tableau 3.8-14 : Nombre de déplacements tous modes effectués par les migrants à l'heure de pointe du matin et en Ile de France. 130

Tableau 3.8-15 : Hypothèses de calcul des migrations 130

Tableau 3.8-16 : Déplacements en voiture des migrants selon l'hypothèse 130

Tableau 3.8-17 : Résultats du calcul des migrations à l'heure de pointe du matin, en 2035 130

Tableau 3.9-1 : Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2035 pour les PM_{10}, NO_x, CO, COVNM, benzène, SO_2, Nickel et Cadmium. 141

Tableau 3.9-2 : Véhicules.km parcourus par les migrants à l'HPM en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF. 141

Tableau 3.9-3 : émissions des migrants à l'année en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF. 142

Tableau 3.9-4 : Indice Pollution Population (IPP) pour les PM10, le NO2 et le benzène, tous trois issus du trafic routier uniquement à l'horizon 2035 selon les différentes hypothèses et les différents scénarios. 144

Tableau 3.9-5 : Surfaces subissant un dépassement des normes de concentrations moyennes annuelles de NO_2 et

PM10 à l'horizon 2035 selon les différentes hypothèses et les différents scénarios. 144

Tableau 3.9-6 : Nombre de personnes potentiellement concernées par les zones où les concentrations moyennes annuelles dépassent l'objectif de qualité (PM_{10} > 30µg/m³) ou la valeur limite (NO_2>40µg/m³). Les habitants des communes ont été répartis uniformément sur les zones urbanisées de la commune. 144

Tableau 3.9-7 : Caractéristiques et consommation énergétique de traction des différentes lignes 147

Tableau 3.9-8 : Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques 148

Tableau 3.9-9 : Détails des gains énergétiques (tep) liés à la circulation 148

Tableau 3.9-10 : Bilan des postes énergétiques en 2035, en tep 149

Tableau 3.9-11 : Consommation de carburant des migrants à l'HPM en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF. 151

Tableau 3.9-12 : variantes possibles pour chacun des tronçons 153

Tableau 3.9-13 : combinaisons de tronçons retenues pour la quantification des émissions de GES 153

Tableau 3.9-14 : émissions globales et par km de voie liées à la construction 154

Tableau 3.9-15 : émissions liées à la construction par catégorie pour la variante 1 156

Tableau 3.9-16 : Facteur d'émissions de consommation d'énergie électrique du réseau de distribution 157

Tableau 3.9-17 : facteur d'émissions d'utilisation de gaz naturel. Source des facteurs d'émissions 2005 : Guide des facteurs d'émissions V6.1, Ademe, 2010 158

Tableau 3.10-1 : Part de la population gênée et très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Source : commission européenne 2002 « Position paper on relationships between transportation noise and annoyance »)167

Tableau 3.10-2 : niveaux sonores pour un métro type MP89 (Source : données RATP 2010) 171

Tableau 3.10-3 : Niveaux sonores pour un métro type MI79 (source SNCF 2006) 171

Tableau 3.10-4 : Niveaux de puissance sonore de référence Lw pour un métro type MI79 de longueur 104m et pour une vitesse de 90km/h (source : données SNCF 2006) 172

Tableau 3.10-5 : Niveaux de référence L_0 calculé pour les deux types de métro étudiés, pour un passage à 25m et une hauteur de 2m et pour les vitesses 60, 80 et 100km/h (source : guide du bruit des transports terrestre du Certu 1980) 172

Tableau 3.10-6 : Dimensionnement des différentes sections d'un puits de ventilation (source SETEC – mémoire technique SETE-M3X-INF-FAI-RAP-003-0-0) 174

Tableau 3.10-7 : Distance en mètre par rapport à une grille de ventilation générant un niveau de bruit de 60 dB(A) à 1m pour atteindre les isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2m au-dessus du sol 175

Tableau 3.10-8 : Distances en mètre 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 177

Tableau 3.10-9 : Distance en mètre par rapport à une grille de ventilation générant un niveau de bruit de 60 dB(A) à 1m pour atteindre les isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2m au-dessus du sol 178

Tableau 3.10-10 : Durée chantier à titre indicatif pour réalisation puits de ventilation (source : M6X-RATP-INF-FAI-NTC05013-d-1-0_OuvragesAnnexes) 183

Tableau 3.10-11 : Charroi induit par le chantier selon les différents modes de transport (Source : Etude des déblais – Société du Grand Paris) 183

Tableau 3.10-12 : Niveaux de pression acoustique moyen en dB(A) obtenus à côté d'une voirie (10 camions/heure) en fonction de la distance et de la pente de la voirie 184

Tableau 3.10-13 : Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier selon lest différentes phases de travaux 185

Tableau 3.10-14 : niveaux de puissance sonore maximum autorisés pour les engins et équipements de chantier (source : directive Machines 2005/88/CE) 186

Tableau 3.10-15 : Niveaux de pression acoustique en dB(A) en fonction de la distance équivalent à des niveaux de puissance acoustique indicatifs 186

Tableau 3.10-16 : Impacts sonores prévisibles en fonction du type de travaux effectués 186

Tableau 3.10-17 : Ouvrages sensibles au bruit généré par les travaux 187

Tableau 3.10-18 : Classement des infrastructures de transport terrestre (Source : arrêté du 30 mai 1996) 188

Tableau 3.10-19 : Evolution de la classification sonore des voiries avec et sans projet en fonction du nombre de km (Source : arrêté du 30 mai 1996) – hypothèses haute et basse 188

Tableau 3.10-20 : Evaluation de la population exposée au bruit en 2035 pour la situation de référence et la situation avec projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) 190

Tableau 3.11-1 : Nombre de personnes potentiellement concernées par les zones où les concentrations moyennes annuelles dépassent l'objectif de qualité (PM_{10} > 30µg/m³) ou la valeur limite (NO_2>40µg/m³). Les habitants des communes ont été répartis uniformément sur les zones urbanisées de la commune. 194

Tableau 3.11-2 : Evaluation de la population exposée au bruit en 2035 pour la situation de référence et la situation avec projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) 196

Tableau 3.11-3 : Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2035 (source : projection : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011) 196

Tableau 4.1-1 : Liste des projets de transports en commun pris en compte 202

Tableau 4.2-1 : Tableau récapitulatif des projets pouvant avoir un effet cumulé 206

Tableau 4.2-2 : Tableau récapitulatif des projets pouvant avoir un effet cumulé dans le domaine du bruit 210

Tableau 6.3-1 : Mesures de réduction générale proposées en fonction de l'impact identifié 226

Tableau 6.3-2 : Exemple de techniques physiques pouvant être utilisée pour éviter la colonisation des voies par la végétation 241

Tableau 6.3-3 : Synthèse des mesures d'évitement et de réduction proposées (phase travaux et phase exploitation) 243

Tableau 6.3-4 : Types d'impacts potentiels identifiés à ce stade du projet (avant l'application de mesures)247

Tableau 6.3-5 : Calendrier de mise en place des déplacements d'espèces végétales protégées et/ou patrimoniales 253

Tableau 6.3-6 : Calendrier de mise en place des mares de substitution pour les amphibiens 255

Tableau 6.3-7 : Calendrier de synthèse des mesures de compensation proposées 256

Tableau 6.4-1 : Mesures de réduction proposées en fonction de l'impact identifié 258

Tableau 6.4-2 : Synthèse des mesures de réduction proposées *259*

Tableau 6.4-3 : Impacts résiduels après la mise en place de mesures *259*

Tableau 6.7-1 : Structure de présentation des mesures d'accompagnement *269*

Tableau 6.9-1 : Emissions de GES par variante *289*

Tableau 6.10-1 : Synthèse des mesures de réduction proposées pour le volet bruit *295*

Tableau 6.10-2 : Tableau récapitulatif des impacts résiduels après mise en œuvre des mesures *296*

Tableau 6.10-3 : Tableau récapitulatif des mesures compensatoires proposées pour le volet bruit *300*

Tableau 6.12-1 : Etat d'avancement des SAGE *304*

Tableau 6.12-2 : Analyse de la compatibilité au SAGE Orge-Yvette *304*

1 Introduction

L'objet principal d'une étude d'impact est de faire l'évaluation de l'incidence du projet sur l'environnement au sens général du terme à partir de la réalisation d'un état des lieux, ou état initial et de présenter les dispositions prises par le Maître d'ouvrage pour remédier aux incidences négatives (mesures d'évitement, de réduction et en dernier recours, de compensation).

La description de l'état initial et du projet font l'objet du rapport de phase 1.

Le présent rapport de phase 2 présente :

- l'évaluation des incidences, ou impacts, du projet : il s'agit de définir la nature de ces incidences, de les caractériser, de déterminer le caractère négatif ou positif et de quantifier ;

- l'analyse des effets cumulés : d'autres projets existent dans la zone prise en compte dans l'étude d'impact. Ces projets ont leurs impacts propres dont certains sont similaires à ceux du projet qui nous concernent. L'analyse consiste à envisager pour chaque thématique l'impact qu'aura la mise en œuvre de l'ensemble des projets pris en compte ;

- les solutions de substitution, c'est-à-dire l'analyse des variantes ;

- les mesures de réduction et de compensation.

La lecture du présent rapport de phase 2 suppose la connaissance du rapport de phase 1. Il est recommandé de disposer dudit rapport, afin de pouvoir se reporter à l'atlas cartographique correspondant.

Il est important de rappeler ici que le présent rapport est rédigé alors que :

- **les études préliminaires de définition du projet** (au sens du décret n°93-1268 du 29 novembre 1993 relatif aux missions de maîtrise d'œuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé – Loi dite MOP) **n'ont pas été entièrement réalisées** ;

- **les études géotechniques**, indispensables à la conception de tout ouvrage d'infrastructure, **n'ont pas été réalisées** ;

- la définition des gares, en particulier le parti architectural d'insertion de chaque gare dans son environnement urbain, n'est pas achevée ;

- la définition d'ouvrages annexes, en particulier les sites de maintenance, qu'ils soient d'infrastructure ou de réparation, n'est pas achevée.

La définition précise du projet (phase Projet au sens du décret précité) nécessite encore de nombreuses études techniques, qui traiteront de la conception de l'infrastructure et de ses ouvrages annexes ou fourniront des éléments techniques permettant de réaliser la conception de l'ouvrage.

Par ailleurs, sur le plan réglementaire, la présente étude d'impact est construite pour figurer dans un dossier de Demande de Déclaration d'Utilité Publique (DUP). L'obtention de la DUP est importante ; elle n'est toutefois pas la seule dans le processus réglementaire qui s'applique au projet.

La réglementation, le code de l'environnement en particulier, impose la réalisation d'études réglementaires en plus de la présente étude d'impact et notamment (liste non exhaustive) :

- études « Loi sur l'eau » - code de l'environnement ;

- dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) – code de l'environnement. Ces dossiers contiennent eux-mêmes une étude d'impact ;

- dossier d'autorisation de défrichement (article L 311-1 et suivants du code forestier) ;

- dossier de demande de dérogation de destruction d'espèces protégées ou d'habitats d'espèces protégées au titre des articles L.411-1 et L.411-2 du code de l'environnement ;

- dossier d''autorisation de travaux en site classé et de déclaration pour les sites inscrits – code de l'environnement.

Ces études seront réalisées ultérieurement et prendront en compte le projet dans un niveau de définition supérieur, non nécessaire au stade de la DUP. L'évaluation des impacts du projet sera donc précisée dans ces études permettant ainsi au Maître d'ouvrage de s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue.

L'évaluation des impacts est réalisée sur la base des éléments disponibles au 1er avril 2012, certains éléments ayant toutefois été ajustés au-delà de cette date.

Pour toutes les thématiques où les impacts ne sont pas à ce stade quantifiables, voire définissables, les études à réaliser pour une évaluation des impacts à un niveau acceptable de précision seront listées dans un sous-chapitre particulier du chapitre relatif aux mesures de réduction et de compensation. La liste distinguera les études techniques de celles ayant un caractère réglementaire et indiquera les objectifs attendus ; le Maître d'ouvrage s'engage à les réaliser.

2 Rappel des enjeux de l’état initial

2.1 Milieu physique

2.1.1 Topographie

La région Ile-de-France est une région de plateaux et de plaines entaillées par les vallées des cours d'eau.

Il y existe donc de grandes zones planes, ou faiblement pentues, où la topographie n'est pas un enjeu pour la réalisation du projet. Le Plateau de Saclay, la Plaine de France, le Plateau de Brie sont les principales zones concernées.

Les rebords de plateau et les versants de vallée présentent des pentes pouvant être fortes (les pentes à 10% ne sont pas rares) et des dénivelées significatives pouvant dépasser 100 m. Ces zones sont les plus contraignantes pour l'infrastructure car la pente maximale des rails du métro est de 5 %. Les contraintes portent sur la position en plan des gares par rapport à la morphologie du relief et la profondeur.

La carte P2-G-II-2 présente les secteurs où l'enjeu topographique est important.

2.1.2 Géologie

Le projet ne concerne directement que les terrains tertiaires, à l'exception de la craie secondaire en des points localisés du parcours.

La mise en place de l'infrastructure engendre la disparition des strates géologiques en lieu et place des parties souterraines et une modification de ces strates dans un voisinage proche, par fissuration et tassements en particulier.

La géologie est également une contrainte à la mise en place de l'infrastructure. En effet, certaines strates présentent, ou ont présenté, des caractéristiques particulières :

- qui en font des ressources exploitables : le calcaire grossier pour la construction, le gypse pour la production de plâtre, certains sables et graviers comme granulats. L'exploitation de ces ressources a laissé des vides qui, lorsqu'ils sont souterrains constituent des contraintes à la réalisation du projet,

- qui deviennent des contraintes lors des chantiers : le gypse par ses propriétés mécaniques et son aptitude à la dissolution, les calcaires durs par leur résistance aux engins et les vibrations engendrées, et certaines argiles par leurs propriétés de gonflement lorsqu'elles sont situées hors d'eau ou proches du niveau piézométrique.

Globalement, les zones les plus contraintes par la géologie sont le sud-ouest de Paris, où la densité d'anciennes carrières souterraines de calcaire grossier est forte, et le nord-nord-ouest de Paris où le gypse (exploitation et strate) et les anciennes carrières sont très présents.

2.1.3 Eaux souterraines - hydrogéologie

Du point de vue hydrogéologique, le fuseau interfère avec les grands aquifères superficiels de la Région Ile-de-France. Le réseau étant très majoritairement souterrain, les risques d'interférence avec des aquifères sollicités pour l'alimentation en eau potable sont importants. L'aquifère de la craie, très productif localement dans la vallée de la Seine (boutonnière de Boulogne-Billancourt, Croissy-sur-Seine), constitue une contrainte potentielle importante pour le projet. En revanche, la nappe de l'Albien n'est pas concernée car elle est située trop profondément pour que le projet et ses conséquences l'atteignent.

Les enjeux majeurs le long du fuseau sont donc de plusieurs natures :

- Impacts géotechniques potentiels sur le bâti actuel : tassements dans des remblais sensibles aux variations de niveaux d'eau (en particuliers sur le tronçon T4), risques de dissolution du gypse et impact géotechnique potentiel en cas de pompage dans les eaux souterraines (risque de présence de Gypse dans les formations du Gypse, d'une part, dans les Marnes et Caillasses et le Calcaire grossier d'autre part (Gypse anté-Ludien)) ;

- Impacts potentiels sur les usages des nappes d'eau souterraine, en particulier sur l'approvisionnement en eau potable qui constitue un enjeu majeur ;

- Impacts sur la qualité des eaux souterraines (déplacement ou extension de zones polluées par les éventuels pompages nécessaires à la réalisation du projet), avec en particulier, la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen significativement polluée au nord de Paris (communes de Saint-Denis, Saint-Ouen et Aubervilliers) et la nappe des alluvions de Seine au sud-est de Paris (commune de Vitry-sur-Seine).

Il convient de rappeler ici que, du point de vue juridique, les prélèvements d'eau souterraine sont réglementés et que la préservation de la ressource en eau, en particulier souterraine, est un pilier de la réglementation sur l'eau.

2.2 Eaux superficielles

La carte P2_G-II-2 synthétise les contraintes liées au contexte hydrographique.

2.2.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone d'étude s'articule essentiellement autour de la Seine et de son affluent principal, la Marne. Ces cours d'eau sont canalisés tous les deux et leurs débits sont régulés. Cependant, d'autres cours d'eau sont également interceptés par le fuseau : la Bièvre, La Morée, Le Croult et des canaux secondaires. Les enjeux au niveau de ces cours d'eau concernent principalement la protection des milieux naturels et la qualité de l'eau. Ainsi, les secteurs où les enjeux en rapport avec le réseau hydrographique sont les plus importants sont :

- Le tronçon 0, avec la traversée souterraine des méandres de la Seine et de la Marne ;

- Le tronçon 5, concerné par la traversée de la Seine au niveau de l'Ile-Saint-Denis ;

- Le tronçon 1, avec la traversée de la Marne dans le secteur de Chelles.

2.2.2 Bassins versants dans les zones en aérien

Sur l'ensemble du réseau, deux secteurs sont prévus en réseau aérien :

- Le tronçon 2 dans le secteur du Plateau de Saclay : la particularité de cette zone est qu'elle est parcourue par un réseau de rigoles et aqueducs drainant l'eau et l'acheminant vers le château de Versailles. La partie aérienne de ce tronçon intercepte 5 bassins

versants, soit à proximité des lignes de crêtes, soit en longeant les infrastructures routières, excepté pour quelques secteurs. Ceci tend à diminuer l'impact de l'interception.

- Le tronçon 5 dans le secteur de Gonesse : la partie aérienne de ce tronçon, s'étendant depuis la gare de Triangle de Gonesse jusqu'à Le Petit Tremblay en France, intercepte un seul bassin versant ; celui de La Morée. Le bassin versant « Le Croult de sa source au lac départemental de la Courneuve » est localisé au Nord de cette portion aérienne. Le tracé aérien ne suit pas la ligne de crête située à 90m NGF, mais suit une courbe de niveau, entre 70 et 75m NGF. L'impact sur les ruissellements est donc limité. Cependant, l'interception du bassin versant est plus importante que pour le Plateau de Saclay.

D'un point de vue général, le réseau aérien étant conçu préférentiellement en viaduc, les incidences sur les ruissellements au niveau des bassins versants seront négligeables.

2.2.3 Aspects quantitatifs

Les zones inondables ont été définies par les zones inondées en 1910, crue de référence dans la région choisie pour son importance et le niveau de connaissance du phénomène. Ce sont essentiellement les secteurs du réseau aérien qui devront composer avec la thématique inondation à savoir les tronçons 2 et 5.

2.2.4 Aspects qualitatifs

La qualité des eaux superficielles est médiocre sur l'ensemble de la zone d'étude. Selon la Directive Cadre Eau, l'objectif pour une masse d'eau est par définition l'atteinte en 2015 du bon état ou bon potentiel (pour les masses d'eau fortement modifiées). Cependant des reports d'échéances sont possibles. Ainsi, dans notre périmètre d'étude les trois masses d'eau principales recensées ont pour objectif un bon état ou potentiel global d'ici 2027.

2.2.5 Usages de l'eau

Dans le fuseau d'étude, les différents usages de l'eau qui s'opèrent sont l'alimentation en eau potable, les prélèvements industriels, les transports et loisirs. Cependant, le principal usage de l'eau pouvant interférer avec le projet est l'alimentation en eau potable.

On dénombre 6 captages AEP dans un périmètre de 3km autour des tracés. Ils sont situés sur les communes de Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés, Ivry-sur-Seine, Suresnes, Noisy-le-Grand et Choisy-le-Roi. Les deux premiers sont situés dans le périmètre de 1km autour du réseau, ce qui implique une vigilance, notamment en phase de travaux. Ces points de captage pour l'AEP sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2.2-1 : Captages d'Alimentation en Eau Potable dans le fuseau élargi.

Nom	*Code National*	*Dépt*	*Commune*	*Type de captage*	*Débit moyen journalier (en m³/j)*	*Débit réglementaire (en m³/j)*	*DUP*	*Procédure*
MARNE A JOINVILLE	75000217	94	JOINVILLE LE PONT	Prise d'eau	50000	50000	31/07/2000	Terminée
M.SAINT MAUR RESSOURCE	94000042	94	SAINT MAUR DES FOSSES	Captage au fil de l'eau	16200	22800		En cours
SEINE A IVRY	75000218	94	IVRY SUR SEINE	Prise d'eau (Abandon)	41000 (Abandon)	41000 (Abandon)		
EAU DE SEINE - PK 16,92	92000005	92	SURESNES	Captage au fil de l'eau	37000	115000		En cours
PRISE NEUILLY SUR MARNE	93000077	93	NOISY-LE-GRAND	Captage au fil de l'eau	283444	600000	27/12/2011	Terminée
G.CHOISY RESSOURCE	94000049	94	CHOISY LE ROI	Captage au fil de l'eau	369163	431000	08/01/2008	Terminée

2.2.6 SDAGE et SAGE

La quasi-totalité de la zone d'étude est intégrée au territoire d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux, à l'exception de portions de la vallée de la Seine au Nord-Est de la zone d'étude, et l'ensemble fait partie du territoire du SDAGE Seine-Normandie.

La plupart des SAGE sont cependant en cours d'élaboration et/ou ne concernent qu'une petite partie du fuseau. Seul le SAGE Orge-Yvette est élaboré et interfère directement avec le fuseau d'étude.

L'analyse des incidences du projet sur les SDAGE et SAGE concernés se base sur une étude de compatibilité. Pour cela, chacune des dispositions et actions de ces deux documents réglementaires en relation avec le projet ont été étudiées. Cette analyse de compatibilité fait l'objet d'un rapport à part.

2.3 Milieux naturels

Afin de parfaire la connaissance des enjeux écologiques de la région Ile-de-France, Natureparif a réalisé l'identification des noyaux de biodiversité. Ceci met en avant les mêmes secteurs que l'étude des continuités écologiques réalisée pour la Société du Grand Paris dans le cadre de l'Evaluation Stratégique Environnementale (ESE) et reprise dans la présente étude d'impact, afin d'évaluer la fonctionnalité du territoire. Deux secteurs se distinguent donc de l'analyse :

- à l'est, les entités de la Zone de Protection Spéciale « Sites de Seine-Saint-Denis »,
- au sud-ouest, les nombreuses forêts domaniales des Hauts-de-Seine et des Yvelines et la plaine de Saclay.

L'analyse par tronçon puis par zoom précise, à l'intérieur de ces deux secteurs notamment, les sites remarquables identifiés et indique si des espèces protégées et/ou remarquables ont été recensées, d'après la bibliographie. A l'échelle du fuseau d'étude, dix sites, à fortes contraintes réglementaires et/ou à enjeux de préservation ont ainsi été traités de manière plus détaillée, par l'intermédiaire de fiches zoom :

- Les ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et « Forêt de Rambouillet et zones humides proches »
- La ZNIEFF 1 "Côte de Beauzet et carrière Saint-Pierre"
- Les Traversées de la Marne, de la Seine et des canaux de Paris
- La Vallée de la Bièvre
- Les Forêts domaniales de Versailles et de la Malmaison
- La Réserve naturelle régionale des îles de Chelles.

Une attention particulière devra être portée à ces secteurs, qui pourraient contraindre la définition plus précise du projet, pour les options aériennes et souterraines, notamment en raison des interactions hydrologiques avec le projet. Le travail réalisé lors des études d'impacts des différents tronçons participera également à identifier des enjeux écologiques plus localisés.

Parmi les secteurs à fort enjeux, deux sites Natura 2000 sont présents dans le fuseau d'étude du Grand Paris Express : la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ». Deux études d'incidences sont donc nécessaires (Etude d'incidence sur la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » annexée au présent dossier et étude d'incidence sur la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches en cours de réalisation au moment de la rédaction de ce dossier). Un autre site Natura 2000 a été identifié comme étant potentiellement en interaction hydrologique avec le projet : la ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne ». Lorsque le projet sera précisé et notamment les techniques de construction des gares de Chelles et Noisy-Champs, la nécessité de réaliser une étude d'incidences spécifique sera réévaluée. A ce stade, la précision du projet ne permet pas une analyse poussée. Une pré-analyse des incidences potentielles sera cependant menée dans l'étude d'impact du tronçon 1 « Le Bourget – Noisy-Champs ».

Le fuseau d'étude a été découpé en dix-huit tronçons en fonction de l'occupation du sol dominante et des interactions entre le fuseau d'étude et le milieu naturel. L'évaluation des enjeux écologiques par tronçons est résumée dans le tableau ci-après.

Tableau 2.3-1 : Récapitulatif des enjeux écologiques par tronçons.

Tronçon	*Section*	*Localisation*	*Enjeux écologiques identifiés*
T0	J	Pont de Sèvres – Villejuif IGR	Faibles
T0	I	Villejuif IGR - Créteil	Faibles à moyens
T0	H	Créteil – Noisy-Champs	Moyens
T1	C	Le Bourget – Clichy-sous-Bois	Moyens (localement forts au niveau des entités de la ZPS)
T1	D	Clichy-sous-Bois – Noisy-Champs	Forts
T2	N	Versailles – CEA Saint Aubin	Moyens à forts
T2	M	CEA Saint Aubin – Massy-Palaiseau	Forts
T2	L	Massy Palaiseau - Orly	Faibles
T3		Olympiades - Orly	Faibles
T4	P	Pont de Sèvre - Nanterre	Faibles à moyens
T5	A	Le Mesnil Amelot – Triangle de Gonesse	Faibles à moyens (localement forts au niveau de la ZPS)
T5	B	Saint Denis Pleyel – Triangle de Gonesse	Faibles à moyens (localement forts au niveau de la ZPS)
T4		Rueil – Saint-Denis Pleyel	Faibles
Ligne orange	R	Nanterre – Saint-Denis Pleyel	Faibles
Ligne orange	E	Saint-Denis-Pleyel – Rosny-Bois-Perrier	Faibles
Ligne orange	G	Rosny-Bois-Perrier – Noisy-Champs	Forts
Ligne orange	F	Rosny-Bois-Perrier – Champigny Centre	Faibles
Ligne verte	O	Versailles - Rueil	Moyens

2.4 Volet Agriculture

Cette synthèse s'appuie sur la carte de localisation les enjeux liés à l'agriculture au niveau du périmètre d'étude.

L'agriculture est un secteur encore dynamique en Île-de-France. L'urbanisation est une menace pour cette activité (La consommation annuelle de terres agricoles est légèrement inférieure à 1 750 ha/an depuis 1996[1]).

Deux importantes zones à vocation agricole sont incluses en partie dans le fuseau d'étude du projet : le plateau de Saclay et le début de la Plaine de France (au niveau de l'aéroport Charles-de-Gaulle). Les plus forts enjeux se localisent au niveau du plateau de Saclay, vaste plaine agricole dont 2300 hectares seront protégés par la zone de protection naturelle, agricole et forestière prévue par la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, et qui va faire l'objet de nombreux projets d'aménagement, en lien direct avec l'OIN.

D'autres secteurs agricoles localisés hors du fuseau, comme l'Aulnay, la Plaine de Montesson, le secteur de Cormeilles-en-Parisis et d'Argenteuil ou encore les terres agricoles autour de l'aéroport d'Orly sont également à prendre en compte. Le principal enjeu lié à ces différents secteurs est l'urbanisation induite de ces dernières terres agricoles en proche banlieue.

Tableau 2.4-1 : Enjeux liés à l'agriculture au niveau de la zone d'étude.

	Localisation	*Taille*	*Fonctionnalité*	*Enjeu*
Plateau de Saclay	Traversé par le projet OIN prévu (Cluster scientifique de Saclay)	Grandes exploitations majoritaires	Espace agricole cohérent et bien relié	Fort
Plaine de France	Faible superficie concernée directement par le projet Projet de développement de pôle (aéroport Roissy-Charles-de-Gaulles)	Grandes exploitations majoritaires	Espace agricole cohérent et bien relié mais quelques zones en retrait à cause des nombreuses infrastructures	Moyen
Plateau de Nozay	A proximité du projet OIN prévu (Cluster scientifique de Saclay)	Grandes exploitations majoritaires	Espace agricole cohérent et bien relié mais quelques zones en retrait	Moyen
Aulnay	A proximité du projet Projets d'urbanisation autour du secteur agricole	Exploitations de taille réduite	Terres agricoles concentrées en seul endroit	Moyen
Montesson	A proximité du projet	Exploitations de taille réduite	Espace agricole enclavé au cœur de zones urbanisées	Moyen
Cormeilles Argenteuil	A proximité du projet	Exploitations de taille réduite	Espace agricole enclavé au cœur de zones urbanisées	Moyen
Aéroport d'Orly	A proximité du projet Projet de développement de l'aéroport d'Orly	Grandes et moyennes exploitations	Espace agricole enclavé au cœur de zones urbanisées	Faible

[1] *STEPHAN JM (2001). La consommation des espaces agricoles et naturels en Île-de-France : plusieurs approches pour un suivi de précision, AGRESTE CAHIERS N° 1 - MARS 2001*

2.5 Volet Paysage, Patrimoine architectural et archéologique

2.5.1 Grand Paysage

Le fuseau recoupe essentiellement des espaces densément urbanisés dont les sensibilités paysagères sont faibles.

Les principaux secteurs présentant des enjeux paysagers à l'échelle du fuseau sont localisés dans les parties Est et Ouest.

La traversée du Hurepoix est néanmoins sujette à d'importantes sensibilités paysagères liées au caractère patrimonial des vallées de Chevreuse et de la Bièvre. A l'Est, le fuseau recoupe également plusieurs buttes-témoins du Val de Marne et qui jouent des rôles paysagers, écologiques et sociaux.

Tableau 2.5-1 : Rappel des sensibilités paysagères spécifiques au fuseau.

Unité paysagère	*Tronçon*	*Passage aérien*	*Sensibilité*	*Zones importantes à prendre en compte à l'échelle du fuseau*
1101 - Paris	T3	NON	**Forte**	Le tronçon T3 recoupe le site inscrit parisien.
1102 – Boucle de Boulogne	T0, T4		**Modérée**	Nombreux sites classés et inscrits, îles Saint-Germain et Seguin, Parc de Saint-Cloud (pentes), Ile de Monsieur, coteaux boisés de Meudon, fort du Mont Valérien
1103 – Saint-Denis	T5, T4, Ligne Orange		**Modérée**	Aucun secteur spécifique
1104 – Butte de Romainville	Ligne Orange		**Modérée**	Coteaux d'Avron, îles des Loups (Marne)
1105 – Confluence Seine-Marne	T0, Ligne Orange		**Modérée**	Site inscrit « Quartiers anciens »
1106 – Plateau de Longboyau	T0, T2, T3		**Faible**	Espaces agricoles autour de l'aéroport, ZPPAUP de Massy
1107 – Vallée de la Bièvre urbaine	T0, T3		**Faible**	Aucun secteur spécifique
1108 – Plateau de Clamart	T0		**Faible**	ZPPAUP de Clamart
1109 - Versailles	T2		**Forte**	Sur la quasi-totalité du fuseau recoupant l'unité paysagère en raison de l'affluence de sites protégés.
1110 – Plateau de St-Cloud	T4		**Forte**	Forêts de Fausses-Repose et de la Malmaison, Parc de Saint-Cloud, ZPPAUP de Suresnes

Unité paysagère	*Tronçon*	*Passage aérien*	*Sensibilité*	*Zones importantes à prendre en compte à l'échelle du fuseau*
1111 – Boucle de Gennevilliers	T4		**Faible à Modérée**	Parc départemental André Malraux, ZPPAUP de Gennevilliers,
1112 – Boucle de Montesson et de St-Germain	T4	Non	**Faible**	Aucun secteur spécifique
1116 – Vallon du Crould	T5	Oui selon la variante choisie	**Forte**	Parcelles agricoles autour de l'aéroport du Bourget
1117 – Plaine de France urbaine	T1, T5, Ligne Orange	Oui selon la variante choisie (T5)	**Forte**	Parc de la Courneuve, Canal de l'Ourcq
1118 – Vallée de la Marne urbaine	T0, T1	Non	**Forte**	Espaces naturels/bases de loisirs du Val de Marne, butte et coteaux de Chelles
1119 – Marne-la-Vallée aval	T0, Ligne Orange	Non	**Modérée**	Aucun secteur spécifique
1120 – Vallée du Morbras	T0	Non	**Faible**	Aucun secteur spécifique
2601 – Saint-Quentin-en-Yvelines	T2	Oui en partie	**Forte**	Franchissements de vallées, coteaux boisés sensibles au défrichement, plateau de Saclay, nombreux sites protégés au titre de la loi 1930, PNR de la Haute Vallée de Chevreuse
2602 – Vallée de la Bièvre amont	T2	Non	**Faible**	
2603 – Vallée de l'Yvette urbaine	T2		**Modérée**	
2610 – Plateaux du Hurepoix	T2		**Forte**	
2611 – Vallée de Chevreuse	T2		**Modérée**	
2201 – Butte de l'Aulnoye	T1		**Forte**	Forêt de Bondy et Bois de la Couronne
2203 – Plaine de France	T5	Oui selon la variante choisie	**Forte**	Espaces agricoles

2.5.2 Patrimoine culturel protégé

2.5.2.1 Sites inscrits et classés

Le projet d'infrastructure du Grand Paris Express traverse des sites inscrits ou classés correspondants à des monuments naturels dont la conservation ou la préservation présentent "*du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général*" (art.L341-1 du Code de l'Environnement).

Les sites protégés concernés par le projet se situent principalement sur le secteur sud-ouest, notamment sur la commune de Versailles et sur les vallées de la Bièvre et de la Mérantaise (sites vastes), et également autour des communes de Sèvres, Meudon, Saint-Cloud, Rueil-Malmaison sur lesquelles plusieurs sites inscrits ou classés de taille plus modestes sont recensés. Les parties du fuseau situées dans Paris, au centre du secteur d'étude, se superposent en partie au site inscrit dont bénéficie la ville. Au-delà de ces secteurs, notamment sur la moitié est de la zone d'étude, le fuseau croise très peu de sites protégés.

<u>Rappel réglementaire:</u>

La loi du 2 mai 1930 intégrée depuis dans les articles L.341-1 à L.341-22 du Code de l'environnement permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire.
La loi prévoit deux niveaux de protection : le classement et l'inscription.

- Les effets juridiques de l'inscription d'un monument naturel ou d'un site sont relativement limités puisque "L'inscription entraîne, sur les terrains compris dans les limites fixées par l'arrêté, l'obligation pour les intéressés de ne pas procéder à des travaux autres que ceux d'exploitation courante en ce qui concerne les fonds ruraux et d'entretien normal en ce qui concerne les constructions, sans avoir avisé, quatre mois d'avance, l'administration de leur intention" (art.L.341-1). Cette déclaration préalable est adressée au préfet de département, qui recueille l'avis de l'architecte des Bâtiments de France sur le projet.
L'administration peut proposer certaines adaptations au projet mais ne peut s'opposer aux travaux projetés qu'en procédant au classement du site ; Le permis de démolir est obligatoire pour toute démolition de construction (art. R 421-28 c. urb.).

- le classement constitue une protection beaucoup plus forte puisque : " Les monuments naturels ou les sites classés ne peuvent ni être détruits ni être modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale" (art.L.341-10). Selon l'ampleur des travaux, cette autorisation est délivrée par le Ministre ou le Préfet du département après le recueil de l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) et éventuellement de la Commission Départementale de la Nature, des Paysages et des Sites (CDNPS) ou de la Commission Supérieure des Sites, Perspectives et Paysages (CSSPP).

2.5.2.2 Monuments historiques

Le fuseau d'étude rencontre sur son tracé de nombreux monuments ou sites bâtis ou naturels protégés au titre du livre IV du Code du Patrimoine relatifs aux monuments historiques. L'ensemble des monuments historiques situés dans le fuseau, et plus largement les périmètres de protection associés à des monuments historiques intersectant le fuseau, ont été recensés et cartographiés dans l'état initial.

De nombreux monuments principalement inscrits ont ainsi été recensés. Une densité particulièrement forte en monuments historiques s'observe sur la ligne rouge au niveau des tronçons 0, 4 et 6. Certaines portions de ces derniers présentent des agglomérats denses de périmètres de protections, lesquels se superposent parfois également à des périmètres de protections des sites loi 1930. Ce phénomène est particulièrement visible au sud sur les communes de Arcueil/ Cachan / L'Haÿe-les-Roses / Villejuif/ Le Kremlin-Bicêtre / Gentilly, à l'ouest sur les communes de Meudon / Sèvres/ Saint-Cloud / Suresnes/ Rueil-Malmaison/ Nanterre et enfin au nord-ouest sur les communes d'Asnières-sur-Seine / Bois-Colombes/ Courbevoie/ La Garenne-Colombes.

Rappel réglementaire :
Le contexte réglementaire relatif aux monuments historiques se traduit par la définition de deux niveaux de protection :
*- le **classement** des l'immeubles. "Les immeubles dont la conservation présente, du point de vue de l'histoire ou de l'art un intérêt public sont classés comme monuments historiques en totalité ou en partie par les soins de l'autorité administrative" (art.L.621-1). L'immeuble classé ne peut être détruit ou déplacé, même en partie, ni être l'objet d'un travail de restauration, de réparation ou de modification quelconque, sans autorisation de l'autorité administrative (Art. L.621-9).*

*- l'**inscription** des immeubles. "Les immeubles ou parties d'immeubles publics ou privés qui, sans justifier une demande de classement immédiat au titre des monuments historiques, présentent un intérêt d'histoire ou d'art suffisant pour en rendre désirable la préservation peuvent, à toute époque, être inscrits, par décision de l'autorité administrative, au titre des monuments historiques. Peut être également inscrit dans les mêmes conditions tout immeuble nu ou bâti situé dans le champ de visibilité d'un immeuble déjà classé ou inscrit au titre des monuments historiques." (art.L.621-25). Sur les monuments inscrits, tous les travaux doivent être déclarés à l'autorité administrative. Dans le cas où les travaux envisagés sont soumis à permis de construire, de démolir ou d'aménager, la décision accordant le permis ne peut intervenir sans l'accord de l'autorité administrative chargée des monuments historiques.*

La protection des immeubles classés ou inscrits s'étend au champ de visibilité de ceux-ci, défini ainsi : "Est considéré, pour l'application du présent titre, comme étant situé dans le champ de visibilité d'un immeuble classé ou proposé pour le classement tout autre immeuble, nu ou bâti, visible du premier ou visible en même temps que lui et situé dans un périmètre n'excédant pas 500m." (art.L.621-30)
Pour les immeubles soumis à ce régime qu'ils soient inscrits ou classés, un périmètre de protection de 500m de rayon servitude opposables aux tiers est institué.

Toutefois, depuis la loi du 13 décembre 2000 dite de "Solidarité et Renouvellement Urbain", un Périmètre de Protection Adapté (PPA) - lors d'une procédure de classement ou d'inscription - ou un Périmètre de Protection Modifié (PPM) - pour les immeubles déjà protégés - peuvent se substituer au périmètre de 500 m, sur proposition de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Ces périmètres, selon configuration spécifiques des abords des immeubles, peuvent être réduits à moins de 500 m ou au contraire étendus. La notion de " champ de visibilité " avec le monument est ici déterminante.

Le projet d'infrastructure du Grand Paris ne prévoit pas d'intervention de nature soit à affecter la consistance ou l'aspect d'immeubles ou de partie d'immeuble classés ou inscrits mais peut être amené à générer des modifications au sein du périmètre de protection ou de champ de visibilité.

Or, il est précisé que :
"Lorsqu'un immeuble est adossé à un immeuble classé ou situé dans le champ de visibilité d'un édifice classé ou inscrit au titre des monuments historiques, il ne peut faire l'objet, tant de la part des propriétaires privés que des collectivités et établissements publics, d'aucune construction nouvelle, d'aucune démolition, d'aucun déboisement, d'aucune transformation ou modification de nature à en affecter l'aspect, sans une autorisation préalable." (art.L.621-31).

"Le permis de construire, le permis de démolir, le permis d'aménager ou l'absence d'opposition à déclaration préalable tient lieu de l'autorisation prévue au premier alinéa de l'article L. 621-31 si l'architecte des Bâtiments de France a donné son accord" (art.L.621-32).

2.5.2.3 ZPPAUP et AMVAP

Le fuseau d'étude traverse les ZPPAUP de Massy et Suresnes, intersecte partiellement celles de Clamart et Gennevilliers et effleure à la marge celles de Fontenay-sous-Bois et Carrières-sur-Seine.

Rappel réglementaire :
La ZPPAUP ou l'AMVAP a pour but de protéger des ensembles architecturaux, urbains et/ou paysagers indépendamment de la présence ou non de monuments historiques. Ces quartiers, sites et espaces sont à protéger ou à mettre en valeur pour des motifs d'ordre esthétique, historique ou culturel, voire environnemental en exprimant l'ambition d'améliorer la notion de champ de visibilité (« périmètre de 500 m » aux abords d'un monument historique) en lui substituant un « périmètre intelligent ». La zone de protection comporte des prescriptions particulières en matière d'architecture et de paysage. Les travaux de construction, de démolition, de déboisement, de transformation ou de modification de l'aspect des immeubles compris dans le périmètre de la zone de protection sont soumis à autorisation spéciale.

Les ZPPAUP ou AMVAP sont des servitudes d'utilité publique qui complètent les documents d'urbanisme et suspendent les mesures de protection des monuments historiques à l'intérieur de la zone. L'article 9 de la loi no 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement a modifié l'article L642-3 du code du patrimoine. Cette modification a pour effet que désormais, l'avis rendu par l'ABF lorsque les travaux se situent sur une parcelle située dans une ZPPAUP est désormais un avis simple et non plus un avis conforme.
Les AMVAP vont au fur et à mesure remplacer les ZPPAUP.

Dans le périmètre de l'AMVAP, tout projet d'aménagement, de construction ou de démolition est soumis à autorisation, délivrée par la commission locale de l'AMVAP. L'ABF dispose d'un délai d'un mois pour rendre un avis motivé (ni simple, ni conforme) ; à l'issue de ce délai, son avis sera réputé favorable.
Toutefois, les ZPPAUP créées avant le 13 juillet 2010 continuent de produire leurs effets pendant 5 ans (jusqu'au 13 juillet 2015). En cas de travaux, l'autorisation spéciale est accordée par l'autorité compétente en matière de permis de construire après avis simple de l'ABF.

2.5.2.4 Secteurs sauvegardés

Le secteur sauvegardé de Versailles se superpose sur sa partie orientale au fuseau du tronçon 2.

Rappel réglementaire :
Un secteur sauvegardé est une zone urbaine soumise à des règles particulières en raison de son « caractère historique, esthétique ou de nature à justifier la conservation, la restauration et la mise en valeur de tout ou partie d'un ensemble d'immeubles bâtis ou non » (Code de l'urbanisme, art. L. 313-1).

Dans un secteur sauvegardé, les programmes de rénovation et d'aménagement sont encadrés par un plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV). Le PSMV est un document d'urbanisme qui remplace le plan d'occupation des sols (POS) et son successeur le plan local d'urbanisme (PLU) sur le périmètre des secteurs sauvegardés. L'architecte des bâtiments de France est chargé par l'Etat de gérer les secteurs sauvegardés. Il dispose d'un avis conforme sur toutes les demandes d'urbanisme.

2.5.2.5 Synthèse

Ainsi, bien que l'importance de l'enjeu induit par ces protections fortes ait été considérée en amont du projet, la forte densité en périmètres protégés sur le secteur, la grande superficie du fuseau ainsi que la considération de contraintes d'autres natures, n'a pas permis d'exclure cet enjeu du projet.

L'ensemble des protections a fait l'objet d'un recensement exhaustif dans l'état initial grâce à la consultation des organismes compétents.

Le bilan des protections réalisé dans l'état initial a mis en évidence que le fuseau global traverse :

- de nombreux monuments naturels et sites classés et inscrits,
- de très nombreux périmètres de monuments historiques classés et inscrits que ceux-ci soient implantés dans le fuseau ou à moins de 500m de celui-ci,
- quelques périmètres de ZPPAUP,
- le secteur sauvegardé de Versailles.

Les enjeux sont particulièrement importants pour les fuseaux :

- les tronçons 0 et 4 qui intersectent de très nombreux périmètres de 500m de monuments historiques protégés et qui traverse également plusieurs sites classés et inscrits (les deux types de protection se superposant par endroits),
- du tronçon 2 où l'on trouve l'ensemble des protections existantes traversées,
- du tronçon 6 qui traverse de nombreux périmètres de monuments historiques.

L'objectif de ce recensement est l'identification et l'évaluation des impacts potentiels, temporaires et permanents, générés par le projet, afin que les sites, monuments et autres zonages de protection impactés fassent l'objet de mesures visant à anticiper et supprimer autant que possible les impacts générés.

2.5.3 Patrimoine archéologique

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 qui témoignent de l'ancienneté de l'occupation humaine des territoires traversés. Ces vestiges peuvent correspondre :

- à des sites connus et répertoriés ;
- à des sites marqués par la présence d'indices où 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.

<u>Rappel réglementaire:</u>
D'après l'article L.512-1 du Code du patrimoine : "l'archéologie préventive, qui relève de missions de service public, est partie intégrante de l'archéologie. Elle est régie par les principes applicables à toute recherche scientifique. Elle a pour objet d'assurer, à terre et sous les eaux, dans les délais appropriés, la détection, la conservation ou la sauvegarde par l'étude scientifique des éléments du patrimoine archéologique affectés ou susceptibles d'être affectés par les travaux publics ou privés concourant à l'aménagement."

Le projet Grand Paris Express fait partie des "opérations d'aménagement, de construction d'ouvrages ou de travaux qui, en raison de leur localisation, de leur nature ou de leur importance, affectent ou sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique". Pour cette raison, le projet ne peut être réalisé "que dans le respect des mesures de détection et, le cas échéant, de conservation et de sauvegarde par l'étude scientifique ainsi que des demandes de modification de la consistance des opérations d'aménagement" (art.R.523-1 du même code).
Plusieurs dispositions réglementaires visant à préserver le patrimoine archéologique s'appliquant ainsi au projet tout au long de sa réalisation :

- Préalablement aux travaux, la saisine de Préfet de région sur les aspects archéologiques se fait dans le cadre de l'instruction des autorisations exigées par les codes de l'urbanisme et de l'environnement. Dans le cas du projet de métro Grand Paris, le Préfet de région est saisi par le Préfet de département lors de l'instruction du dossier. Ce dernier adresse au Préfet de région, dès qu'il a reçu les éléments transmis par le Maître d'ouvrage. Les pièces doivent faire apparaître les caractéristiques des aménagements prévus notamment l'emplacement prévu des travaux sur le terrain d'assiette, leur superficie, leur impact sur le sous-sol.

- Cette saisine peut être automatique (selon le type de projet, la présence de zones prévues à l'article R.523-6 ou l'atteinte d'emprise au sol supérieure aux seuils définis par l'arrêté de zonage) ou à l'initiative du Préfet de région et de ses services, de l'autorité délivrant l'autorisation de travaux ou de l'aménageur.

- S'il est jugé nécessaire, un diagnostic archéologique est alors prescrit par le Préfet de région et réalisé par l'INRAP ou par un service territorial agréé. Le diagnostic vise, par des études, prospections ou travaux de terrain, à mettre en évidence et à caractériser les éléments du patrimoine archéologique éventuellement présents sur le site.
A l'issue du diagnostic et en fonction de ses conclusions sur l'intérêt scientifique et patrimonial des sites étudiés, ou sans diagnostic si les informations sont suffisantes, des opérations de fouilles, préalables au démarrage des travaux peuvent être mises en œuvre pour la mise à jour et la sauvegarde des vestiges, à la charge du pétitionnaire des travaux. Ce dernier doit par ailleurs s'acquitter d'une redevance pour l'archéologie préventive dont le montant est calculé en fonction de l'emprise du projet.

- Les délais de ces différentes étapes sont précisées dans cet article : "Les prescriptions de l'Etat concernant les diagnostics et les opérations de fouilles d'archéologie préventive sont motivées. Les prescriptions de diagnostic sont délivrées dans un délai de vingt et un jours à compter de la réception du dossier. Ce délai est porté à deux mois lorsque les aménagements, ouvrages ou travaux projetés sont soumis à une étude d'impact en application du code de l'environnement. Les prescriptions de fouilles sont délivrées dans un délai de trois mois à compter de la réception du rapport de diagnostic. En l'absence de prescriptions dans les délais, l'Etat est réputé avoir renoncé à édicter celles-ci." (art.L.522-2).
- En fonction de la sensibilité archéologique d'un site, ou d'un résultat positif du diagnostic, l'archéologie préventive peut également intervenir par l'indication de modification de la consistance d'un projet afin de limiter l'effet de ce dernier sur les éléments du patrimoine archéologique présents sur le terrain : demande de modification de la nature des fondations, des modes de construction ou de démolition, déplacement de la construction, etc.
- En cas de découverte fortuite d'objets ou de vestiges archéologiques lors des travaux, la réglementation prévoit l'arrêt des activités de chantier au droit du site, afin de le préserver en l'attente de décision du service compétent (Service Régional de l'Archéologie), qui prendra toutes les mesures conservatoires nécessaires. Cette procédure constituera une obligation contractuelle précisée aux cahiers des charges des entreprises réalisant les travaux.

Avec l'application de ce dispositif et selon l'intérêt des sites découverts la réalisation des travaux peut ainsi contribuer à développer la connaissance scientifique et historique.

L'enjeu lié au patrimoine archéologique est particulièrement important dans certains secteurs riches en vestiges connus et en périmètre de saisine répertoriés. Toutefois, cet enjeu ne peut être parfaitement défini puisqu'il peut exister des sites archéologiques inconnus à ce jour sur le tracé. De plus, les fuseaux traversent des zones parfois très urbanisées, dont les sols et sous-sols ont déjà été remaniés. Les enjeux archéologiques sur ces zones s'en trouvent amoindris.

Voici comment se répartissent les principaux secteurs de sensibilité sur les différents tronçons au sein du fuseau d'étude :

- le tronçon 0 sur deux secteurs principaux : Boulogne-Billancourt/Issy-les-Moulineaux à l'ouest et le secteur Arcueil/Cachan/Villejuif, mais également sur les communes de Saint-Maur-des-Fossés et Villiers-sur-Marne ;
- le tronçon 1 sur l'essentiel de son linéaire (de Gournay-sur-Marne au Bourget) ;
- le tronçon 2 avec le secteur de Villiers-le-Bâcle, Saint-Aubin, Saclay, Orsay, Palaiseau, Saint-Aubin et Gif-sur-Yvette mais également sur les communes de Guyancourt, Massy et Wissous ;
- le tronçon 3 au niveau de Villejuif, Gentilly, Kremlin-Bicêtre et de Paris 13ème ;
- le tronçon 4 au niveau de Boulogne-Billancourt et de Rueil-Malmaison ;
- le tronçon 5 avec le secteur de Saint-Denis, La Courneuve, Aubervilliers, Le Bourget et plus isolément Tremblay-en-France, Le-Mesnil-Amelot et Gonesse ;
- le tronçon 6 avec le secteur de Saint-Ouen, L'Île-Saint-Denis, Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Courbevoie, Nanterre et Rueil-Malmaison.

2.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques

2.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains

2.6.1.1 Méthodologie

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 rappeler les enjeux de l'état initial de l'occupation du sous-sol, à la fois en termes de répartition spatiale et de profondeur.

D'une manière générale, les enjeux du projet vis-à-vis des ouvrages souterrains concernent essentiellement la phase chantier, puisque c'est lors de cette phase que les interactions sont les plus importantes. Les enjeux sont forts, puisqu'il pourrait résulter des interactions entre la construction du projet et les ouvrages existants des dégradations de ces ouvrages, ou même leur destruction, avec les conséquences que cela comporte en fonction de la nature des ouvrages (explosions, fuites, déstabilisation des sols).

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.

Des études complémentaires seront donc à réaliser afin de définir très localement les enjeux, et les mesures à mettre en place afin de les gérer.

Les éléments fins des réseaux, la desserte locale au niveau des bâtiments, ne sont pas pris en compte dans la présente analyse puisque le niveau de définition actuel du projet ne permet pas une analyse à ce niveau de détail, que l'on peut considérer qu'il y a des réseaux partout en zone urbaine, et que ces éléments sont pour la plupart situés à faible profondeur, dans les 10 premiers mètres.

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 10 m).

En général, on considère que pour un réseau souterrain, le tunnel passera en dessous de ces réseaux. En effet, les 10 premiers mètres sont également occupés par les fondations des bâtiments, les sous-sols (à usage de parking ou autre) et il n'est pas envisageable d'y faire passer un tunnel. A titre d'exemple, la dernière ligne de métro construite, la ligne 14, a été creusée à 40 m de profondeur.

Les éléments pris en compte sont donc les suivants :

- les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, eau chaude/réseau CPCU
- les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées.

2.6.1.2 Etat initial et enjeux régionaux

a) Les canalisations de transport

Pour tous ces réseaux, l'enjeu principal est économique : ils assurent une fonction de transport de produits stratégiques en grande quantité et à un coût maîtrisé.

Les autres enjeux sont liés à la sécurité des ouvrages et à celles des intervenants sur les chantiers de construction. En effet, leur destruction, même partielle, et /ou leur rupture et l'interruption de leur fonctionnement ont des conséquences importantes sur le plan de la sécurité. La rupture d'une conduite de gaz haute pression peut engendrer une explosion importante avec des conséquences graves. La rupture d'une conduite d'eau chaude sous pression (réseau CPCU) a également des conséquences importantes.

Les gestionnaires de ces réseaux ont défini des recommandations à la réalisation d'ouvrages à proximité de ces réseaux. Elles engendrent des contraintes à la réalisation du projet qui devront être intégrées lors des études de définition.

Ces contraintes sont de deux ordres :

- contraintes urbanistiques : la présence de ces canalisations, et les risques qu'elles engendrent, nécessitent une adaptation de l'urbanisation dans un périmètre défini autour des ouvrages. La création d'installations recevant du public (relevant de la législation sur les ERP) est rendue plus difficile à cause des mesures de sécurité que le projet doit intégrer, la mesure de base étant d'éloigner autant que possible ce type d'installation. 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.
- contraintes liées à la prévention des accidents :

  - la procédure DR/DICT définie par le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 doit être respectée à tous les stades du projet : études concernant le sous-sol, travaux de construction et travaux de maintenance. Cette procédure est valable pour tous les réseaux souterrains, quelle que soit leur nature (conduites, réseaux filaires),

  - l'aspect vibrations devra également être pris en compte dans la définition du projet et l'organisation du chantier.

Des contacts sont nécessaires avec les gestionnaires des réseaux concernés le plus tôt possible, en particulier dans la phase de définition du tracé. Il s'agit de pouvoir, dès que possible, intégrer les contraintes liées aux réseaux dans l'élaboration du projet.

b) Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

L'ensemble de la zone de l'enveloppe du fuseau est située dans la zone d'action du Syndicat Intercommunal d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) pour l'assainissement des eaux usées.

Les grands collecteurs se retrouvent à des profondeurs qui dépassent largement les 20 m. Certains collecteurs de Seine-Saint-Denis ont une profondeur locale de 35 m environ.

Les enjeux sont donc relativement importants, surtout pour les réseaux fonctionnant en gravitaire car la rupture de pente peut engendrer la mise en place d'une section fonctionnant en refoulement.

Pour les sections fonctionnant sous pression (refoulement), le déplacement est plus facile.

Ces opérations ont une incidence technique et financière pour la réalisation du projet.

c) Les tunnels

La plupart des tunnels existants ont une profondeur maximale du radier inférieure à 15 m, mais certains d'entre eux sont nettement plus profonds et atteignent 70 à 90 mètres.

Ces ouvrages constituent des contraintes fortes à la réalisation d'un nouveau tunnel car ils ne sont pas déplaçables et présentent un environnement immédiat où la réalisation d'ouvrages est difficile.

En ce qui concerne les tunnels routiers, le fuseau croise occasionnellement seulement des tunnels existants pouvant interférer avec le projet.

Le tronçon Versailles Chantiers / Nanterre, qui est prévu ultérieurement, et ne fait pas l'objet d'une étude d'impact locale, est cependant concerné par les interactions avec les tunnels souterrains. Pour information donc, le tunnel en Duplex de l'A86 entre en interaction avec le projet entre Viroflay et Rueil Malmaison. Ce tunnel, géré par Cofiroute, a une profondeur maximale de 90 mètres, et son tracé ne suit pas exactement celui du projet du Grand Paris. En revanche, les deux se croisent dans la Forêt des Fausses Reposes, entre Versailles, Viroflay, Ville d'Avray, Marnes-la-Coquette. Au niveau de Vaucresson, le tunnel de l'A86 interfère un peu avec le fuseau, puis le recroise à Rueil-Malmaison. Le tunnel sera donc à prendre en compte dans la mise en œuvre du projet.

2.6.1.3 Etat initial et enjeux au niveau des tronçons

a) Tronçon 0 : Pont de Sèvres – Noisy-Champs

Les canalisations de transport

Le Tronçon 0, prévu en totalité en souterrain, est concerné par l'ensemble des types de canalisations recensées dans le fuseau. Les gares, les émergences et l'infrastructure elle-même, seront situés dans des niveaux de profondeur accueillant des canalisations et ouvrages enterrés.

En effet, le Tronçon 0 est concerné par ces canalisations de transport de gaz au niveau de Boulogne-Billancourt, de Villejuif, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Noisy-le-Grand, par une seule canalisation TRAPIL, au niveau de Vitry-sur-Seine, et par des canalisations de chauffage urbain vers Boulogne-Billancourt, et vers Vitry-sur-Seine.

Les canalisations de transport de gaz concernent les secteurs d'implantation des gares de Pont de Sèvres et le Vert de Maisons, et une canalisation de transport de chauffage urbain concerne celui de la gare des Ardoines.

Une attention particulière sera donc à porter à ces gares.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Le Tronçon 0 est concerné dans sa quasi intégralité par ces réseaux et ouvrages du SIAAP.

Les puits peuvent avoir une profondeur allant jusqu'à 30 mètres. Ces ouvrages peuvent donc contraindre le projet, qui peut potentiellement avoir un impact sur eux.

Une connaissance plus fine des ouvrages sera nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

b) Tronçon 1 : Le Bourget RER – Noisy-Champs

Les canalisations de transport

Le Tronçon 1 est concerné par les canalisations de transport de gaz tout au long du fuseau. Une attention particulière sera donc à porter sur tous les ouvrages en surface, tout le long de tracé de référence.

En revanche, le Tronçon 1 n'est concerné a priori ni par les canalisations de transport de pétrole, ni par celle de CPCU. Une connaissance plus fine localement et des études complémentaires seront cependant nécessaires pour la réalisation des ouvrages en surface.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Les grands collecteurs et réseaux d'assainissement du SIAAP ne concernent pas a priori le Tronçon 1. Cependant, une connaissance plus fine localement, et des études complémentaires seront nécessaires pour la réalisation des ouvrages en surface.

c) Tronçon 2 : Orly – Versailles-Chantiers

Les canalisations de transport

Le Tronçon 2 est concerné par les canalisations de gaz au niveau de Massy, Palaiseau, Saint-Quentin-en Yvelines, Guyancourt et Versailles, et par les canalisations de pétrole dans son secteur sud, à Orly, où passent des canalisations TRAPIL et SMCA.

Pour la partie aérienne du réseau, qui va de Saclay jusqu'à Guyancourt environ, les fondations du réseau devront prendre en compte la localisation des canalisations que le réseau croise perpendiculairement au niveau de Palaiseau et Guyancourt, comme indiqué dans l'état initial de l'étude d'impact.

Les canalisations de chauffage urbain de la compagnie parisienne ne concernent pas a priori le Tronçon 2. Cependant, une connaissance plus fine localement, et des études complémentaires seront nécessaires pour la réalisation des ouvrages en surface.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Les grands collecteurs et réseaux d'assainissement du SIAAP ne concernent pas a priori le Tronçon 2. Cependant, une connaissance plus fine localement, et des études complémentaires seront nécessaires pour la réalisation des ouvrages en surface.

d) Tronçon 3 : Olympiades – Orly

Les canalisations de transport

Le Tronçon 3 est surtout concerné par les canalisations de gaz au niveau de Chevilly-Larue et Thiais, et par les canalisations de pétrole dans son secteur sud, à Orly, où passent des canalisations TRAPIL et SMCA.

Compte tenu de la faible profondeur des canalisations de gaz et de pétrole, l'impact du projet sur ces canalisations concerne essentiellement les émergences, ou les gares, qui remontent en surface, mais ne concerne pas le réseau souterrain à proprement parler.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Le Tronçon 3 est concerné par les collecteurs ou réseaux d'assainissement à Thiais, Villejuif, L'Hays-les-Roses, Cachan, Arcueil, Gentilly et au Kremlin-Bicêtre.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

e) Tronçon 4 : Pont de Sèvres – Nanterre-La Boule

Les canalisations de transport

Le Tronçon 4 est surtout concerné par les canalisations de transport de gaz au niveau de Suresnes. Les canalisations de transport de pétrole et de CPCU ne concernent pas le Tronçon 4.

Compte tenu de la faible profondeur des canalisations de gaz et de pétrole, l'impact du projet sur ces canalisations concerne essentiellement les émergences, ou les gares, qui remontent en surface, mais ne concerne pas le réseau souterrain à proprement parler.

Une connaissance plus fine des ouvrages est toutefois nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Le Tronçon 4 est concerné dans sa quasi intégralité par les réseaux et ouvrages du SIAAP. Il s'agit notamment des réseaux convergeant vers Achères.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

f) Tronçon 5 : Les Grésillons – Le Mesnil-Amelot

Les canalisations de transport

Le Tronçon 5 est surtout concerné par les canalisations de transport de gaz au niveau de Saint-Denis/Pleyel, Le Bourget, et Villepinte, par une canalisation TRAPIL au niveau de Saint-Denis, et par des canalisations alimentant notamment l'aéroport de Roissy, au nord du tronçon.

Les canalisations de chauffage urbain de la compagnie parisienne ne concernent que très peu le Tronçon 5, seulement vers Saint-Denis.

Cependant, la particularité de ce Tronçon 5 est d'avoir une partie de l'ouvrage en aérien, du projet de Gare de Triangle de Gonesse à la commune de Tremblay-en-France, avant l'aéroport de Roissy Charles De Gaulle.

Les canalisations concernent donc surtout le tracé de référence et les ouvrages en surface dans la section en aérien.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire pour déterminer l'intégralité des réseaux recoupant le tracé de référence, et leurs impacts potentiels avec le projet au sens large.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Le Tronçon 5 est concerné par les grands collecteurs et réseaux d'assainissement du SIAAP essentiellement entre Saint-Denis et Bonneuil-en-France/Villepinte.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

g) Tronçon 6 : Nanterre-La Boule – Les Grésillons

Les canalisations de transport

Le Tronçon 6 est surtout concerné par les canalisations de transport de gaz au niveau de Saint-Denis/Pleyel, Saint-Ouen, Clichy et Courbevoie, par une canalisation TRAPIL au niveau de Saint-Denis, Saint-Ouen et Clichy.

Les canalisations de chauffage urbain de la compagnie parisienne ne concernent que très peu le Tronçon 6, seulement vers Saint-Denis.

Compte tenu de la faible profondeur des canalisations, l'impact du projet sur ces canalisations concerne essentiellement les émergences, ou les gares, qui remontent en surface, mais ne concerne pas le réseau souterrain à proprement parler.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

Le Tronçon 6 est concerné dans sa quasi intégralité par de grands collecteurs et les réseaux d'assainissement du SIAAP, qui convergent jusqu'à Achères.

Une connaissance plus fine des ouvrages est nécessaire, tout au long du tracé de référence, et au droit du positionnement de principe des gares et émergences.

h) Conclusion

Le projet aura en certains points une interaction avec les réseaux et ouvrages souterrains existants. Néanmoins, et compte tenu de la faible profondeur de la majorité de ces ouvrages, les contraintes concernent essentiellement la phase chantier, les tracés en aérien, et les éléments de surface : émergences, gares…

Le réseau enterré ne devrait pas être concerné par ces ouvrages, hors points spécifiés.

Des études complémentaires seront nécessaires afin d'affiner la connaissance des ouvrages enterrés, notamment au droit des gares de surface, gares souterraines, jonction entre les deux, et émergences.

L'évaluation des incidences du projet sur les réseaux et ouvrages enterrés est précisée dans le chapitre prévu à cet effet.

2.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, les postes électriques, les stations de pompages, 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 des caractéristiques géotechniques du sol sur lequel ils sont implantés.

Le réseau et les ouvrages liés au projet Grand Paris Express, 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 type 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 est donc nécessaire pour évaluer les impacts du projet sur le bâti, et a fortiori les contraintes que le bâti existant impose au projet.

Les impacts ou interactions possibles sont de différentes natures :

- Impacts par vibrations émises par le déplacement des trains sur des sites sensibles, identifiés dans la carte V.6.2

- 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.

Parmi les différentes catégories d'incidences, il convient donc de distinguer les incidences liées à la réalisation du réseau de transport et celles liées à sa phase d'exploitation. La construction des gares, des émergences techniques et des zones en viaduc supposera une modification pérenne du tissu bâti préexistant, une fois l'infrastructure en place.

De même, les éventuelles reprises des fondations de bâtiments préexistants peuvent impliquer des contraintes particulières lors de la phase chantier, et supposent une fois l'infrastructure réalisée, une évolution pérenne de la structure bâtie.

Concernant la phase d'exploitation, l'impact des vibrations qui seront émises lors du fonctionnement du réseau est abordé de façon spécifique dans le chapitre « 3.10.2 Volet vibration » ainsi que dans le chapitre « Bruit et vibrations » de chacune des études d'impact spécifiques aux tronçons.

2.6.2.1 Méthodologie

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.

Les enjeux liés à l'occupation du sous-sol liée au bâti sont exposés à deux niveaux : au niveau du fuseau et par tronçons.

Des études complémentaires seront nécessaires afin d'obtenir une connaissance précise et exhaustive de la nature et les caractéristiques des fondations et niveaux de sous-sols de tous les bâtiments présents au droit du tracé de référence, des émergences, des gares souterraines et des gares de surface.

2.6.2.2 Etat initial et enjeux régionaux

La typologie du bâti vient compléter les données sur l'occupation des sols.

L'état initial a permis de confirmer que la majorité du réseau se situe en zone densément urbanisée, ce qui signifie des contraintes fortes en matière d'insertion des éléments émergeant en surface.

Les seuls espaces moins, ou pas bâtis en surface du réseau, en raison de présence de bois, forêts ou plateaux agricoles, sont :

- la partie nord du réseau, vers le triangle de Gonesse,

- la partie ouest-sud-ouest du réseau, de Rueil-Malmaison jusqu'à Orly, en passant par Versailles et le plateau de Saclay.

Le second constat attire l'attention sur le fait que la majorité du fuseau d'étude englobe un bâti en surface de type grands bâtiments, c'est-à-dire présentant au moins un niveau de sous-sols, et parfois plus, pour au moins 4 ou 5 niveaux hors-sol. Cela signifie qu'on peut s'attendre, dans le cas de fondations non profondes, à des fondations à au moins 3 mètres de profondeur, voire plus dans certains cas spécifiques.

2.6.2.3 Etat initial et enjeux au niveau des tronçons

a) Tronçon 0 : Pont de Sèvres – Noisy-Champs

Le Tronçon 0 présente tous les types de bâtiments, mais des zones se dégagent offrant des dominantes de bâti.

Ainsi, à l'ouest du Tronçon alternent des zones à dominante de bâti de grande, moyenne, et faible hauteur, entre Pont de Sèvres et Villejuif. Les bords du périphérique, des axes routiers et des voies ferrées sont principalement occupés par des bâtiments de grande hauteur, notamment de type tertiaire. Compte tenu de la pression foncière notamment, la possibilité que ces bâtiments disposent d'un ou plusieurs niveaux de sous-sols est grande.

A Villejuif, l'emprise foncière qu'occupe l'Institut Gustave Roussy (IGR) est très importante, et son niveau de sensibilité élevé. Les niveaux de sous-sols sont importants. Le projet doit donc tenir particulièrement compte de ce site, pour l'ouvrage souterrain mais également pour les émergences ou gares éventuelles.

Voisine de l'IGR, la redoute des Hautes-Bruyères constitue également un site sensible.

L'ensemble du Tronçon 0 dispose d'éléments remarquables de types postes électriques, réserves d'eau, centrales électriques, centrale thermique (en limite de fuseau à Vitry-sur-Seine),…

b) Tronçon 1 : Le Bourget RER – Noisy-Champs

Le Tronçon 1 présente deux zones distinctes. La première est plus marquée par la présence de grands espaces verts et bâtiments de faible ou moyenne hauteur de Noisy- le-Grand à Montfermeil, tandis que la seconde, de Montfermeil au Bourget offre un bâti de grande hauteur, ou de type industriel.

L'aéroport du Bourget marque particulièrement ce tronçon. Le parc d'activités Garonor, et les usines du Centre Commercial Paris Nord 2 marquent également ce tronçon nord.

C'est donc surtout sur la deuxième partie nord du tronçon, en raison de bâtiments de type grands ensembles, et avec l'aéroport du Bourget, que le projet aura a priori des interactions avec le bâti existant, et les niveaux de sous-sols ou de sensibilité potentiels, ou des sites sensibles.

c) Tronçon 2 : Orly – Versailles-Chantiers

Le Tronçon 2 est marqué par la présence de l'aéroport d'Orly, puis par de grands espaces verts (Forêt Domaniale de Versailles), plateaux agricoles (Saclay), et de grands sites de type industriels, comme le Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, ou militaires comme le Camp de Satory.

En-dehors des espaces verts, ces sites sont très sensibles, et le projet aura des impacts potentiels assez élevés. Ils requièrent une attention particulière.

Une partie du tronçon, entre Palaiseau et Guyancourt, sera a priori en passage aérien. Les impacts de cette section concernent donc essentiellement les emprises de bâti existant.

Il y a peu de grands bâtiments sur le tronçon, plutôt marqué pour le reste du bâti par des zones mixtes ou des zones pavillonnaires.

d) Tronçon 3 : Olympiades – Orly

Comme le Tronçon 2, le Tronçon 3 est marqué au sud par l'aéroport d'Orly.

Le reste du tronçon est caractérisé par des bâtiments de grande hauteur, le tronçon passant en milieu très urbanisé dont la densité augmente du Sud au Nord. Des hôpitaux accentuent la sensibilité de ce tronçon.

e) Tronçon 4 : Pont de Sèvres – Les Grésillons

Le Tronçon 4 est particulièrement marqué par la présence du quartier d'affaire de la Défense. Les ouvrages souterrains y sont importants, et notamment le centre commercial des Quatre Temps dispose de quatre niveaux de sous-sols. Le sous sol du quartier de la Défense accueille également des volumes importants dédiés aux infrastructures de transport routier (tunnel de l'autoroute A1, boulevard circulaire…) et de transport en commun (réseaux RER, Transilien, Métro et Tramway).

D'une manière générale, le Tronçon 4 est caractérisé par des bâtiments de grande hauteur.

L'impact sur le bâti de ce tronçon peut donc être relativement important. Lors de la définition plus précise du projet, et des études à mener, il sera à considérer avec une grande attention.

f) Tronçon 5 : Les Grésillons – Le Mesnil-Amelot

Le Tronçon 5 est relativement mixte dans la typologie du bâti, qui y est représentée dans son intégralité. Les bâtiments de grande hauteur le caractérisent, ainsi que les sites industriels ou d'entrepôts (Centre Paris Nord 2, Villepinte), et deux aéroports (Le Bourget, et Roissy – Charles de Gaulle).

De grands espaces verts agricoles sont également présents au nord du tronçon.

Une partie de l'ouvrage sera aérienne entre Tremblay-en-France et Gonesse : les interactions entre les éléments superficiels et les fondations de l'ouvrage seront donc particulièrement sensibles dans les zones construites. En effet, les impacts de cette section concernent essentiellement les emprises de bâti existant.

g) Ligne Verte 2025 : Versailles-Chantiers – Nanterre-La Boule

Ce tronçon est marqué principalement par la présence d'espaces bâtis ou sensibles (à Versailles puis à Rueil-Malmaison), ou par la présence de grands espaces verts (Forêt Domaniale de Fausses Reposes, Forêt Domaniale de la Malmaison).

L'impact du projet sur ce tronçon sera donc faible dans les espaces verts, et nécessitera une attention particulière dans les zones où les hautes constructions dominent.

2.6.2.4 Conclusion

Le projet aura en certains points une interaction avec le bâti et les niveaux de sous-sols existants.

Il s'agira pour l'essentiel des emprises accueillant les émergences du réseau de transport, composées des gares, des émergences techniques, des zones de transition entre aérien et souterrain, et des zones de viaduc.

Le choix d'une insertion majoritairement souterraine du projet permet de limiter ses incidences sur le bâti en surface.

Néanmoins, lors des phases ultérieures de définition du projet et en amont du lancement du chantier, des études complémentaires et exhaustives seront nécessaires afin d'affiner la connaissance des types et modes de fondations, notamment au droit du tracé souterrain, des gares de surface, gares souterraines, jonction entre les deux, et émergences.

Une cartographie très précise des bâtiments à sacrifier dans l'emprise des constructions de surface sera à établir.

Néanmoins, et compte tenu de la profondeur du tunnel lorsque le tracé de référence est souterrain, les contraintes sur les fondations ou les niveaux de sous-sols ne devraient globalement pas être fortes concernant la construction du projet en phase chantier, à condition d'avoir une connaissance exhaustive des éléments en sous-sol.

Les contraintes de la construction du projet sur le bâti, les fondations et les niveaux de sous-sols concernent essentiellement la phase chantier, les tracés en aérien, et les éléments de surface : émergences, gares souterraines et gares de surface, les impacts liés à la phase d'exploitation et dus essentiellement aux vibrations sont décrits dans la partie prévu à cette étude.

L'évaluation des incidences du projet sur le bâti, les fondations et les niveaux de sous-sols est précisée dans le chapitre prévu à cet effet.

2.6.3 Risques naturels et technologiques

2.6.3.1 Risques géologiques

Sur l'ensemble de la zone d'étude, différents risques géologiques ont été identifiés comme pouvant présenter des contraintes à la réalisation du projet ; nous rencontrons, du risque majeur au plus limité :

- la présence d'anciennes exploitations souterraines : les carrières souterraines creusées dans des gisements de calcaire et de gypse, bien qu'elles ne soient plus exploitées, présentent un risque élevé. Ce type d'exploitation a laissé des vides très importants dans

le sous-sol. Toutes les activités sollicitant la structure de la roche sont susceptibles de provoquer des affaissements et/ou effondrements ayant des répercussions considérables en surface. Ce risque est majoré par le fait que la cartographie de ces carrières n'est pas exhaustive. Dans le cadre du projet, ces galeries souterraines sont donc à l'origine de contraintes géotechniques fortes (traversées de galeries, connues ou non, effondrements/affaissements engendrées par les vibrations dues aux travaux) ;

- la présence de cavités créées par la dissolution du gypse : lors des travaux du tunnel, des voies d'infiltration d'eau peuvent être générées et ainsi engendrer la dissolution du gypse et la création de vides. Ce phénomène peut engendrer des tassements différentiels causant des dommages aux ouvrages en place (en surface et souterrains) ;
- le phénomène de retrait-gonflement des argiles, lié aux variations en eau contenue dans les sols ;
- les glissements de terrain.

Le tableau suivant permet de synthétiser pour chaque tronçon les risques géologiques auxquels il est confronté et avec quel degré. L'évaluation est faite au niveau des communes concernées par le risque ainsi qu'au niveau global du tronçon.

Pas de risque ou risque négligeable	*Risque faible*	*Risque moyen*	*Risque fort*

Tableau 2.6-1 : Communes et tronçons concernés par les risques géologiques.

	Gypse	*Carrières*	*Glissements de terrains*	*Argiles*
Tronçon 0 Ouest		Issy-les-Moulineaux, Clamart, Malakoff, Chatillon, Montrouge, Bagneux, Arcueil, Cachan, Meudon	Issy-les-Moulineaux, Villejuif	Arcueil, Cachan, Bagneux, Chatillon, (Issy-les-Moulineaux, Meudon, Sèvres, Saint-Cloud)
Global tronçon 0 Ouest				
Tronçon 0 Est	Pas de Gypse sur ce secteur	Villejuif, Vitry-sur-Seine, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Champigny-sur-Marne	Vitry-sur-Seine	Noisy-le-Grand, Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Vitry-sur-Seine
Global tronçon 0 Est				
Tronçon 1	Sevran, Aulnay-sous-Bois, Villepinte, Le-Blanc-Mesnil	Carrières de gypse	Chelles, Montfermeil, Aulnay-sous-Bois, Sevran, Villepinte	Champs-sur-Marne, Blanc-Mesnil (Chelles, Montfermeil, Clichy-sous-Bois, Livry-Gargan)
Global tronçon 1				
Tronçon 2				Wissous, Massy, Palaiseau, Orsay, Gif-sur-Yvette, Villiers-le-Bâcle, Châteaufort, Magny-les-Hameaux, Guyancourt, Versailles
Global tronçon 2				
Tronçon 3		Paris, Le Kremlin-Bicêtre		(Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Paray-Vieille-Poste)
Global tronçon 3				
Tronçon 4		Suresnes	Saint-Cloud, Suresnes	(Saint-Cloud, Suresnes, Rueil-Malmaison, Nanterre)
Global tronçon 4				
Tronçon 5	La Courneuve, Saint-Ouen	Gonesse	Le Bourget	(Gonesse, Villepinte)
Global tronçon 5				
Tronçon 6		Nanterre	Nanterre	La Courneuve, Aubervilliers, Saint-Denis, Saint-Ouen
Global tronçon 6				

Cette liste de communes n'est pas exhaustive mais recense les communes les plus vulnérables.

2.6.4 Risques d'inondation

Les zones inondables ont été définies par les zones inondées en 1910, crue de référence dans la région choisie pour son importance et le niveau de connaissance du phénomène. La carte II.6-3-2 identifie les interceptions du fuseau avec des zones inondables (Plus Hautes Eaux Connues).

Ce risque est localisé sur plusieurs tronçons, pour les cours d'eau de la Seine, la Marne ou plus ponctuellement de la Bièvre.

Tronçon 0 :

à l'Ouest du tracé, le long de la Seine, sur les communes de Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux et le Nord de Meudon ;

le long de la Marne, dans le secteur d'Alfortville, ainsi qu'au niveau des boucles de la Marne dans le secteur de Saint-Maur-des-Fossés ;

Tronçon 1 : les aléas sont présents au niveau du secteur de Chelles, au Sud du tronçon ;

Tronçon 2 : très ponctuellement, au niveau de la Bièvre à Guyancourt et de la Mérantaise sur les communes de Châteaufort et Magny-les-Hameaux.

Tronçon 4 : aléas en bord de Seine, sur les communes de Boulogne-Billancourt et Saint-Cloud;

Tronçons 5 et 6 : aléas sur les communes de Puteaux, Courbevoie, Neuilly-sur-Seine ; ainsi qu'à la jonction des deux tronçons, dans le secteur d'Asnières-sur-Seine et de Saint-Ouen ;

Ce phénomène n'interfère pas avec les zones aériennes, hormis sur le tronçon 2.

Dans le secteur du fuseau, plusieurs Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) ont été élaboré et sont approuvés à ce jour.

2.6.5 Risques technologiques

2.6.5.1 Installation classées soumises à autorisation

Les ICPE soumises à autorisation sont particulièrement denses dans les tronçons Nord.

2.6.5.2 Installations SEVESO

La carte P2-G-II-6 synthétise les zones où le risques technologiques est effectif de part la présence de sites SEVESO.

Dans le fuseau élargi à 3km, on recense 9 sites SEVESO Seuil Hauts et 15 Seuils Bas. Les sites situés dans le fuseau de 500 mètres sont au nombre de 8, dont 2 SEVESO Seuil Hauts.

Plusieurs secteurs sont concernés par la présence d'installations SEVESO dans le fuseau d'étude :

Sur le tronçon 0 : 3 établissements SEVESO sont situés dans le secteur des Ardoines, à Vitry-sur-Seine, il s'agit de l'établissement DELEK France (dépôt pétrolier), SANOFI Chimie (Industrie pharmaceutique) et EDF;

Sur le tronçon 2, l'établissement GALION d'activité traitement de surface, est situé sur la commune d'Antony ;

Sur le tronçon 3, le site de SMCA, dépôts de pétrole, se situe sur la commune de Paray-Vieille-Poste ;

A proximité du tronçon 6, on trouve le CCMP à Nanterre, en bord de Seine ;

Sur le tronçon 5, on retrouve deux sites SEVESO, l'un à La Courneuve (Primagaz), l'autre à Villepinte (NORD STOCK CHEM), qui sont deux sites entreposant des produits dangereux ou inflammables.

2.6.5.3 PPRT

Sur les installations classées SEVESO situées dans un périmètre de 3 km autour du fuseau, 8 au total possèdent un plans de prévention des risques technologiques (PPRT).

Tableau 2.6-2 : Etablissements SEVESO disposant d'un PPRT.

Dépt	*Communes*	*Nom du site*	*Interception avec le fuseau de 500 m*
77	MITRY-MORY	CCMP-GAZECHIM	NON
91	ATHIS-MONS	91_SMCA	NON
92	CARRIERES-SUR-SEINE	92_CCMP	OUI
92	NANTERRE	SDPN	NON
92	GENNEVILLIERS	SOGEPP-TRAPIL	NON
92	GENNEVILLIERS	92_TOTAL	NON
94	VITRY-SUR-SEINE	94_BP (DELEK)	OUI
95	CHENNEVIERES-LES-LOUVRES	95_SMCA	NON

Deux établissements ont leur périmètre de PPRT interférant avec le fuseau :

- L'établissement DELEK sur le tronçon 0, à Vitry-sur-Seine ;
- L'établissement CCMP sur le tronçon 6, à Nanterre.

2.7 Démographie, population, emploi, occupation des sols

2.7.1 Population et emploi

L'Ile-de-France est la région de France la plus peuplée avec 11 798 000 habitants au 1er janvier 2010 (estimation INSEE) : environ un français sur cinq habite en Ile-de-France.

Le taux positif de croissance de la Région, en moyenne annuelle sur la période 1999-2008, s'explique uniquement par son solde naturel positif. Avec un taux de fécondité plus élevé que la moyenne française, la croissance de population en Ile-de-France est ainsi positive (+0.9%/an) sur cette période et, ce, malgré un solde migratoire global négatif. A noter, toutefois, que le solde migratoire des 18-29 ans est positif, ce qui explique en grande partie que la population francilienne soit plus jeune que la moyenne nationale.

D'un point de vue socio-économique, les revenus sont globalement élevés, la part des cadres est importante et le taux de chômage en Ile-de-France est inférieur à la moyenne française. Cependant, on observe d'importantes disparités territoires, tant pour les revenus que les catégories socioprofessionnelles.

Cependant, si l'Ile-de-France est l'une des régions françaises les plus peuplées et les plus riches, il n'en demeure pas moins que c'est également une région où d'importantes inégalités sociales et territoriales s'observent, avec près d'un million de personnes vivant en-dessous du seuil de pauvreté[2]. Favoriser l'égalité sociale et territoriale et améliorer la cohésion sociale est donc l'un des enjeux majeurs de la Région, enjeu inscrit, d'ailleurs, dans le projet de SDRIF.

Les Franciliens sont encore loin d'être égaux face aux conditions d'accès à la mobilité. *« Ainsi, des territoires denses ou à fort potentiel de développement urbain ne bénéficient pas encore d'une desserte suffisante : c'est en particulier le cas de certains secteurs de petite couronne. Pour les territoires moins denses, la question de la lisibilité des services est essentielle, notamment en dehors des périodes de pointe afin de maintenir une bonne attractivité des services »*[3]. Quant aux quartiers très sensibles, leur localisation à l'écart des réseaux de transports collectifs lourds accroît leur enclavement. L'amélioration de la desserte des transports en commun dans les territoires périurbains, l'accessibilité permettrait donc, par exemple, d'apporter une réponse à cette demande croissante de mobilité.

2.7.2 Occupation du sol

La région Ile-de-France est une métropole très compacte puisqu'elle comprend près d'un cinquième de la population française sur seulement 2% de la surface du territoire national. Elle se caractérise également par de nombreux espaces naturels, agricoles et forestiers qui recouvrent près de 80% de sa superficie et qui constituent une plus-value majeure pour la région, tant au niveau social qu'environnemental.

Depuis, notamment, la mise en œuvre du RER, le maillage progressif du réseau routier et la création des Villes Nouvelles, l'urbanisation nouvelle tend à être de plus en plus diffuse et ce phénomène d'étalement urbain conduit à une consommation croissante des espaces ouverts. C'est pourquoi la préservation des espaces vierges et le renouvellement de la ville sur elle-même constituent une priorité majeure pour l'urbanisation future en Ile-de-France.

[2] *Projet de Schéma Directeur de la Région Ile-de-France adopté par délibération du Conseil régional le 25/09/2008, Conseil régional d'Ile-de-France*
[3] *Projet de Plan de Déplacement Urbain de la Région Ile-de-France, STIF, février 2011*

Par ailleurs, le parc bâti francilien se compose :

- d'un parc résidentiel (5.2 millions de logements) majoritairement collectif, ancien, très inerte et ne pouvant répondre à une demande croissante en logements sur toute la région ;
- d'un parc tertiaire constitué majoritairement de bureaux et de commerces et qui bénéficie d'un taux de renouvellement bien supérieur ;
- L'accroissement du parc bâti résidentiel et le renouvellement du parc existant constituent deux ambitieux régionales pour répondre, d'une part, à la crise actuelle du logement et, d'autre part, aux enjeux énergétiques ambitieux auxquels devront répondre les secteurs du résidentiel et du tertiaire.

2.8 Mobilité

D'après l'Enquête globale de transport réalisée en 2001, le nombre de déplacements en Ile de France un jour moyen est de 35 millions environ. La mobilité un jour de semaine est relativement stable depuis 1976 avec 3,5 déplacements par jour et par personne en moyenne. La voiture est le mode le plus utilisé, suivi par la marche, les transports en commun et les deux-roues.

Alors que le nombre de déplacements dont l'origine se situe à Paris diminue, ceux au départ de la Petite et de la Grande couronne augmentent depuis le milieu des années 1970. Les déplacements de la périphérie à la périphérie sont majoritaires avec 24,5 millions de déplacements. Les déplacements en rocade comptent pour 30% des déplacements totaux.

L'offre en transports en commun est principalement radiale vers Paris. Le réseau est fortement congestionné à l'heure de pointe. Le réseau routier est bien maillé et tout autant congestionné. Les grands objectifs pour la mobilité régionale sont entérinés dans le Plan des Déplacements Urbains actualisé en 2011.

2.9 Air, énergie et climat

La qualité de l'air, les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre constituent trois thématiques cruciales en Ile-de-France qui sont partiellement liées au secteur des transports. Elles représentent donc chacune des enjeux importants pour le projet Grand Paris Express. Dans la partie ci-dessous, les enjeux les plus importants vis-à-vis de la situation initiale et des perspectives d'évolutions sont repris sommairement pour chacune de ces trois thématiques.

2.9.1 Air

La qualité de l'air en Ile-de-France est en nette amélioration depuis une vingtaine d'années mais reste globalement insatisfaisante, et ce, malgré un engagement réglementaire et des améliorations technologiques importantes.

Le secteur des transports contribue à une grande partie des émissions de nombreux polluants, notamment les oxydes d'azotes (NO_x) (53% des émissions totales) et les particules fines (PM_{10}) (25% des émissions totales).

D'importantes disparités géographiques peuvent être observées sur le territoire régional avec des concentrations particulièrement importantes dans Paris et sa petite couronne. Les concentrations

des principaux polluants issus du trafic routier sont également particulièrement élevées le long des grands axes routiers où les limites annuelles peuvent être fréquemment dépassées.

De nombreuses améliorations ont été réalisées au cours des dernières années notamment au niveau des émissions routières. Ceci explique les diminutions importantes des concentrations de certains polluants. Ainsi le dioxyde de souffre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO) et d'autres composés organiques tels le benzo(a)pyrène sont en nette recul et ne dépassent plus les valeurs limites, ni en situation de fond, ni à proximité du trafic.

Cependant les concentrations de certains polluants restent problématiques et dépassent fréquemment les valeurs limites. Il s'agit principalement du NO_2, des particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et du benzène dont les concentrations à proximité du trafic dépassent largement les valeurs limites. En fonction des conditions climatiques, les concentrations en ozone (O_3) peuvent également dépasser largement les objectifs de qualité.

2.9.2 Energie

La Région Ile-de-France est le principal consommateur d'énergie en France : 24,6 millions de tonnes équivalents pétrole ont été consommés en 2005. Un francilien consomme cependant en moyenne moins d'énergie que les habitants du reste du pays : 2.14 tep contre 2.56 tep. Cette différence s'explique principalement par un tissu urbain plus dense et une plus grande proportion d'habitat collectif.

Le secteur des transports est un contributeur majeur des consommations énergétiques (44%), devant le résidentiel (29%) et le tertiaire (19%).

L'enjeu principal vis-à-vis des consommations énergétiques est 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[4] dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030.

En Ile-de-France, le transport, le résidentiel et le tertiaire constituent les postes énergétiques majeurs (respectivement 44%, 29% et 19%). Ce sont également des postes pour lesquels les acteurs publics ne sont pas encore parvenus à diminuer significativement les émissions. Ils sont donc au cœur des objectifs actuels de réduction et constituent des enjeux majeurs pour le projet Grand Paris Express.

2.9.3 Climat

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 un Bilan carbone® expérimental réalisé en 2006, l'empreinte carbone de la région s'élève à 38,5 millions de tonnes équivalent carbone par an. De manière similaire à ce qui a été observé pour les consommations énergétiques, les trois postes d'émissions les plus importants sont le secteur des transports, le résidentiel et le tertiaire.

Globalement les émissions directes de gaz à effet de serre n'ont que très peu évolué entre 2000 et 2007. Entre 2005 et 2007 la tendance évolutive semble néanmoins être légèrement à la baisse (les émissions ayant diminué de 6 %). L'évolution des émissions correspondant au périmètre plus global (approche du Bilan Carbone) est pour l'instant difficile à évalué faute de recul (Bilan Carbone régional réalisé une seule fois en 2005-2006).

Les enjeux pour le projet Grand Paris Express sont donc importants, la France s'étant engagée sur la scène internationale et la Région Ile de France ayant entériné des plans d'action ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le Grenelle de l'environnement a notamment rappelé l'objectif de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 en accélérant les progrès d'efficacité énergétique dans le bâtiment, en favorisant les modes de transports peu émetteurs, en favorisant un urbanisme plus efficace et en développant une politique énergétique de réduction des consommations et du contenu carbone de la production. L'Ile de France a également pris des engagements forts contre les changements climatiques notamment grâce à son plan régional pour le climat adopté en juin 2011. Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) en cours d'élaboration, prévoit, quant à lui, une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020.

2.10 Volet bruit et vibrations

2.10.1 Bruit

L'Ile de France est une région particulièrement exposée au bruit. La gêne qui en découle au domicile est rapportée par 71% de la population.

Les sources de cette gêne sont principalement la circulation routière, le voisinage et le trafic aérien, sachant qu'à niveau sonore égal, le bruit généré par les avions est plus gênant que le bruit généré par les routes. Le bruit ferroviaire étant la source de bruit la mieux acceptée *(voir Figure 3.10-1 : % de population très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Source* : commission européenne 2002 « Position paper on relationships between transportation noise and annoyance »)

Une prise de conscience a eu lieu. Un important arsenal législatif est ainsi en application depuis la dernière décennie, grâce notamment à la directive bruit 2002/D9/CE qui impose la cartographie sonore pour les grandes agglomérations et incite à la réduction du bruit. Des plans d'action à différentes échelles (communale, régionale et nationale) et contre différentes sources de bruit ont d'ailleurs été engagés grâce à cette directive.

La plateforme www.bruitparif.fr rassemble l'ensemble des cartes de bruits existantes et des plans de lutte contre le bruit menées à l'heure actuelle en Région Ile de France en fonction des différentes sources de bruit.

Les enjeux relatifs au bruit sont donc les suivants :

- Une trop grande exposition au bruit contribue à une diminution de la qualité de vie. Un des enjeux environnementaux majeurs repris dans le SDRIF porte d'ailleurs sur la qualité du cadre de vie, la santé et le bien-être. Il consiste, entre autres, en la réduction des nuisances sonores infligées aux personnes et à l'environnement, spécialement dans les zones les plus dégradées abritant des populations plus précaires, qui cumulent parfois des difficultés sociales et des conditions de logement insalubres.

- Un quart des Franciliens déclare, en 2007, avoir déjà ressenti les effets des nuisances sonores. Le bruit peut effectivement présenter des dangers, causer un trouble excessif, en particulier la nuit, et nuire à la santé des personnes. L'OMS diffuse d'ailleurs produit les

[4] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB

valeurs guides recommandées selon les lieux considérés pour éviter les effets négatifs du bruit sur la santé.

- La gêne sonore ressentie par les personnes est influencée par des facteurs non-acoustiques comme la localisation du logement par rapport à la source de bruit, les facteurs sociodémographiques, les facteurs d'attitude (habitudes, sensibilité au bruit,…) ou encore les facteurs sociaux comme le style de vie, l'image qu'on a de la source de bruit, les attentes que l'on a face au bruit… Aussi, outre la dimension " bruit " il est important de bien connaître la population existante qui est exposée au bruit.

- Le bruit porte atteinte à l'environnement naturel (interruption de la tranquillité dans des parcs naturels ou zones protégées). En effet il a été démontré que les zones de calmes ont des propriétés curatives, surtout si elles sont associées à une zone d'espace vert.

Conclusion

La réduction du bruit est un enjeu majeur pour la santé, la sécurité et la qualité de vie des franciliens. La préservation des zones calmes est également primordiale pour compenser et minimiser l'impact sonore du métro. Les mesures de réduction mises en œuvre auront d'autant plus d'effet qu'elles s'attaqueront aux sources (et combinaison de sources) d'émissions les plus intenses (la route le plus souvent) là où la densité de l'occupation du sol est la plus élevée.

2.10.2 Vibrations

Les vibrations sont fortement présentes dans une région très urbanisée comme l'Île-de-France. Les vibrations résultent de chocs entre 2 entités, le plus souvent un outil ou un matériel et un autre outil ou matériel ou le sol.

Les sources principales sont la circulation routière et ferroviaire et les chantiers de BTP, surtout ceux qui font intervenir des matériels de type Brise Roche Hydraulique (BRH) ou marteau-piqueur ou des explosifs.

La plupart des vibrations sont imperceptibles et ne causent aucun dégât car il existent des seuils à partir desquels elles deviennent problématiques. Ces seuils varient en fonction des récepteurs de vibrations.

Les cibles principales peuvent être divisées en 2 grandes catégories :

- Le corps humain, avec des effets sur la santé ;

- Les ouvrages en place (bâtiments, réseaux divers), avec des problèmes de stabilité, fissuration, voire effondrement.

La mise en œuvre du Grand Paris Express va nécessiter un chantier de grande ampleur, a priori fortement producteur de vibrations. Son exploitation engendrera la circulation de trains à une vitesse relativement rapide et sera, elle aussi, susceptible de produire de vibrations.

La prise en compte des vibrations est donc un enjeu majeur de la conception du projet car un partie des effets est irréversible. Les atteintes aux ouvrages sont difficilement réparables.

2.11 Volet santé et risques sanitaires

Le projet Grand Paris Express influencera la santé des franciliens de multiples manières généralement en lien direct avec son impact sur la mobilité en Ile-de-France. Ainsi, le report modal de la route vers les transports en commun qu'il induira aura des impacts sur la qualité de l'air, les accidents de la route et le bruit. Nous passons donc en revue ci-dessous les principaux enjeux vis-à-vis de la situation initiale de la santé en Ile-de-France

Généralités

La santé en Ile de France est dans l'ensemble satisfaisante. L'espérance de vie des hommes est la plus élevée du pays (78,6 ans), celle des femmes arrive en deuxième position après Rhône Alpes (84,7 ans). Les causes les plus fréquentes de mortalité prématurée sont, chez les femmes, le cancer du sein et chez les hommes, les cancers du poumon puis à parts égales, les accidents de la circulation, les infarctus, les suicides, l'alcoolisme et les cancers des voies aéro-digestives.

Enjeux vis-à-vis de la mobilité

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le nombre d'accidents et de blessés est cependant globalement à la baisse depuis plusieurs années. Le nombre le plus élevé de victimes est celui des usagers des deux roues motorisées, viennent ensuite les véhicules légers puis les piétons et les cyclistes. La répartition du nombre de tués par mode de transport évolue selon l'année mais depuis cinq ans, une diminution marquée du nombre de tués en voiture contraste avec une relative stagnation pour les autres modes, voire une légère augmentation pour les cyclistes. Il y a donc un enjeu relativement important particulièrement par rapport aux modes doux et au deux roues motorisés.

Enjeux vis-à-vis de la qualité de l'air

La qualité de l'air en Ile-de-France est en nette amélioration depuis une vingtaine d'années mais reste globalement insatisfaisante. Les concentrations de certains polluants restent problématiques et dépassent fréquemment les valeurs limites. Il s'agit principalement du NO_2, des particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et du benzène dont les concentrations à proximité du trafic dépassent largement les valeurs limites. En fonction des conditions climatiques, les concentrations en ozone (O_3) peuvent également dépasser largement les objectifs de qualité.

Les problèmes environnementaux spécifiques à la région on une influence sur la santé des franciliens. La pollution atmosphérique a, en effet, une influence sur le développement d'allergies et l'accroissement de leurs symptômes, sur le risque d'infarctus du myocarde, sur les cancers du poumon et des complications de grossesse. L'ozone et les particules fines PM2.5 sont notamment associés à de plus grands risques de morbidité respiratoire et de mortalité alors que les oxydes d'azote et les PM10 sont corrélés aux allergies. En particulier :

- Les particules en suspension ont des effets nuisibles sur la santé aux concentrations relevées en Ile de France. Les cancers du poumon et les maladies cardiovasculaires en sont les principales conséquences.
- L'ozone joue un rôle dans l'apparition de maladies respiratoires et l'asthme.
- Le dioxyde d'azote a un effet sur les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique et sur la fonction pulmonaire
- Le dioxyde de souffre enflamme le système respiratoire, provoque des bronchites et de l'asthme.

Le projet de métro aura un impact marqué sur le trafic routier responsable d'une importante part des émissions de nombreux polluants, notamment les particules fines et le dioxyde d'azote. Il y a donc un enjeu fort par rapport aux pollutions atmosphériques et à leurs impacts sur la santé des franciliens. Les usagers du métro seront également exposés à des concentrations de polluants

spécifiques à l'intérieur des espaces confinés du métro.

Enjeux vis-à-vis du bruit

Les effets du bruit sur la santé peuvent être physiologiques ou psychologiques. Parmi les effets psychologiques on trouve :

- les effets négatifs du bruit sur les capacités d'apprentissage et la mémoire des enfants ;
- les troubles du sommeil qui peuvent avoir un impact significatif sur la qualité de vie et la santé de ceux qui en souffrent
- les gênes du bruit ambiant. A ce sujet, 71% des Franciliens se déclarent gênés par le bruit à leur domicile, il y a donc un enjeu fort.

Les effets physiologiques principaux sont moins connus et concernent principalement les acouphènes et les maladies cardio-vasculaires.

A nouveau, une part importante des nuisances sonores en Ile-de-France provient du trafic routier particulièrement dense. En influant sur la quantité de trafic ; le métro pourrait avoir un impact sur les nuisances sonores et ainsi présenter un enjeu vis-à-vis de la santé des franciliens.

3 Définition et analyse des incidences

3.1 L'environnement physique

3.1.1 Climatologie

Préambule important :

Seuls seront pris en compte ici les éléments relatifs aux données météorologiques. Les aspects liés au changement climatique, aux gaz à effets de serre et aux thématiques liées sont pris en compte dans les chapitres Air, énergie, climat (III.9) et Volet santé (III.11).

3.1.1.1 Définition des impacts

Les impacts se définissent par rapport aux grandeurs mesurées par les stations météorologiques :

- hauteur de précipitation en mm,
- température en °C,
- orientation et vitesse des vents.

Dans le cas présent, l'impact consiste en une variation, à la hausse ou à la baisse de ces valeurs.

3.1.1.2 Impacts bruts du projet

Le projet n'a pas d'incidence directe, permanente ou non, 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.

Les parties prévues en aérien, dans le secteur de Gonesse et sur le Plateau de Saclay, sont susceptibles de modifier localement la direction des vents. Le viaduc ne changera pas la forme générale de la rose des vents telle qu'elle figure dans le rapport de phase 1.

Il est susceptible de modifier la circulation de l'air au sol et sur une hauteur dépendant directement de la hauteur du viaduc, dans la zone de perception directe du vent par les personnes. Pour une hauteur totale de viaduc d'une quinzaine de mètres, la hauteur perturbée, en zone de plateau, est d'environ 20 m. L'incidence est en relation étroite avec la hauteur du viaduc. Plus elle est faible, plus l'incidence est forte.

Elles sont également susceptibles de modifier localement la vitesse des vents. En effet, les espaces situés sous le viaduc créent une sorte de maillage dont les effets peuvent être les suivants :

- Ralentissement de la vitesse du vent : l'ouvrage constitue en lui-même un obstacle sur lequel le vent bute. Le changement de direction pour contourner l'obstacle engendre un ralentissement localisé au droit de l'ouvrage.
- Accélération de la vitesse du vent : dans certaines circonstances, un effet venturi peut se mettre en place, et donc accélérer la vitesse du vent sous les arches.

L'étude précise de ces éléments dépend des caractéristiques du viaduc retenues in fine.

3.1.2 Topographie et géomorphologie

3.1.2.1 Définition des impacts

L'impact du projet 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 donc les sections en aérien et les émergences : gares, sites de maintenance, puits.

Pour les **sections en aérien**, les trémies sont les ouvrages qui modifient le plus la topographie. Les ancrages des piles n'engendrent pas de modification significative de la topographie.

Pour les **émergences**, la taille de l'émergence est un critère d'analyse : une gare occupe une surface au sol de plusieurs milliers de m², un site de maintenance quelques ha, alors qu'un puits ne nécessite que quelques dizaines de m².

3.1.2.2 Impacts bruts du projet

Globalement, l'impact direct du projet sur la topographie, l'infrastructure en place et sa construction, est faible car l'essentiel de l'infrastructure est en souterrain et sera construite au tunnelier.

Il peut être fort localement, en particulier au niveau des trémies et des ouvrages de grande taille, qui nécessitent des terrassements importants. Ce constat doit cependant être nuancé par l'occupation du sol actuelle des zones concernées :

- les trémies prévues sont toutes situées en zone agricole ou naturelle et relativement plane, sauf la trémie de Saint-Quentin en Yvelines. Elles modifient significativement la topographie locale.
- les sites de maintenance sont, à l'exception de celui de Gonesse, situés en zone déjà urbanisée et dont la topographie a déjà été modifiée par l'urbanisation. L'impact y est faible car l'ouvrage s'inscrit dans l'urbanisation existante.
- pour le site de maintenance de Gonesse, la faiblesse de l'impact résulte de la topographie actuelle du site envisagé : elle est quasiment plane. Les terrassements d'implantation de l'ouvrage ne conduiront donc pas, au final, à une modification forte de la topographie.

L'impact direct pourra aussi être fort localement temporairement en phase chantier : suivant les méthodes constructives retenues, certaines nécessitent l'évacuation de volume de déblais importants pour construire l'infrastructure et la remise en place par-dessus les ouvrages construits. La technique constructive principalement concernée est la tranchée couverte. Il y a donc un volume significatif à stocker durant les travaux. Ce stockage est susceptible d'engendrer des modifications de relief dont l'ampleur dépend de la zone de stockage.

L'impact indirect du projet est fort. En effet, la construction de l'infrastructure et des tous les ouvrages annexes conduit à produire plus de 20 millions de m^3 de déblais. La gestion de ces déblais fait l'objet d'études particulières. Cependant, l'essentiel de ces déblais, soit servira à combler des carrières en fin d'exploitation, soit servira à créer des remblais, soit sera entreposé dans des installations de stockage de déchets, inertes ou non selon la pollution des sols.

Le fait de combler des cavités (carrières) ou de stocker ces déblais en buttes modifient significativement la topographie des zones concernées. Cet aspect, et tous les autres, est pris en compte dans les études réglementaires liées à ces opérations.

3.1.3 Pédologie

3.1.3.1 Définition des impacts

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. Le processus de pédogenèse n'est pas réversible.

La réalisation du projet engendre la destruction des sols en place aux endroits où le projet interfère avec la surface. Cette artificialisation des sols naturels au droit du projet peut être considérée comme pérenne.Il n'y a donc pas d'alternative : c'est du tout ou rien.

Un sol reconstitué n'a pas les mêmes caractéristiques qu'un sol en place depuis longtemps.

3.1.3.2 Impacts bruts du projet

L'essentiel des sols de la zone concernée par le projet sont des sols urbains modifiés par le processus d'urbanisation : bâtiments, voiries. Les espaces verts recréés ex nihilo présentent des sols jeunes non évolués. L'incidence du projet sur ces sols est faible à nulle.

Le projet concerne des zones agricoles au niveau de Gonesse et du Plateau de Saclay. Dans ces zones, l'interface du projet avec la surface est primordiale dans l'évaluation des impacts. En effet, plus cette interface est étendue, plus la surface de sol consommée est grande et plus l'impact du projet est fort.

Pour l'essentiel, le projet dans ces zones est prévu en viaduc. Les interfaces sont donc les deux trémies (sortie et entrée dans le sol) et les ancrages des piles du viaduc. La plus forte consommation de sol est située au niveau des trémies : la superficie pour chaque trémie est d'environ 3 000 m². Pour chaque pile de viaduc, la surface consommée est d'environ 30 m². Globalement la superficie pour les deux tronçons est d'environ 1 ha.

Les ouvrages annexes contribuent fortement à la consommation des sols :

- Les gares : celles qui sont situées sur le tronçon en viaduc engendrent une consommation de sol au pied du viaduc d'environ 4 000 m² par gare. Globalement la superficie de sol consommée est d'environ 5 ha.

- Les sites de maintenance : un seul est prévu en zone agricole dans le secteur de Gonesse. Ce site a une superficie prévisionnelle de 12 ha.

La réalisation du projet contribue à la disparition d'environ 20 ha de terres agricoles.

3.1.4 Géologie

3.1.4.1 Définition des impacts

Les impacts géologiques potentiels sont principalement d'ordre géotechnique :

- Impacts géotechniques potentiels sur le bâti actuel : tassements dans des remblais sensibles aux variations de niveaux d'eau et dans certaines formations aquifères captives qui subissent une décompression en cas de pompage ;

- risque de dissolution du gypse et impact géotechnique potentiel en cas de pompage dans les eaux souterraines (risque de présence de Gypse dans les formations du Gypse mais aussi dans les Marnes et Caillasses et le Calcaire grossier d'autre part (Gypse anté-Ludien)).

Ces éléments sont détaillés dans la partie consacrée à l'hydrogéologie ci-dessous et dans la partie consacrée aux réseaux et au bâti dans le chapitre sur l'occupation du sous-sol.

3.1.4.2 Impacts bruts du projet

Dans le fuseau, des tassements dans les remblais sensibles aux variations de niveau d'eau peuvent se produire, notamment sur la section Versailles – Nanterre.

Dans le fuseau, des tassements dans les sables de l'Yprésien captifs peuvent se produire, notamment dans le nord de la zone d'étude.

Le risque de dissolution du Gypse en cas de pompage dans les formations du Gypse mais aussi dans les Marnes et Caillasses et le Calcaire grossier (Gypse anté-Ludien)) doit être considéré. L'ouvrage souterrain intercepte ces formations sur une majeure partie du fuseau.

Les potentiels impacts géotechniques présentés ici devront faire l'objet d'études spécifiques détaillées.

3.1.5 Géologie économique : gisements – carrières

3.1.5.1 Définition des impacts

Les gisements de roches intéressant les carriers ont été répertoriés dans le Schéma Départemental des Carrières. Ces gisements sont composés de roches ayant une valeur économique et intervenant dans des processus économiques fondamentaux.

La réalisation du projet engendre la destruction des gisements en place aux endroits où le projet interfère avec la surface. Il n'y a pas d'alternative : c'est du tout ou rien.

Il n'est pas possible de reconstituer un gisement.

3.1.5.2 Impacts bruts du projet

Les gisements concernés concernent les éléments suivants :

- Les sablons sur le plateau de Saclay,

- Les alluvions dans les vallées de la Seine et de la Marne,

- Le calcaire grossier.

Les impacts du projet sont limités par le fait que l'essentiel du projet est en tunnel à une profondeur supérieure à 10 m.

Pour les sablons, principalement au niveau du plateau de Saclay, le passage en viaduc limite la superficie de gisement concerné.

3.1.6 Hydrogéologie

Les impacts sur les eaux souterraines ont été évalués de manière qualitative dans la mesure où les données actuellement disponibles, aussi bien en terme de génie civil que de caractéristiques hydrodynamiques, ne permettent pas de mener une approche quantitative pertinente. L'évaluation de ces impacts a été représentée de manière visuelle grâce à un code couleur qui permet de distinguer les zones sensibles des zones moins sensibles sur la base de 4 critères.

3.1.6.1 Définition des impacts

Les impacts du projet sur les eaux souterraines ont été étudiés selon 4 critères :

Rabattement des nappes d'eau souterraines :

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 réalisées en tranchées ouvertes ou en tranchées couvertes : il sera alors souvent nécessaire de pomper un débit résiduel en phase chantier pour la mise hors d'eau des fouilles. Localement, le fonctionnement des dispositifs de pompage est susceptible de perturber les écoulements des nappes d'eaux souterraines. 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 » (fond injecté ou jupe injectée, création artificielle d'un frein hydraulique en injectant un terrain perméable pour le rendre très peu perméable et ancrer la paroi moulée) permettront de limiter au maximum les débits résiduels.

Dans le fuseau, l'impact en termes de rabattement de nappe a été défini en considérant le « critère aquifère » des nappes souterraines concernées (productivité plus ou moins forte des nappes), en le pondérant avec la hauteur de rabattement nécessaire pour certaines des nappes concernées.

Ainsi, dans le cas où un rabattement de nappe serait nécessaire, lorsque l'ouvrage souterrain intercepte les nappes du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau de l'Oligocène, l'impact a été considéré comme faible (débit résiduel potentiellement faible, zones colorées en vert).

Lorsque l'ouvrage souterrain intercepte les nappes du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp de l'Eocène supérieur, l'impact a été considéré comme modéré (débit résiduel potentiellement modéré, zones colorées en orange).

Pour une hauteur de rabattement n'excédant pas 3 mètres, lorsque l'ouvrage souterrain intercepte les nappes des Marnes et caillasses, du Calcaire grossier et des Sables de l'Yprésien de l'Eocène inférieur, l'impact a été considéré comme modéré (débit résiduel potentiellement modéré, zones colorées en orange). Pour une hauteur de rabattement supérieure à 3 mètres, lorsque l'ouvrage souterrain intercepte les nappes des Marnes et caillasses, du Calcaire grossier et des Sables de l'Yprésien de l'Eocène inférieur, l'impact a été considéré comme important (débit résiduel potentiellement important, zones colorées en rouge).

Dans l'extension du faciès argileux des sables de l'Yprésien, la productivité de la nappe aquifère étant réduite, l'impact en termes de débit résiduel potentiel a été considéré comme modéré (débit résiduel potentiellement modéré, zones colorées en orange). Enfin, lorsque l'ouvrage souterrain intercepte la nappe fissurée et très productive de la Craie du Crétacé, l'impact a été considéré comme très important (débit résiduel potentiellement très important, zones colorées en rouge hachuré).

« Effet Barrage » :

Compte tenu de son diamètre de l'ordre de 10 mètres, l'ouvrage souterrain est susceptible de faire barrage à l'écoulement des nappes d'eau souterraines ; il en résulte un relèvement de la piézométrie en amont de l'ouvrage et un abaissement de la piézométrie en aval.

Cet « effet barrage » a été quantifié en considérant, d'une part, le sens d'écoulement des nappes d'eau souterraines (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).

Le code couleur vert/orange/rouge a été utilisé pour distinguer les zones présentant une sensibilité à l'effet barrage faible/modérée/forte. À l'échelle globale du projet, l'impact en termes d'effet barrage a été évalué en considérant le tunnelier comme règle constructive. Ce schéma général sera ajusté localement dans les études d'impact à l'échelle tronçon pour prendre en compte les sections réalisées en tranchées ouvertes ou couvertes. Sur ces sections, les méthodes constructives induisent un pourcentage d'occultation souvent plus important des nappes d'eau souterraines et donc un effet barrage plus important.

Qualité des eaux souterraines :

En cas de pompage pour rabattre les nappes d'eau souterraines concernées par le projet, 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 dans les nappes d'eau 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 (zones colorées en rouge foncé). 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 possibles des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols. Dans les zones à proximité de sites BASOL, la pollution des eaux souterraines a été qualifiée de « probable » dans la mesure où les sites BASOL présentent une pollution avérée des eaux souterraines et sont en cours de dépollution (zones colorées en rouge pâle). Dans les zones de concentration en sites BASIAS, la pollution des eaux souterraines a été qualifiée de « potentielle » dans la mesure où les sites BASIAS sont des anciens sites industriels dont les sols, et par extension, les eaux, peuvent présenter une pollution résiduelle (zones colorées en orange). Dans les zones sans données publiques disponibles, le risque de pollution des eaux souterraines a été qualifié de « faible » (zones colorées en vert).

Usages des eaux souterraines :

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 premier critère défini pour évaluer le potentiel impact du projet sur l'approvisionnement en eau potable est le critère « distance ». Ainsi, les zones de pompages situés 1,5 km à l'extérieur du fuseau ont été considérés comme des zones sensibles.

Le second critère considéré est la nappe aquifère captée. Si la nappe d'eau souterraine captée pour l'approvisionnement en eau potable est celle potentiellement influencée par le projet (perturbation des écoulements, rabattement), l'impact du projet sur le pompage considéré a été jugé plus sensible que si le projet intercepte une nappe différente. Enfin, le troisième critère est celui de la positon de l'ouvrage souterrain par rapport au pompage considéré et par rapport au sens d'écoulement de la nappe interceptée : une perturbation des écoulements en amont d'un pompage aura un impact potentiel plus important qu'une perturbation en aval de celui-ci.

Il faut souligner que les champs captant de grande ampleur modifient localement de manière très importante l'écoulement général de la nappe captée : les positions amont et aval de l'écoulement général des nappes au droit des champs captant de Croissy-sur-Seine et de Villeneuve-la-Garenne n'ont pas été jugées déterminantes dans l'évaluation de l'impact potentiel du projet sur l'approvisionnement en eau potable ; les écoulements des nappes concernées convergent vers ces champs captant depuis toutes les directions.

Les zones faisant l'objet d'une exploitation importante des eaux souterraines pour d'autres usages ont été considérées dans un deuxième temps.

3.1.6.2 Impacts bruts du projet

Rabattement des nappes d'eau souterraines :

Sur la base du profil en long de l'ouvrage souterrain et du travail de synthèse des données piézométriques disponibles en Ile-de-France, les débit résiduels potentiels en phase chantier ont été caractérisés le long du fuseau et représentés sur la **carte P2.G.III-1-6-1**.

La boutonnière de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux constitue la zone du fuseau où les débits résiduels seront potentiellement les plus importants (très forte productivité de la nappe fissurée de la Craie couplée à la nappe sus-jacente bien productive des alluvions anciennes de la Seine).

La nappe des Marnes et caillasses, du Calcaire grossier et des sables de l'Yprésien est principalement concernée par l'ouvrage souterrain sur le tronçon T0 (Pont de Sèvres – Noisy-Champs), sur le tronçon T4 (Nanterre – Saint-Denis Pleyel), sur la ligne Orange (Saint-Denis Pleyel – Noisy Champs/Champigny-sur-Marne), sur le tronçon T5 (Saint-Denis Pleyel – Le Mesnil Amelot) principalement entre le triangle de Gonesse et Tremblay-en-France, sur le tronçon T1 (Le Bourget RER – Noisy-Champs) principalement sur les communes de Sevran, Clichy-sous-Bois, Montfermeil et Chelles : les débits résiduels seront potentiellement importants.

La nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp est interceptée par l'ouvrage souterrain en alternance avec celle de l'Eocène inférieur plus ou moins captif sur le tronçon T0-EST (Villejuif IGR – Noisy-Champs), sur le tronçon T4 entre Saint-Cloud et Nanterre et sur le tronçon T5 (Saint-Denis Pleyel – Le Mesnil Amelot) : les débits résiduels seront potentiellement modérés.

La nappe du Calcaire de Champigny sera interceptée par l'ouvrage souterrain dans la partie extrême EST du tronçon T0, sur les communes de Bry, Villiers et Champigny : les débits résiduels seront potentiellement modérés.

La nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau sera interceptée par l'ouvrage souterrain sur le tronçon T2 (Orly – Versailles) et sur la ligne verte (Versailles – Nanterre) : les débits résiduels seront potentiellement faibles.

« Effet barrage » :

Sur la base du profil en long de l'ouvrage souterrain et du travail de synthèse des données piézométriques disponibles en Ile-de-France, la sensibilité à l'effet barrage a été caractérisée le long du fuseau et représentée sur la **carte P2.G.III-1-6-2**.

La sensibilité à l'effet barrage est importante :

- Dans la boutonnière de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux ; la nappe très productive de la Craie est fortement sollicitée pour la géothermie et par de nombreux pompages de rabattements de nappe. L'ouvrage souterrain est susceptible de perturber les écoulements en induisant un effet barrage important ;

- Sur la moitié sud de la ligne verte : L'ouvrage souterrain est susceptible d'induire un effet barrage important sur la nappe du Calcaire de Brie et des Sables de Fontainebleau ;

Ponctuellement, sur le tronçon T1, sur la commune de Chelles ; Localement, l'ouvrage intercepte totalement la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;

Ponctuellement, sur le tronçon T5, entre le triangle de Gonesse et Villepinte ; Localement, l'ouvrage intercepte totalement la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

La sensibilité à l'effet barrage est modérée sur la majeure partie du fuseau : l'ouvrage souterrain intercepte souvent la nappe de l'Eocène inférieur (Marnes et caillasses, Calcaire grossier et Sables de l'Yprésien) ; toutefois, l'épaisseur de la nappe pouvant atteindre 100 mètres, le pourcentage d'occultation de la nappe reste bien inférieur à 50 % et la sensibilité à l'effet barrage reste modérée.

La sensibilité à l'effet barrage est faible :

- lorsque l'axe de l'ouvrage souterrain se situe dans le sens des écoulements des nappes d'eau souterraines ; C'est par exemple le cas de la nappe de l'Eocène inférieur sur le tronçon T0, entre Villejuif et le Fort d'Issy ;

- lorsque le pourcentage d'occultation est nul : ouvrage souterrain situé sous le mur d'une formation aquifère ; C'est par exemple le cas sur la portion EST du tronçon T2.

Rappel : À l'échelle globale du projet, la sensibilité à l'effet barrage est caractérisée en considérant le tunnelier comme règle constructive. Dans le détail, certaines sections seront réalisées en tranchée ouverte ou couverte. Localement, ces méthodes constructives induiront un effet barrage potentiellement plus important qu'au tunnelier. Le schéma général décrit ici sera ajusté localement dans les études d'impact à l'échelle tronçon.

Qualité des eaux souterraines :

Les principales zones connues ou présumées de pollution des eaux souterraines sont représentées sur la **carte P2.G.III-1-6-3**. Elles correspondent très majoritairement à des anciennes zones industrielles.

Le long du fuseau, les zones de pollution avérée ou « probable » (zones intégrant des sites BASOL) des eaux souterraines sont principalement la section Asnières – Le Bourget/Bobigny, la section Rueil-Malmaison – Nanterre, la section Châtillon-Montrouge - Boulogne-Billancourt, l'ancienne zone industrielle des Ardoines, la commune de Massy, la commune de Villejuif, la commune de Chelles et la commune de Noisy-le-Grand. D'autres zones de pollution « potentielle » (zones de concentration de sites BASIAS) ne doivent pas être négligées : ce sont principalement la section Nanterre – Asnières, la section Nogent-sur-Marne – Noisy-le-Grand, la section Villejuif – Châtillon-Montrouge. Dans ces zones de pollution avérée, « probable » ou « potentielle », l'impact de la qualité des eaux

souterraines sur le projet est susceptible d'être important en cas de pompage en nappe : réglementation très stricte sur la nécessité de traiter les eaux pompées avant rejet dans le milieu naturel ou dans les réseaux d'assainissement, difficulté d'identification des exutoires pour le rejet des eaux, contraintes liées aux débits maximaux que peuvent accepter les réseaux d'assainissement.

En dehors des zones de pollution avérée, probable ou potentielle, l'absence de données publiques disponibles témoigne généralement d'un historique d'occupation des sols de nature peu polluante : le risque de pollution a été qualifié de « faible » ; Toutefois, il ne faut pas exclure la possibilité d'une pollution locale des eaux souterraines liée à une activité industrielle localisée, par exemple.

Usages des eaux souterraines :

Approvisionnement en eau potable :

Sur la zone d'étude et à proximité directe du fuseau, il existe 3 zones faisant l'objet d'une exploitation des eaux souterraines pour l'approvisionnement en eau potable. Ces zones ont été localisées sur la **carte P2.G.III-1-6-4** :

Le champ captant de Croissy-sur-Seine : la nappe aquifère exploitée est la nappe fissurée très productive de la Craie du Crétacé. Le fuseau intercepte le périmètre de protection éloigné du champ captant (partie nord de la ligne verte). D'autre part, le forage le plus proche est situé à 1 km du fuseau, distance jugée sensible. En outre, l'ouvrage souterrain est susceptible d'intercepter la nappe fissurée très productive de la Craie, nappe captée par le champ captant de Croissy-sur-Seine. Enfin, compte tenu de la très grande perturbation des écoulements induits par le champ captant, il faut considérer que l'ouvrage souterrain est situé à l'amont du champ captant (position défavorable) ;

Le champ captant de Villeneuve la Garenne : la principale nappe aquifère captée est celle de l'Eocène inférieur (Calcaire grossier et Sables de l'Yprésien). Le fuseau intercepte le périmètre de protection éloigné du champ captant (tronçon T5, Les Grésillons – Le Mesnil Amelot). D'autre part, le forage le plus proche est situé à proximité directe du fuseau, distance jugée très sensible. En outre, l'ouvrage souterrain est susceptible d'intercepter la nappe de l'Eocène inférieur, nappe captée par le champ captant de Villeneuve-la-Garenne. Enfin, compte tenu de la très grande perturbation des écoulements induits par le champ captant, il faut considérer que l'ouvrage souterrain est situé à l'amont local du champ captant (position défavorable) ;

La zone située entre les communes du Bourget, de Gonesse et d'Aulnay : il existe trois forages captant la nappe de l'Eocène inférieur et susceptibles d'être influencés par le projet ; il s'agit du forage d'Aulnay et des deux forages du Blanc-Mesnil (Blanc-Mesnil nord et Blanc-Mesnil sud). Le fuseau intercepte les périmètres de protection rapprochés des ouvrages d'Aulnay et de Blanc-Mesnil nord (tronçons T1 et T5). L'ouvrage Blanc-Mesnil sud est quant à lui situé à l'intérieur du fuseau (tronçon T1). En outre, l'ouvrage souterrain est susceptible d'intercepter la nappe de l'Eocène inférieur, nappe captée par ces trois ouvrages. Enfin, l'ouvrage souterrain est situé à l'amont hydraulique de ces trois ouvrages.

Les zones du fuseau à proximité des deux champs captant de Croissy-sur-Seine et de Villeneuve-la-Garenne, du forage d'Aulnay et des deux forages du Blanc-Mesnil constituent donc des zones sensibles du projet. Il conviendra de limiter au maximum les débits résiduels afin de minimiser les perturbations engendrées lors de la phase chantier du projet et de réaliser des études hydrogéologiques détaillées (modélisation hydrodynamique) pour évaluer, en phase définitive, les perturbations éventuellement induites par le projet sur l'approvisionnement en eau potable.

Autres usages :

La boutonnière de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux constitue une zone majeure d'exploitation de la nappe fissurée et très productive de la Craie, couplées à celle des alluvions anciennes de la Seine. Il existe notamment de nombreux dispositifs de pompages à usage géothermique et de nombreux dispositifs de pompages impliqués dans des rabattements de nappe en phase chantier. Le projet pourrait avoir un impact sur les écoulements de la nappe dans cette zone et venir créer des interférences avec les dispositifs de pompage existants.

La nappe de l'Eocène inférieur (Calcaire grossier et Sables de l'Yprésien) est exploitée de manière significative dans la partie nord de la zone d'étude (faciès sableux de l'Yprésien). Le projet est susceptible d'avoir un impact sur les pompages existants.

Les nappes de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène n'ont pas été considérées comme des nappes sensibles en termes d'usage des eaux souterraines car celles-ci sont relativement peu exploitées.

3.2 Eaux superficielles

Dans le cadre de ce projet, les risques d'impact négatifs envisageables sur les eaux superficielles concernent différentes thématiques et dépendent de la phase considérée (phase travaux ou phase exploitation).

Les impacts sur les eaux superficielles ayant une cause en liaison directe avec les eaux souterraines, typiquement des plans d'eau dont le niveau baisse en relation avec un rabattement de nappe, sont traités avec les eaux souterraines au chapitre hydrogéologie.

3.2.1 Réseau hydrographique

3.2.1.1 Impacts en phase travaux

Le fuseau intercepte de nombreux cours d'eau principalement au niveau de 3 tronçons (les tronçons 0, 1 et 5). L'étude du tracé de chacun d'entre eux et des différentes variantes proposées, nous permet de constater que le réseau sera souterrain au niveau des intersections du fuseau et des cours d'eau.

Passages souterrains

Les passages en souterrain représentent un avantage du point de vue des eaux superficielles puisqu'ils permettent de s'affranchir des contraintes et incidences liées au franchissement des cours d'eau.

Cependant, les incidences des ouvrages construits en surface tels que les gares et les ouvrages annexes (puits d'aération/désenfumage, accès des secours) ne sont pas négligeables. Ainsi, les impacts potentiels du projet sur le réseau hydrographique peuvent être de différentes natures :

- Perturbation des écoulements superficiels des cours d'eau : l'écoulement n'est pas interrompu mais ses caractéristiques peuvent être modifiées par la mise en place du projet et les travaux de réalisation (section en travers, profil en long),

- Implantation d'ouvrages en zones inondables : mise en place d'ouvrages susceptibles de prendre des volumes et des surfaces à la crue, qui devront être compensés par la suite,

- Transport de « fines » principalement en période pluvieuse : en quantité trop importante, ces matières en suspension, renfermant potentiellement des substances polluantes, peuvent polluer les cours d'eau traversés et/ou les zones localisées en aval de la zone de travaux,

- Pollutions accidentelles ou chroniques : ces types de pollutions générées pendant la phase travaux sont difficilement appréciables et nécessitent donc la mise en place de mesures préventives.

Le franchissement d'un grand cours d'eau est une contrainte pour un profil en long du projet souterrain. En effet, rappelons que la construction des secteurs souterrains sera majoritairement réalisée au tunnelier, conduisant à un ouvrage circulaire dont le diamètre est compris entre 7 et 10 m. Une charge de terrain équivalente à un diamètre de tunnelier doit être prise en compte au-dessus du tunnel réalisé, de sorte que la profondeur des ouvrages, en dehors de toute autre contrainte de sol ou de sous-sol, doit être au minimum de 9-10 m (entre la surface et le haut du tunnel), ce qui correspond à un niveau « rail » à - 15 m au moins. Bien que le réseau soit souterrain, la présence d'un tel réseau hydrographique engendre une contrainte liée à la profondeur du lit mineur. Ceci implique de prévoir une sur-profondeur de 10 à 15 m.

Il convient de signaler ici un cas particulier : la station de Pont de Sèvres (Tronçon 0). La situation de cette station est très particulière car elle se trouve dans le quai de la Seine en rive droite, au pied du Pont de Sèvres. Sa construction engendrera des incidences potentiellement fortes sur la Seine. En effet, elle nécessitera le renforcement de l'interface Seine-quai avant le creusement de la gare, renforcement susceptible d'engendrer une modification du profil en travers de la Seine.

A proximité de cette station, le puits d'insertion de tunnelier de l'ouest du Tronçon 0 est envisagé sur l'Île Monsieur. Ce site est également fortement contraint car lui aussi situé en bordure immédiate de la Seine, en rive gauche cette fois.

Un second cas particulier est la station de Sevran-Livry (Tronçon 1), située sous le canal de l'Ourcq, perpendiculairement au canal. La construction de cette gare est prévue en tranchée couverte. Le Maître d'ouvrage envisage modifier les écoulements dans le canal en le fermant par moitié, de manière à permettre à l'eau de continuer à circuler avec bon nombre d'éléments associés : poissons, autres groupes animaux, fragments végétaux. La navigation serait fortement perturbée car la section résiduelle en phase travaux ne présenterait par la surface suffisante pour cet usage.

Passages aériens

Pour tout franchissement de cours d'eau, et plus particulièrement des rigoles du Plateau de Saclay dans le cadre de notre projet (Tronçon 2), différentes possibilités peuvent se présenter :

- soit les ancrages de l'ouvrage d'art interfèrent avec le cours d'eau, et l'impact de perturbation de l'écoulement résulte de l'implantation des ancrages ;

- soit il n'y a pas d'interférence, et le projet n'a pas d'impact.

Hormis ce type d'incidence, nous retrouvons certains impacts potentiels du projet sur le réseau hydrographique identiques à ceux identifiés au niveau des passages aériens : le transport de MES et les pollutions accidentelles ou chroniques.

Un autre impact potentiel du projet pendant la phase travaux est l'interception de bassins versants : l'écoulement issu du ruissellement le long d'un thalweg est interrompu par l'un des ouvrages associés au projet, cet élément faisant barrage. Le tracé des secteurs prévus en aérien est réalisé de façon à diminuer l'impact de l'interception. De plus, d'un point de vue général, le réseau aérien étant conçu préférentiellement en viaduc, les incidences sur les ruissellements au niveau des bassins versants seront négligeables.

La trémie du tronçon Orly-Versailles située à Saint-Quentin en Yvelines est située dans la partie amont de la vallée de la Bièvre. Sa réalisation est susceptible d'engendrer des impacts sur la Bièvre : perturbation de l'écoulement, lorsqu'il y en a un, émission de MES, émission de polluants. Le mode de réalisation de cette trémie et l'organisation du chantier sont essentiels dans l'incidence potentielle.

3.2.1.2 Impacts en phase exploitation

Hormis la survenue d'une pollution accidentelle dans une partie de l'infrastructure en rapport direct ou indirect avec les eaux superficielles, la phase d'exploitation n'a pas d'incidence sur les eaux superficielles.

3.2.2 Aspects quantitatifs

Dans les secteurs concernés par des travaux en surface (gares, points particuliers, sites de maintenance, …), les terrains naturels offrant actuellement une bonne capacité d'absorption des eaux de ruissellement, pourront ponctuellement être imperméabilisés. De ce fait, le volume d'eau de pluie à évacuer pourrait être supérieur à la situation actuelle. Cet aspect est très variable à l'échelle du projet de par la diversité de l'occupation des sols et les caractéristiques des ouvrages.

Les eaux pluviales tombant sur les parties aériennes de l'infrastructure devront être collectées et gérées selon la réglementation en vigueur.

Pour les gares, cet aspect sera pris en compte dans chaque projet de gare et fonction de ses caractéristiques propres et de celles de son environnement immédiat, en particulier la présence ou non de cours d'eau.

Pour les partie en viaduc, il en sera de même. Sur le plateau de Saclay (Tronçon 2), l'environnement du viaduc est destiné à rester rural ou semi rural sur une grande partie du linéaire concerné. Un rejet direct au réseau de rigoles est susceptible d'engendrer localement des impacts forts sur ces rigoles à cause d'augmentations ponctuelles significatives de débit : déstabilisation et érosion des berges et du fond, débordement, modification de milieux humides associés aux rivières.

La partie ouest du viaduc du plateau de Saclay, et le viaduc du Triangle de Gonesse (Tronçon 5, jusqu'à Tremblay-en-France vieux village) sont en zone urbaine ou à urbaniser dans un avenir proche. Les modalités de raccordement au réseau d'eaux pluviales sont essentielles dans la définition des impacts de cette partie du projet. Un mauvais raccordement est susceptible de créer des problèmes sur le fonctionnement du réseau : engorgement, débordement, dégradation d'ouvrages.

L'application de la réglementation en vigueur réduit fortement les impacts du projet. En effet, le SDAGE

Les gares et ouvrages annexes situés en zone inondable ou en limite présentent un enjeu particulier. Cette problématique est largement abordée dans la partie risque inondation (III. 6. 3.).

3.2.3 Aspects qualitatifs

Pendant la phase travaux, le projet (parties aériennes et souterraines) est susceptible d'engendrer différents types d'incidence sur la qualité des eaux superficielles :

- Transport de « fines » en période pluvieuse,

- Emissions de poussières en période sèche,

- Pollutions accidentelles ou chroniques dues à divers produits (hydrocarbures, produits utilisés sur les chantiers).

Les impacts de la phase chantier sur les cours d'eau ne sont pas directs. Ils concernent d'abord les eaux pluviales qui ruissellent et rejoignent ensuite les cours d'eau.

La gestion actuelle des chantiers limite fortement les impacts de ce type.

La phase exploitation n'engendre pas d'impact sur les eaux superficielles.

3.2.4 Usages de l'eau

L'analyse de l'état initial, nous a permis d'illustrer le fait que la zone d'étude présente un enjeu fort compte tenu du nombre important de captages AEP.

Les 6 captages AEP superficiels proches du fuseau disposent de périmètres de protection et feront donc l'objet d'une attention particulière lors des travaux et de l'exploitation.

Parmi eux, le captage « eau de Seine- PK 16,92 » est celui le plus affecté par le projet dans la mesure où une grande partie de son périmètre de protection rapproché intercepte le fuseau. Notons également que le périmètre de protection rapprochée de la « prise Neuilly-sur-Marne » est intercepté en grande partie par la ligne orange. Au niveau de ces points sensibles, le tracé est souterrain ce qui implique que le risque de pollution de ces captages superficiels est faible.

Rappelons que les incidences potentielles du projet sur ces captages sont de deux natures : qualitative et quantitative.

Dans les zones où les captages superficiels ont été recensés, le fuseau traverse des zones actuellement urbanisées et le réseau est souterrain. La pression exercée sur les écoulements, au cours des phases travaux et exploitation, sera donc faible.

Par ailleurs, en raison des normes strictes de potabilité, les incidences d'ordre qualitatives sont potentiellement plus importantes. Il s'agit essentiellement du cas de pollutions accidentelles lors des travaux mais aussi de la phase exploitation. Ce type d'incidence peut également se produire lors de l'utilisation de produits potentiellement polluants pour la réalisation des différents aménagements du projet, pour le comblement de cavités, … Il est cependant important de rappeler que ces risques existent déjà actuellement aux abords de ces captages et de leurs périmètres de protection.

3.3 Volet Faune – Flore – Milieux naturels

3.3.1 Définitions et type d'impacts potentiels

3.3.1.1 Définition du terme « Impact »

Il n'existe pas de définition claire du terme « impact ». Pour certains auteurs un impact peut être considéré comme le résultat d'un effet négatif sur un environnement équilibré et stable (Melki, 2002). Il sera considéré dans la suite de ce document une définition plus neutre de l'impact, se rapprochant davantage de celle acceptée pour la notion de « risque » et pouvant se définir comme l'expression d'une modification des paramètres d'un système (effet) conditionné par l'aptitude intrinsèque du système à réagir à ces modifications (sensibilité) :

IMPACT = Effet x Sensibilité

3.3.1.2 Typologie des impacts

La réglementation oblige les experts à distinguer différentes catégories d'impacts au regard des dimensions temporelle (durée) et spatiale (type) de ceux-ci. La typologie retenue utilisée l'est par la plupart des guides méthodologiques relatifs aux études d'impacts (Melki, 2002) :

- **Les <u>impacts directs</u>** sont les impacts résultant de l'action directe de la mise en place ou du fonctionnement de l'aménagement sur les milieux naturels. Pour identifier les impacts directs, il faut prendre en compte à la fois les emprises de l'aménagement mais aussi l'ensemble des modifications qui lui sont directement liées (zone d'emprunt et de dépôts, pistes d'accès,..) ;

- **Les <u>impacts indirects</u>** correspondent aux conséquences des impacts directs, conséquences se produisant parfois à distance de l'aménagement ;

- **Les <u>impacts permanents</u>** sont les impacts liés à l'exploitation de l'aménagement ou aux travaux préalables et qui seront irréversibles ;

- **Les <u>impacts temporaires</u>** correspondent généralement aux impacts liés aux travaux ou à la phase d'exploitation à condition que ces derniers soient réversibles. Dans chaque cas, il convient d'évaluer l'impact permanent résiduel qui peut résulter de ce type d'impact (le dépôt temporaire de matériaux dans une zone humide peut dégrader définitivement le milieu) ;

- **Les <u>impacts induits</u>** sont les impacts non liés au projet lui-même mais à d'autres aménagements et/ou à des modifications induits par le projet (remembrement agricole après passage d'une grande infrastructure de transport, développement de ZAC à proximité des échangeurs autoroutiers). Ils seront traités dans un chapitre à part.

- **Les <u>impacts cumulés</u>** correspondent aux impacts liés à la mise en place d'autres projets et qui peuvent potentiellement s'ajouter aux impacts du projet étudié. Ces impacts font l'objet d'une analyse à part dans un chapitre spécifique.

3.3.1.3 Types d'impacts potentiels du projet

Les incidences liées à la mise en place de ce projet d'infrastructure sur le milieu naturel s'évaluent à trois niveaux : les impacts avant la mise en place du chantier, les impacts en phase chantier et les impacts en phase d'exploitation.

Les impacts potentiels identifiables à ce stade de définition du projet ont été listés dans le tableau ci-après. Les impacts potentiels durant les étapes de ce projet sont pris en compte : avant le démarrage des travaux, pendant les travaux, pendant l'exploitation du métro automatique et les impacts liés à l'emprise de l'infrastructure ou de ses ouvrages annexes.

Une évaluation de leur niveau d'impact sur le milieu naturel ou les espèces concernées, avant la mise en place de mesures, a été effectuée de manière qualitative :

+++ : impact fort ;

++ : impact moyen ;

+ : impact faible.

Le tableau III.3.1 pages suivantes présente cette évaluation.

3.3.2 Analyse des impacts

3.3.2.1 A l'échelle globale

a) Scénarios aérien

L'évaluation des impacts du projet de métro souligne les incidences moyennes à fortes du scénario aérien, avant la mise en place de mesures de prévention ou de réduction. L'impact principal relevé est **l'effet d'emprise au sol** nécessaire à l'implantation de l'infrastructure et qui variera entre 8 et 20 m de large, hors zone tampon en phase travaux et gares selon le scénario. C'est de cet effet que découle une part importante des incidences négatives répertoriées : destruction d'habitats et d'espèces remarquables, que ce soit des espèces végétales (destruction à cause de l'emprise) ou animales (surmortalité à cause de la coupure d'axes de déplacement pour les mammifères, chiroptères, et amphibiens notamment), fragmentation du territoire, entraînant une augmentation de l'artificialisation et une perte de fonctionnalité écologique de ce territoire déjà très urbanisé.

L'option aérienne aura un impact moindre par rapport à une option terrestre, du fait d'une emprise au sol irrégulière. A ce stade, il n'est pas possible de savoir si les espaces naturels ou semi-naturels localisés sous le viaduc conserveront des caractéristiques identiques après l'implantation du Grand Paris Express. Sont notamment visés les effets d'ombrage et d'alimentation en eau qui peuvent être perturbés et ainsi avoir des conséquences sur les espèces végétales en place.

L'option aérienne limitera cependant les coupures d'axes de déplacement dans certains secteurs (plaine, prairie…) et par conséquent la surmortalité d'individus liée à la coupure de corridors mais son impact sur le déplacement de l'avifaune et des chauves-souris sera tout de même à étudier sur certains secteurs, notamment au niveau des vallées et des boisements, afin d'éviter notamment les risques liés aux collisions d'individus avec les trains.

Par ailleurs, la construction de passages surélevés aura probablement pour conséquence une augmentation de l'emprise en phase travaux, afin de permettre l'acheminement des matériaux lourds de construction, nécessaires à ce type de structure. Lors de la traversée d'espaces naturels ou semi-naturels, cette emprise sera à limiter le plus possible pour préserver au maximum les habitats et les espèces présentes.

Pour l'option aérienne, deux incidences potentiellement négatives de la phase travaux seront à traiter avec soin :

- Le dérangement que les travaux pourront entraîner sur les espèces, et particulièrement les espèces d'oiseaux nicheuses et les chiroptères. Ce dérangement pourra être limité si plusieurs mesures simples sont appliquées ;
- La dissémination d'espèces invasives, qui pourra être favorisée lors des opérations de transport de terres végétales (déblais / remblai). Cette incidence pourra être réduite en mettant en place une gestion des terres de déblais / remblais.

En phase d'exploitation, deux incidences principales pour les scénarios terrestre et aérien sont à signaler :

- le dérangement potentiel (lumière, bruit, vibration) des espèces animales telles que les oiseaux, les chiroptères ou les insectes ;
- le risque de collision lié à la coupure d'axes de déplacement, qui pourra être réduit grâce à une prise en compte en amont (études complémentaires…) et des mesures de réduction comme la mise en place de passages à faune, de barrières végétales pour forcer les oiseaux à passer au-dessus des trains…

b) Scénario souterrain

Les impacts du scénario souterrain du projet Grand Paris Express sur les espèces et les milieux naturels sont **réduits**. Seuls les ouvrages annexes et les gares auront effectivement une emprise au sol mais de façon irrégulière (accès pompiers tous les 800 m, postes de redressement tous les 1 500 m environ, ouvrages de ventilation tous les 1600 m au minimum).

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 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 moyens voire forts au vu des enjeux écologiques des secteurs considérés. Pour les besoins de la construction des gares et dans une moindre mesure du tunnel, des détournements ou des pompages d'eau pourraient être envisagés afin de rabattre le niveau de la nappe ou de limiter les quantités d'eau présentes dans les roches traversées. Ces méthodes peuvent avoir d'importantes incidences sur les zones humides alimentées ou en relation avec les masses traversées, et par conséquence sur les espèces inféodées à ces espaces.

Concernant la localisation des puits du microtunnelier et 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.

Concernant les nuisances potentielles liées à la production de vibration, ces incidences potentielles seront à investiguer lors de la précision du projet et des techniques employées.

Malgré un effet d'emprise réduit sur les milieux naturels, le scénario souterrain pourrait avoir des impacts importants en phase travaux, notamment sur le réseau hydrologique. La question du stockage, temporaire et/ou permanent, des déblais doit également être anticipée en amont afin de limiter les impacts sur les milieux naturels.

Tableau 3.3-1 : Types d'impacts potentiels du Grand Paris Express identifiés à ce stade du projet.

Impacts possibles	*Détails*	*Milieux/Espèces concernés*	*Type*	*Durée*	*Niveau d'impact en fonction du scénario*	
					Aérien	*Souterrain*
Impacts avant le démarrage de la phase travaux						
Dégradation des habitats naturels et/ou d'habitats d'espèces	Pour le passage en souterrain et en aérien, la réalisation de sondages géotechniques préalables sera nécessaire. Ces sondages permettront d'avoir une meilleure connaissance de la nature du sol.	Habitats naturels patrimoniaux, Flore patrimoniale	Direct	Temporaire	++	++
Destruction des habitats et habitats d'espèces (Fouilles archéologiques)	Lors de la précision du projet, suivant le scénario sélectionné et le lieu, des enjeux liés à l'archéologie préventive peuvent être identifiés. Un diagnostic archéologique peut alors être entrepris avec pour effet potentiel la destruction ou la dégradation de milieux (tranchées et circulation d'engins lourds).	Habitats naturels patrimoniaux, Flore patrimoniale	Direct	Temporaire ou permanente	++	++
Impacts d'emprise de l'aménagement						
Destruction d'habitats naturels	Il s'agit de la destruction des habitats naturels sur l'emprise du projet.	Habitats naturels patrimoniaux	Direct	Permanent	++	+[5]
Destruction d'individus	Il s'agit de la destruction d'espèces animales ou végétales peu mobiles présentes sur l'emprise du projet.	Espèces végétales ou animales patrimoniales, dont en particulier les oiseaux au nid, les amphibiens, les reptiles, les invertébrés	Direct	Permanent	+++	+[3]
Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales	Il s'agit de destructions ou dégradations d'habitats naturels qui constituent tout ou une partie de la niche écologique d'espèces animales : zone de présence habituelle, de chasse, de reproduction, d'alimentation, de repos, d'hivernage, corridors biologiques… Réduction des territoires de chasse (avifaune, chiroptères)	Toutes espèces de faune, mais en particulier les habitats aquatiques des amphibiens et des insectes, les arbres creux, les terriers et cavités servant de refuges	Direct	Permanent	++	+[3]
Enclavement de territoire	Le passage d'une infrastructure linéaire peut amener une fragmentation des habitats d'espèces et donc un isolement des populations, interdire les échanges génétiques et perturber la dynamique des populations ?	Toutes les espèces de faune	Direct	Permanent	++	+[6]
Coupure d'axes de déplacement	Il s'agit de la rupture de continuités écologiques, de corridors biologiques, de couloirs de déplacements, etc.	Toutes les espèces	Direct	Permanent	++	+[3]
Impacts en phase travaux						
Dégradation des habitats et des habitats d'espèces	Il s'agit des dégradations par piétinement, eutrophisation, destruction de la végétation, etc. sur la bande de travaux (qui pourrait correspondre à 10 m de chaque côté de l'emprise du métro pour un scénario aérien) ou au niveau de l'emprise nécessaire pour le stockage des matériaux ou l'acheminement des engins… Pour le scénario souterrain, de grandes quantités de déblais seront à gérer.	Habitats naturels, toutes espèces de faune et de flore	Direct	Permanent ou temporaire	++[7]	+++[8]
Dérangement de la faune	Il s'agit d'un dérangement sur certaines espèces sensibles engendré par le bruit, les vibrations et les mouvements d'engins et de personnes par l'activité d'extraction et le transport des matériaux.	Echec de reproduction des oiseaux, dérangement nocturne des chauves-souris en période d'estivage par pollution lumineuse…	Direct	Temporaire	+++	+[3]

[5] *Gares et entrées de puits du tunnelier*
[6] *Gares, ouvrages annexes avec emprise au sol et routes jusqu'au accès pompier*
[7] *Bande de travaux potentiellement plus importante pour les sections aériennes et nécessité de stockage de matériaux lourds de construction*
[8] *Bande de travaux potentiellement plus importante pour les sections aériennes et nécessité de stockage de matériaux lourds de construction*

Impacts possibles	*Détails*	*Milieux/Espèces concernés*	*Type*	*Durée*	*Niveau d'impact en fonction du scénario*	
					Aérien	*Souterrain*
Fragmentation de l'habitat de reproduction	Il s'agit d'une fragmentation temporaire d'un habitat favorable à la reproduction d'une espèce durant la période de travaux comme par exemple une prairie coupée en deux.	Amphibiens, insectes et mammifères d'intérêt patrimonial	Direct	Temporaire	++	+[3]
Coupure des axes de déplacement	Il s'agit d'une coupure temporaire d'un corridor ou axe de déplacement.	Grande faune, petits mammifères, amphibiens, oiseaux, chauve-souris principalement.	Indirect	Temporaire	++	+
Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces	Il s'agit d'un risque de pollutions par des produits toxiques, des hydrocarbures ou des matières en suspension dans les eaux de ruissellement ou les cours d'eau, de l'accumulation de poussières sur les habitats naturels et les habitats d'espèces	Habitats naturels, toutes espèces de faune et de flore, mais en particulier les habitats aquatiques et les espèces qui les fréquentent	Indirect	Permanent ou temporaire	++	++
Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives	La mise à nu du sol peut favoriser l'installation et le développement de plantes invasives diverses, souvent très concurrentielles sur les sols perturbés	Habitats naturels	Indirect	Permanent ou temporaire	++	+ [9]
Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Il s'agit d'un risque, lors des travaux, de couper, de modifier un réseau de fossés, une zone humide… Pour le scénario souterrain, il s'agit du risque d'assèchement d'une zone humide, lors du creusement du tunnel dans une couche géologique gorgée d'eau et nécessitant un pompage ou un rabattement de nappe.	Amphibiens, insectes et mollusques d'intérêt communautaire, milieux humides	Indirect	Temporaire ou permanente	+++	+++
Impacts en phase exploitation						
Dérangement en phase opérationnelle	Il s'agit d'un dérangement sur certaines espèces sensibles engendré lors des interventions sur le métro ou suite à l'exploitation du futur métro automatique (pollution lumineuse, diminution des zones de « calme »…).	Toutes espèces de faune et de flore	Direct	Temporaire ou permanent	+++	+[10]
Dégradation des habitats en phase exploitation	Il s'agit d'un impact généré par l'augmentation de la fréquentation humaine et donc de la pression sur les milieux naturels dans l'aire immédiate et éloignée du métro : par dégradation des habitats naturels et de la flore associée ; par dégradation des habitats naturels, de la faune associée et des habitats d'espèces de faune associés (zones de reproduction, territoires de chasse, zones de transit).	Toutes espèces de faune et de flore	Indirect	Temporaire ou permanent	++	++
Coupure des axes de déplacements	Il s'agit notamment du risque de collision et d'accidents des individus de certaines espèces contre les viaducs ou avec les trains.	Chiroptères, oiseaux, mammifères, amphibiens	Indirect	Permanent	+++	+ [11]
Pollution accidentelle ou pollution diffuse	Il s'agit d'un risque de pollutions par des produits toxiques, des hydrocarbures ou des matières en suspension dans les eaux de ruissellement ou les cours d'eau, de l'accumulation de poussières sur les habitats naturels et les habitats d'espèces	Habitats naturels, toutes espèces de faune et de flore, mais en particulier les habitats aquatiques et les espèces qui les fréquentent dont les amphibiens, les chiroptères…	Indirect	Temporaire ou permanent	+	+
Modification des conditions stationnelles	Pour le scénario aérien, il est probable que le milieu situé sous l'ouvrage soit désavantagé : ombrage important, sécheresse…	Flore et habitats naturels patrimoniaux	Indirect	Permanent	++	+

[9] *Liée à l'exportation des déblais*
[10] *Au niveau des gares principalement*
[11] *Liée à l'exportation des déblais*

Impacts possibles	*Détails*	*Milieux/Espèces concernés*	*Type*	*Durée*	*Niveau d'impact en fonction du scénario*	
					Aérien	*Souterrain*
Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Il s'agit d'un risque de modification des écoulements après la période de travaux causé par l'implantation d'un ouvrage annexe ou par un rabattement de nappe prolongé.	Amphibiens, insectes et mollusques d'intérêt communautaire, milieux humides	Indirect	Temporaire ou permanente	+	++
Modification de l'occupation du sol	Lors de la remise en état, il s'agit du risque de ne pas retrouver l'habitat initial à cause d'un tassement du sol, du non-respect des couches pédologiques, d'une perturbation de la filtration de l'eau…	Habitats naturels patrimoniaux	Indirect	Permanent	+	+

Légende : NC : Non concerné par cet impact désigné. ; + : impact faible ; ++ : impact moyen ; +++impact fort

3.3.2.1 A l'échelle des tronçons

Une analyse sommaire des impacts envisageables par tronçon a été effectuée. Elle sera davantage développée dans les études d'impact des différents tronçons mais ce travail constitue une première approche des impacts possibles à considérer.

Ligne orange

Concernant la ligne orange, sous maîtrise d'ouvrage du STIF, il n'est pas précisé si le tracé sera entièrement en souterrain ou partiellement en aérien.

Les tronçons Nanterre – Saint-Denis Pleyel, Saint-Denis-Pleyel – Rosny-Bois-Perrier et Rosny-Bois-Perrier – Champigny Centre correspondent à des secteurs densément urbanisés et dans lesquels les milieux naturels ou semi-naturels sont restreints et sont assimilables généralement à des parcs urbains. Ces espaces présentent davantage d'enjeux en termes de « qualité du cadre de vie » que pour la présence d'espèces animales et/ou végétales protégées et/ou remarquables, même si ces deux aspects ne sont pas incompatibles. Pour la thématique « Faune-Flore-milieux naturels » strictement, l'évaluation de l'impact de l'effet d'emprise, et des conséquences négatives qui en découlent (destruction d'habitat, d'individus, dégradation de l'habitat, fragmentation, …) et différents impacts en phase travaux et en phase d'exploitation (dérangement, dégradation…) est considérée comme faible, à cette échelle de travail.

Concernant le tronçon Rosny-Bois-Perrier – Noisy-Champs, les enjeux ont été identifiés comme forts car le fuseau traverse deux APPB et deux entités du site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » notamment. Un passage en aérien aurait donc un impact fort à plusieurs titres (destruction d'habitat, d'individus, dégradation de l'habitat, fragmentation, …). Si ce tronçon est réalisé en souterrain, l'effet d'emprise sera réduit mais un impact fort sur le réseau hydraulique du Parc de la Haute Ile est potentiel entre les gares de Neuilly-Les Fauvettes et Noisy-le-Grand.

Tableau 3.3-2 : Pré analyse des niveaux d'impacts par tronçon avant application de mesures.

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
T0	J	Pont de Sèvres – Villejuif IGR	Faibles	NON	La Seine 7 espèces patrimoniales dont 3 protégées au niveau régional Parc des Hautes Bruyères Parc départemental de l'Ile-Saint-Germain	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	MOYEN 7 espèces patrimoniales dont 3 protégées au niveau régional recensées dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de gares (base de données FLORA du CBNBP)
T0	I	Villejuif IGR - Créteil	Faibles à moyens		La Seine Parc des Lilas Parc municipal Frédéric Joliot Curie friche EDF à Vitry-sur-Seine	Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces	MOYEN Emprise sur le parc des Lilas limitée Berges de Seine très artificialisées
T0	H	Créteil – Noisy-Champs	Moyens		La Marne et ses îles Friche de la "Bonne Eau" Mares et boisements de la Butte Verte Pied d'alouette royal (*Consolida regalis*) à Champigny-sur-Marne (Base de données FLORA du CBNBP) mais origine douteuse (espèce plantée ?)	Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Destruction d'individus Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives	FORT La Friche de la "Bonne Eau", abritant des espèces d'insectes protégés, est localisée dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare de Bry-Villiers-Champigny Les mares de la Butte Verte, abritant des populations de Tritons, dont le Triton crêté, espèce d'intérêt européen, sont dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare Noisy-Champs
T1	C	Le Bourget – Clichy-sous-Bois	Moyens (localement forts au niveau des entités de la ZPS)	NON	ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » : Parc départemental du Sausset et Parc Forestier de Sevran Canal de l'Ourcq *Apera interrupta* dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare du Bourget RER	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales **Modification des conditions**	FORT Impact potentiellement fort sur le réseau hydrologique du parc du Sausset, secteur où niche notamment le Blongios nain

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
T1	D	Clichy-sous-Bois – Noisy-Champs	Forts		La Marne ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » : Forêt de Bondy et Parc de la Haute Ile Parc Charlotte Petit Mares et boisements de la Butte Verte Les Îles mortes à Chelles (RNR) Côte de Beauzet Ile de Vaires	**hydrologiques de surface ou souterraines** Rupture de continuités écologiques Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT Les mares de la Butte Verte, abritant des populations de Tritons, dont le Triton crêté, espèce d'intérêt européen, sont dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare Noisy-Champs
T2	N	Versailles – CEA Saint Aubin	Moyens à forts	OUI	ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » Réserve Naturelle Régionale : « Domaine d'Ors » Forêt domaniale de Versailles Forêt de la Tête Ronde Vallée de la Bièvre et de la Mérantaise Passage Grande faune (RN12) entre Saint-Quentin Est et Satory	Destruction d'habitats naturels, déboisements Rupture de continuités écologiques Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT Impact par effet d'emprise sur les milieux naturels forts, spécifiquement compte tenu des enjeux écologiques identifiés

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
T2	M	CEA Saint Aubin – Massy-Palaiseau	Forts	OUI	Réseau de mares, mouillères et platières d'intérêt patrimonial	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT Impact potentiellement fort sur le réseau hydrologique de surface avec pour conséquence la disparition des mares et mouillères, habitats d'intérêt patrimonial et d'espèces remarquables Impact fort par destruction d'habitats naturels
T2	L	Massy Palaiseau - Orly	Faibles	NON	*Thlaspi arvense* L. dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare Massy Opéra	Destruction d'individus	FAIBLE En raison de la dominance des zones urbanisées et des enjeux écologiques faibles
T3		Olympiades - Orly	Faibles	NON	Parc des Hautes-Bruyères 4 espèces patrimoniales recensées	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE A MOYEN En raison de la dominance des zones urbanisées et des enjeux écologiques faibles 3 espèces patrimoniales dans le tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare Maison Blanche 1 espèce patrimoniale dans tampon de 500 m regroupant les différentes implantations possibles de la gare Kremlin-Bicêtre Hôpital

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
T4	P	Pont de Sèvre - Nanterre	Faibles à moyens	NON	La Seine Parc de Saint-Cloud Mont Valérien	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE A MOYEN
T5	A	Le Mesnil Amelot – Triangle de Gonesse	Faibles à moyens (localement forts au niveau de la ZPS)	OUI	Parc départemental du Sausset Terres agricoles et présence d'œdicnème criard, protégé nationalement et listé en annexe I de la Directive Oiseaux, au niveau de l'aéroport Roissy-Charles de Gaulle	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT Impact potentiellement fort sur le réseau hydrologique du parc du Sausset pour le scénario souterrain Impact d'emprise sur les milieux naturels et semi-naturels pour les variantes aériennes
T5	B	Les Grésillons – Triangle de Gonesse	Faibles à moyens (localement forts au niveau de la ZPS)	NON	La Seine ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » : Parc Georges Valbon	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT Impact potentiellement fort sur le réseau hydrologique du parc Georges Valbon
T4		Rueil – Les Grésillons	Faibles	NON	Parc départemental André Malraux	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE En raison de la dominance des zones urbanisées et des enjeux écologiques faibles

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
Ligne orange	R	Nanterre – Saint-Denis Pleyel	Faibles	Non Précisé	La Seine Parc départemental André Malraux	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE A MOYEN
Ligne orange	E	Saint-Denis-Pleyel – Rosny-Bois-Perrier	Faibles		Parc de la Bergère Canal de Saint Denis	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE Zones urbaines dominantes et enjeux écologique faibles
Ligne orange	G	Rosny-Bois-Perrier – Noisy-Champs	Forts		Plateau d'Avron Parc de la Haute Ile ZNIEFF 1 « Boisements et pelouses de la Maison Blanche » ZNIEFF 1« Mares et boisements de la Butte Verte » Site de Ville-Evrard	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FORT en aérien par effet d'emprise ET en souterrain en raison des impacts potentiellement forts sur le réseau hydrologique du parc de la Haute Ile, entité du site Natura 2000 et zone de nidification d'espèces d'oiseaux protégées et patrimoniales

Tronçon	Section	Localisation	Enjeux écologiques globaux identifiés	Scénario Aérien	Secteurs à enjeux identifiés à ce stade	Impacts potentiels	Niveau d'impact
Ligne orange	F	Rosny-Bois-Perrier – Champigny Centre	Faibles		La Marne	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	FAIBLE A MOYEN Zones urbaines dominantes
Ligne verte	O	Versailles - Rueil	Moyens	NON	La Seine Bois de Saint-Cucufa Forêt de Fausses Reposes (forêt de protection) Forêt Domaniale de Versailles	Dégradation des habitats naturels et des habitats d'espèces Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / introduction d'espèces végétales invasives Pollutions diverses des habitats naturels et des habitats d'espèces	MOYEN A FORT 280 hectares de boisement à l'intérieur du fuseau de ce tronçon,

3.3.3 Sites Natura 2000

Les deux sites Natura 2000 concernés par ce projet, à savoir la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches », font l'objet d'évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Les études d'incidences complètes seront annexées au dossier d'étude d'impact. Seules les conclusions de ces dossiers sont reprises ici.

Outre ces deux sites en interaction directe avec le projet 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 identifié comme en interaction potentielle. Ce site ne fait pas l'objet d'une évaluation des incidences dans le présent dossier, en raison du niveau de définition actuel de la phase travaux et plus particulièrement du mode de construction des gares qui si il est conforme aux techniques recommandées ne générera pas de modifications hydrologiques. Une analyse sommaire sera cependant amorcée dans ce dossier.

3.3.3.1 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis »

Le site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » est concerné par deux portions du projet Grand Paris Express : le tronçon T1 « Le Bourget-Noisy-Champs » et le tronçon T5 « Les Grésillons-Le Mesnil Amelot ». Plusieurs variantes en aérien, entre les gares de Gonesse et de « Parc des expositions », sont envisagées. Le reste des variantes est en souterrain.

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 possibles. Cependant, à ce stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative uniquement si** :

- Aucun ouvrage annexe ou base chantier n'est localisé à l'intérieur du périmètre des sites Natura 2000 et des secteurs identifiés comme sensibles, localisés sur la carte P1.G.V-3-2-6 « Enjeux écologiques par tronçon » ;
- Les variantes prévoyant un passage en tranchée couverte au niveau de la forêt de Bondy (destruction d'habitats d'espèces) ou de la RN2 au niveau d'Aulnay (incidences hydrauliques fortes sur l'Etang de Savigny) sont abandonnées ;
- Les variantes aériennes entre Les Grésillons et Le Mesnil-Amelot sont privilégiées, la variante en souterrain ayant des incidences potentiellement fortes sur le réseau hydrique du parc départemental du Sausset ;
- Les mesures de réduction proposées sont mises en œuvre
  - Concernant la localisation des l'installation de base chantier
  - sur l'ensemble de la ligne pour limiter les incidences liées aux dérangements en phase travaux,
  - au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil où l'aménagement de surface devra prendre en compte les incidences potentielles sur la fréquentation de la forêt de Bondy (dérangement en phase opérationnelle).

Il faut souligner que, l'analyse des incidences sur les modifications des conditions hydrologiques a fourni un éclairage nouveau par rapport à la pré-analyse menée durant l'évaluation stratégique environnementale (ESE) et a permis de localiser de manière plus précise les zones sensibles. Cependant, des incertitudes persistent, notamment en raison du niveau de définition actuel du projet. Des recommandations ont été formulées mais des investigations ponctuelles seront nécessaires afin de s'assurer du dimensionnement exact de certains cônes de rabattement en phase travaux et notamment à proximité des gares et des ouvrages annexes (centre de maintenance compris) localisés à très grande profondeur.

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.

A ce titre, les Etangs des Brouillards et du Vallon écologique (Parc Georges Valbon), et le Marais (Parc du Sausset) sont d'une **sensibilité extrême** à cause de leur faible profondeur. C'est sur ces étangs que l'incidence brute potentielle du projet sur la modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines est la plus forte.

Ces secteurs devront donc faire l'objet d'une attention particulière dans la suite des études, sans cela il ne sera pas possible de conclure à une absence d'incidence significative sur le Blongios nain, espèce emblématique de ce site Natura 2000 et dépendant directement pour sa reproduction d'habitats inféodés aux milieux humides.

3.3.3.2 ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches »

L'étude d'incidences du projet Grand Paris Express sur ce site Natura 2000 est actuellement en cours. Aussi, il convient de se reporter à ce dossier pour de plus amples informations.

Une pré-analyse sommaire est présentée ici. Elle est cependant très incomplète en raison du manque d'informations, le Document d'objectifs du site n'étant pas encore disponible.

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 potentiellement complétée par les investigations de terrain.

Cette Zone de Protection Spéciale (ZPS) est concernée par le tronçon T2 « Orly-Versailles » du projet de métro automatique du Grand Paris. 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 actuellement en cours précisera si les incidences envisageables sont significatives ou non.

3.3.3.3 ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne »

Ce site Natura 2000 est situé à proximité du fuseau d'étude (4 km de la future gare de Chelles) et, au vu de l'état initial hydrogéologique, potentiellement en interaction hydrogéologique avec le projet car ils partagent la même nappe de sub-surface.

D'une superficie totale de 96 hectares environ, le périmètre de ce site Natura 2000 comprend le Bois de Vaires, ouvert au public (55 ha), le Bois du Marais, clôturé et fermé au public, et la zone humide, divisée en deux entités par la LGV Est-européenne (une de 27 ha et une extension de 13 ha plus au nord).

Les espèces et les habitats ayant permis la désignation de ce site sont :

- Le Triton crêté (*Triturus cristatus*) : les repérages de terrain réalisés le 4 avril 2012 ont permis de vérifier l'état de conservation des habitats utilisés par cette espèce. Le réseau de mares est en mauvais état de conservation. Deux des mares identifiées par le DocOb étaient à sec. Les autres ne présentaient pas de végétation hygrophile et sont situées en contexte forestier, ce qui favorise leur envasement. Par ailleurs, de nombreuses traces de sanglier ont été relevées à proximité immédiate des mares (terre retournée…), ce qui accentuent la dégradation de cet habitat ;
- Le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo*), insecte saproxylophage ;
- La mégaphorbiaie eutrophe, habitat typique de zones humides.

Suite à la création de la LGV Est-européenne, un suivi piézométrique a été effectué entre 2005 et 2006 afin de vérifier les effets de l'installation de cet ouvrage sur l'hydrologie du secteur. Dans cette étude, il est notamment évoqué que « le *niveau bathymétrique de la Marne et de sa nappe d'accompagnement assure, en étiage, un soutien de la nappe alluviale à hauteur de la mégaphorbiaie, avec une influence grandissante à l'approche du point bas constitué par la rivière (variation du PZE la plus faible).* » (GEREEA et ECOLOR, mai 2006).

La sensibilité de ce site aux modifications hydrologiques est avérée. Une évaluation des incidences sera à réaliser en fonction des techniques choisies pour la construction de la gare de Chelles afin de préciser les incidences potentielles indirectes liées à des rabattements de nappe importants et ce sur de longues périodes. Actuellement ces caractéristiques techniques (profondeur de la gare, technique de construction, etc.) ne sont pas connues en détail et ne permettent pas d'estimer précisément le cône de rabattement et donc de trancher sur l'existence ou non d'une incidence potentielle.

3.4 Volet Agriculture

3.4.1 Types d'impacts potentiels du projet

3.4.1.1 Définition du terme « Impact »

Il n'existe pas de définition claire du terme « impact ». Pour certains auteurs un impact peut être considéré comme le résultat d'un effet négatif sur un environnement équilibré et stable (Melki, 2002). Il sera considéré dans la suite de ce document une définition plus neutre de l'impact, se rapprochant davantage de celle acceptée pour la notion de « risque » et pouvant se définir comme l'expression d'une modification des paramètres d'un système (effet) conditionné par l'aptitude intrinsèque du système à réagir à ces modifications (sensibilité) :

IMPACT = Effet x Sensibilité

3.4.1.2 Typologie des impacts

La réglementation oblige les experts à distinguer différentes catégories d'impacts au regard des dimensions temporelle (durée) et spatiale (type) de ceux-ci. La typologie retenue utilisée l'est par la plupart des guides méthodologiques relatifs aux études d'impacts (Melki, 2002) :

- Les impacts directs sont les impacts résultant de l'action directe de la mise en place ou du fonctionnement de l'aménagement sur les milieux naturels. Pour identifier les impacts directs, il faut prendre en compte à la fois les emprises de l'aménagement mais aussi l'ensemble des modifications qui lui sont directement liées (zone d'emprunt et de dépôts, pistes d'accès,..) ;
- Les impacts indirects correspondent aux conséquences des impacts directs, conséquences se produisant parfois à distance de l'aménagement ;
- Les impacts permanents sont les impacts liés à l'exploitation de l'aménagement ou aux travaux préalables et qui seront irréversibles ;
- Les impacts temporaires correspondent généralement aux impacts liés aux travaux ou à la phase d'exploitation à condition que ces derniers soient réversibles. Dans chaque cas, il convient d'évaluer l'impact permanent résiduel qui peut résulter de ce type d'impact (le dépôt temporaire de matériaux dans une zone humide peut dégrader définitivement le milieu) ;
- Les impacts induits sont les impacts non liés au projet lui-même mais à d'autres aménagements et/ou à des modifications induits par le projet (remembrement agricole après passage d'une grande infrastructure de transport, développement de ZAC à proximité des échangeurs autoroutiers). Ils seront traités dans un chapitre à part.
- Les impacts cumulés correspondent aux impacts liés à la mise en place d'autres projets et qui peuvent potentiellement s'ajouter aux impacts du projet étudié.

3.4.1.3 Types d'impacts potentiels du projet

Les incidences liées à la mise en place de ce projet d'infrastructure sur le milieu naturel s'évaluent à trois niveaux : les impacts avant la mise en place du chantier, les impacts en phase chantier et les impacts en phase d'exploitation.

Les impacts potentiels identifiables à ce stade de définition du projet ont été listés dans le tableau ci-après. Les impacts potentiels durant les étapes de ce projet sont pris en compte : avant le démarrage des travaux, pendant les travaux, pendant l'exploitation du métro automatique et les impacts liés à l'emprise de l'infrastructure ou de ses ouvrages annexes.

Une évaluation de leur niveau d'impact sur le milieu naturel ou les espèces concernées, avant la mise en place de mesures, a été effectuée de manière qualitative :

+++ : impact fort ;

++ : impact moyen ;

+ : impact faible.

3.4.2 Analyse des impacts du projet

3.4.2.1 A l'échelle globale

a) Scénario aérien

Pour le scénario 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.

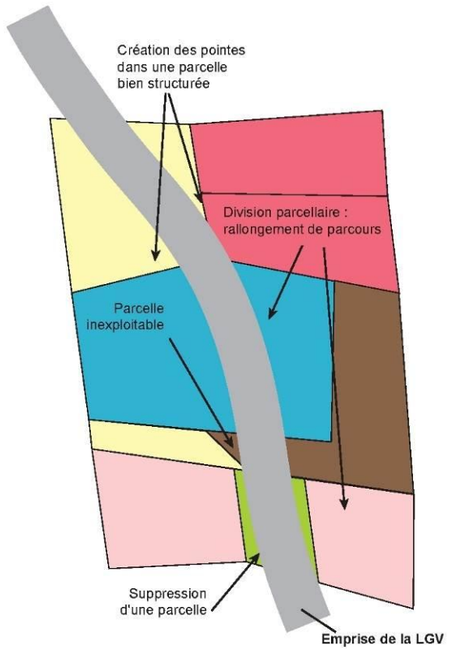


Figure 3.4-1 : Schéma de l'effet de coupure du parcellaire agricole par une infrastructure de transport (Source RFF 2000 – Extrait de l'Etude d'impact pour l'obtention de la DUP pour la ligne LGV Sud Est Atlantique Tours – Angoulême).

En gris, l'infrastructure de transport

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 seront précisés ultérieurement,
- 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)…

En phase travaux, plusieurs impacts indirects liés à la construction 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 si des mesures de réductions simples** sont mises en place (cf. tableau III.7.3).

En phase d'exploitation, les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont encore peu quantifiables mais, l'installation de portion de viaduc modifiera probablement l'alimentation en eau et créera un effet d'ombrage. La modification de ces deux paramètres, l'eau et la lumière, pourra avoir un effet sur la croissance des végétaux.

b) Scénario souterrain

Pour le scénario 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.

Dans un territoire de plus en plus artificialisé, la **limitation de la consommation d'espaces agricoles** favorisera le maintien de zones agricoles pérennes. L'effet d'emprise lié à l'installation de l'infrastructure et à l'urbanisation potentielle est la principale incidence identifiée à ce stade. Cette incidence est limitée pour le scénario souterrain.

Tableau 3.4-1 : Impacts potentiels du projet Grand Paris Express sur le milieu agricole.

Impact potentiel	Détails	Types d'impact	Durée	Scénario	
				Aérien	Souterrain
Impacts avant le démarrage des travaux					
Perte de récolte liée aux sondages géotechniques	Pour le passage en souterrain et en aérien, la réalisation de sondages géotechniques préalables sera nécessaire. Ces sondages permettront d'avoir une meilleure connaissance de la nature du sol.	Direct	Temporaire	++	++
Perte de récolte liée aux fouilles archéologiques	Lors de la précision du projet, suivant le scénario sélectionné et le lieu, des enjeux liés à l'archéologie peuvent être identifiés. Des fouilles archéologiques peuvent alors être entreprises, qui suivant leur localisation, peuvent avoir un impact négatif sur les cultures.	Direct	Temporaire	++	++
Impacts d'emprise de l'aménagement					
Consommation de terres agricoles par effet d'emprise	Il s'agit de la disparition de certaines terres agricoles sur lesquelles le métro automatique aura une emprise	Direct	Permanent	+++	+[12]
Fragmentation de l'espace agricole	Il s'agit de l'effet de coupure que pourrait avoir le projet et qui générerait un enclavement de terres agricoles, une perturbation de la circulation (chemin de desserte agricole, de l'irrigation ou encore du drainage…), etc.	Indirect	Permanent	++	+
Coupure siège exploitation / terrain	Les effets de coupure peuvent provoquer une désorganisation fonctionnelle de l'exploitation agricole et une désorganisation spatiale des territoires agricoles.	Indirect	Permanent	++	+
Impacts en phase travaux					
Modification de l'écoulement de l'eau	Lors de la phase travaux, des tranchées peuvent être réalisées, ce qui peut entraîner des modifications dans l'écoulement de l'eau (assèchement de points d'eau…)	Indirect	Temporaire ou Permanent	+++	++
Diminution de la photosynthèse	Lors de la phase travaux, les allers et venues d'engins ou encore la manipulation de grandes quantités de terres peuvent être générateurs de poussières. Ces poussières se déposent alors sur les feuilles des végétaux notamment et, en grandes quantités, peuvent perturber les cycles biologiques et notamment la photosynthèse.	Indirect	Temporaire	+	+
Perte de récolte	Une mauvaise délimitation des travaux peut avoir des conséquences néfastes sur les récoltes. Pour le scénario souterrain, il s'agit du risque de stockage temporaire des déblais sur des terres agricoles.	Indirect	Temporaire	++	++
Modification de la fertilité	Il s'agit d'un risque lors de la remise en état de ne pas retrouver un sol avec des caractéristiques culturales identiques du fait du non-respect des couches pédologiques, d'une perturbation de la filtration de l'eau…	Indirect	Permanent	++	+
Effets dus à une pollution accidentelle	Il s'agit d'un risque de pollutions par des produits toxiques, des hydrocarbures ou des matières en suspension dans les eaux de ruissellement ou les cours d'eau, de l'accumulation de poussières sur les végétaux… Ces éléments peuvent avoir des conséquences néfastes sur les sols et récoltes, notamment pour les cultures dites « sensibles » (vignes, vergers, maraîchage, agriculture biologique).	Indirect	Temporaire	++	++
Impacts en phase d'exploitation					
Modification des conditions stationnelles	L'installation d'un viaduc peut modifier les conditions stationnelles : ombrage, modification de l'alimentation en eau… Pour le scénario terrestre, des effets des perturbations micro-climatiques peuvent affecter les pratiques culturales de manière variable : perturbations de circulation de l'air froid suite à des terrassements, augmentation localisée de l'évapotranspiration…	Indirect	Permanent	++	+

[12] *Gares et ouvrages annexes principalement*

3.4.2.2 A l'échelle des tronçons

Tableau 3.4-2 : Impacts potentiels par tronçon.

Entité agricole	Exploitations agricoles[13]	SAU totale (ha) (RA 2010)	SAU totale (ha) (RPG 2010)	Tronçon	Section	Surface agricole du tronçon issue du MOS[14] (ha)	Surface agricole du tronçon issue du RPG 2010 (ha)	Surface concernée (RPG) par le fuseau (%)
Plaine de France (Abords des aéroports)	21	2446	3556,4	T1	C	1,0	0	0
				T5	A	566,2	358,2	10,1
				T5	B	136,8	109,8	3,1
L'Aulnay	23	599	1104,6	T1	D	53,3	48,7	4,4
Abords de l'aéroport d'Orly	8	588	433,2	T2	L	68,7	60,3	13,9
Plateau de Saclay	33	3169	3053,0	T2	M	351,7	310,4	10,2
				T2	N	414,8	366,2	12,0
Plateau de Nozay	26	900	938,0				0	0
Plaine de Montesson	22	441	129,8	Ligne verte Versailles-Nanterre	O Q	1.8 0.001	0	0
Cormeilles Argenteuil	9	43	29,0				0	0

Légende : SAU : Surface Agricole Utile ; RA : recensement agricole (source DRIAAF) ; RPG : Registre Parcellaire Graphique (Source MAAPRAT-ASP), MOS : Mode d'Occupation des Sols (Source IAU-ÎdF)

En ce qui concerne les types de cultures concernés par le fuseau du Grand Paris Express (RPG 2010), les grandes cultures apparaissent comme majoritaires avec 48,7 % des surfaces concernées cultivées en blé tendre, suivi par le maïs (13,7 %), le colza (12,4 %) et les protéagineux (9.1 %), les autres postes étant peu représentatifs. Ce sont principalement les sections de fuseau au niveau du plateau de Saclay et de la Plaine de France qui contribuent au pourcentage élevé des grandes cultures.

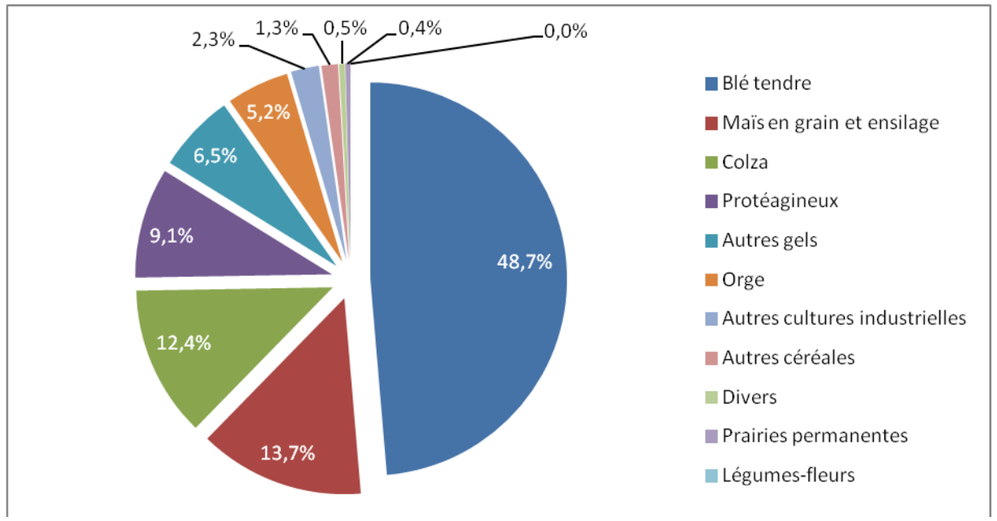


Figure 3.4-2 : Proportion des différents types de cultures recensés dans le fuseau d'étude (RPG 2010).

Deux classes peuvent être définies dans un premier temps :

- Les tronçons dont l'occupation du sol relève de faibles surfaces agricoles, généralement « en confetti », à savoir les tronçons T0 « Noisy-Champs – Pont de Sèvres », T1 « Le Bourget – Noisy-Champs » et entre Pont de Sèvres et Nanterre (T4). Pour le tronçon T0, la surface agricole du MOS correspond aux friches et prairies de fauche notamment du Parc des Lilas, ENS et propriété départementale ou à des jardins familiaux et la maîtrise urbaine est dominante (>75 % de l'occupation du sol). Pour le tronçon T1, le secteur agricole de l'Aulnay intersecte avec le fuseau, au niveau de Montguichet (Chelles), secteur regroupant enjeu écologique et zones de culture ;

- Les tronçons qui intersectent avec les zones agricoles définies par la DRIAAF et dont les surfaces concernées par le fuseau sont relativement importante. Il s'agit du plateau de Saclay (tronçon 2 « Orly-Versailles ») et des abords des aéroports d'Orly (tronçon 2 « Orly-Versailles ») et de Charles de Gaulle (tronçon 5 « Les Grésillons – Le Mesnil Amelot »). La plaine de Montesson est localisée à proximité immédiate du fuseau de la ligne verte « Versailles – Rueil » mais n'est pas directement concernée par le fuseau d'étude.

Pour les tronçons T0, T1, T3, et T4 (catégorie 1), le métro est à l'heure actuelle prévue en totalité en souterrain. Seules les émergences, temporaires ou permanentes, telles que les puits d'aération ou les bases chantier, pourront avoir un impact sur ces territoires. A ce stade, ces éléments ne sont pas connus. Les impacts envisageables comme la consommation de terres agricoles ou la fragmentation de l'espace agricole risquent de mettre en péril le maintien d'une activité agricole pérenne dans ces secteurs, fragilisés par les petites tailles et menacés à court ou moyen terme par l'urbanisation. La consommation de ces espaces agricoles n'aura cependant qu'un impact local, du fait de l'isolement de ces territoires.

Pour les tronçons T2 et T5 (catégorie 2), la question qui se pose est tout autre. Ces secteurs correspondent à de grands espaces agricoles encore fonctionnels. L'arrivée du métro automatique peut, en outre avoir un impact sur la consommation d'espace agricole, entraîner une fragmentation de l'espace agricole et ainsi déstabiliser l'activité agricole existante.

[13] Exploitations ayant le siège de leur exploitation dans les communes de l'entité agricole en 2010 (données recensement agricole de 2010)
[14] MOS 2008 complété par le MOS 2003 sur deux communes

Il convient de noter que, pour le tronçon T2 « Orly – Versailles », plusieurs options de tracé aérien du Grand Paris Express ont été pris en compte dans l'élaboration du projet de Zone de Protection Naturelle, Agricole et Forestière (ZPNAF) du plateau de Saclay. L'article 35 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris précise que « cette zone comprend au moins 2 300 hectares de terres consacrées à l'activité agricole situées sur les communes figurant à l'annexe B » de cette loi et que ce secteur est « non urbanisable ». « L'interdiction d'urbaniser dans la zone de protection vaut servitude d'utilité publique et est annexée aux plans locaux d'urbanisme des communes intéressées, dans les conditions prévues par l'article L. 126-1 » du code de l'urbanisme. Ce dispositif va donc participer à la pérennisation de l'activité agricole sur le plateau.

3.5 Paysage, patrimoine architectural et archéologique

3.5.1 Grand paysage

L'analyse des effets sur le paysage consiste en celle des effets visuels. Il s'agit donc d'impacts directs en phases travaux et exploitation. Pour ce faire, l'analyse s'appuie sur la caractérisation des sensibilités et des perceptions identifiées dans l'état initial.

Les impacts indirects sont plus complexes à identifier. Ils nécessitent d'avoir une vision prospective des dynamiques générées par le projet et notamment en matière d'urbanisation. Ces points seront à approfondir dans les évaluations environnementales des CDT.

Ainsi ce volet paysager s'intéresse essentiellement aux effets visuels directs (temporaires/permanents, en phases travaux/exploitation).

Pour tous les tronçons prévus en souterrain, les effets visuels liés au tracé seront nuls à savoir pour les tronçons T0, T1, T3, et T4. Il s'agira cependant, pour ces tronçons, d'étudier plus finement les effets ponctuels notamment au niveau des gares, des ouvrages annexes ainsi que des secteurs de travaux et zones assimilées. Ces analyses seront décrites dans les études d'impact des différents tronçons, en fonction du niveau de définition du projet.

Pour les tronçons T2 et T5, des variantes du tracé sont prévues en viaduc. Il s'agira alors d'apporter une analyse croisée de la nature du projet et de sa portée visuelle réelle. Elle nous permettra de qualifier et de pondérer les effets sur le paysage. En plus des données sur les zones de travaux, il s'agira notamment de connaître précisément la hauteur prévue pour la structure mais également la localisation des zones de transition aérien/souterrain ainsi que les variantes en tranchée ouverte, etc.

A l'échelle de l'étude globale, l'analyse des effets visuels est sommaire. Elle sera davantage détaillée à l'échelle des tronçons.

L'analyse des effets globaux intervient avant celles menées à l'échelle des études tronçons. Cette étude globale ne peut donc, à ce stade, être une synthèse des données des études tronçons. Elle est davantage assimilable à une ébauche de l'analyse détaillée des effets à l'échelle des tronçons.

3.5.1.1 Les effets visuels en phase travaux

Les effets en phase travaux ne sont pas négligeables bien qu'ils soient éphémères. Les travaux sont en effet des éléments perturbateurs dans le paysage du quotidien.

Pour les tronçons en aérien, ils sont annonciateurs du projet. Ils apportent une modification spontanée dans le paysage et dans les perceptions sociales. Bien que de nature temporaire, leur progression dans le temps laisse présager de la situation finale en phase exploitation et les effets visuels en phase chantier sont en constante évolution.

Pour les tronçons en souterrain, les effets en phase travaux sont davantage ponctuels et ont vocation à cicatriser rapidement. Ils sont donc de nature temporaire.

Les effets visuels en phase travaux seront donc liés :

- Aux plateformes de stockage des matériaux extraits par le tunnelier ;
- Aux plateformes de stockage des machines, des outils, etc. ;
- Aux locaux dédiés au personnel ;
- A la circulation des engins sur les zones de travaux et sur les voies d'acheminement ;
- Aux zones de travaux pour les tracés prévus en aérien ;

3.5.1.2 Les effets visuels en phase exploitation

Voir le tableau III.5.1-1 ci-dessous.

Tableau 3.5-1 : Analyse des effets par unités paysagères recoupées par le fuseau.

Unité paysagère	Tronçon concerné	Passage aérien	Rappel des sensibilités	Effets visuels
Ensemble géographique – Agglomération de Paris				
1101 - Paris	T3	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Enjeux patrimoniaux, intérêts touristiques, reconnaissance sociale internationale **A l'échelle du fuseau T3 : FAIBLE** Faible part de l'unité paysagère concernée	**Nuls** Les variantes du tracé passent en souterrain et ne recoupent pas le site inscrit « Ensemble urbain à Paris »
1102 – Boucle de Boulogne	T0, T4	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Bois de Boulogne non recoupé Îles Seguin et Saint-Germain recoupées **A l'échelle du fuseau T0 : MODEREE (Iles Seguin et Saint-Germain, Ile de Monsieur)** **A l'échelle du fuseau T4 : FORTE (Parc de Saint-Cloud)**	**Faibles dans l'ensemble** Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible. **Effets visuels à caractériser sur certains points de sensibilité** T4 : Passage du Parc de Saint-Cloud (site classé) T0 : Traversée de l'île Saint-Germain (paysage urbain d'intérêt) T0 : Traversée de l'Ile de Monsieur (site classé) T0 et T4 : Passage en berges de Seine requalifiées
1103 – Saint-Denis	T5, Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Projets locaux de requalification paysagère (en lien avec le Canal Saint-Denis) **A l'échelle du fuseau T5 : MODEREE**	**Nuls dans l'ensemble** Les variantes du tracé passent en souterrain. Les paysages ne sont pas des plus remarquables. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible. **Effets visuels à caractériser sur certains points de sensibilité** T5 : Traversée des sites industriels en requalification (insertion des éléments terrestres du projet)
1104 – Butte de Romainville	Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Plateau d'Avron recoupé (intérêt pour le patrimoine biologique et le paysage) Bois de Vincennes non recoupé	**Nuls** Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible.
1105 – Confluence Seine-Marne	T0, Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Traversée de la Seine et de la Marne Aucune base de loisirs recoupée ***A l'échelle du tronçon T0 : FAIBLE***	
1106 – Plateau de Longboyau	T0, T2, T3	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE** ***A l'échelle des tronçons T0, T2 et T3 : FAIBLE***	
1107 – Vallée de la Bièvre urbaine	T0, T3	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE** L'unité paysagère est recoupée en marge par le fuseau. ***A l'échelle des tronçons T0 et T3 : FAIBLE***	**Nuls** Les variantes du tracé ne recoupent pas l'unité paysagère bien que le fuseau passe à la marge.
1108 – Plateau de Clamart	T0	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE** Forêt de Meudon non recoupée ***A l'échelle du tronçon T0 : FAIBLE***	**Nuls** Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible.
1109 -	T2, Ligne	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE**	**Modérés**

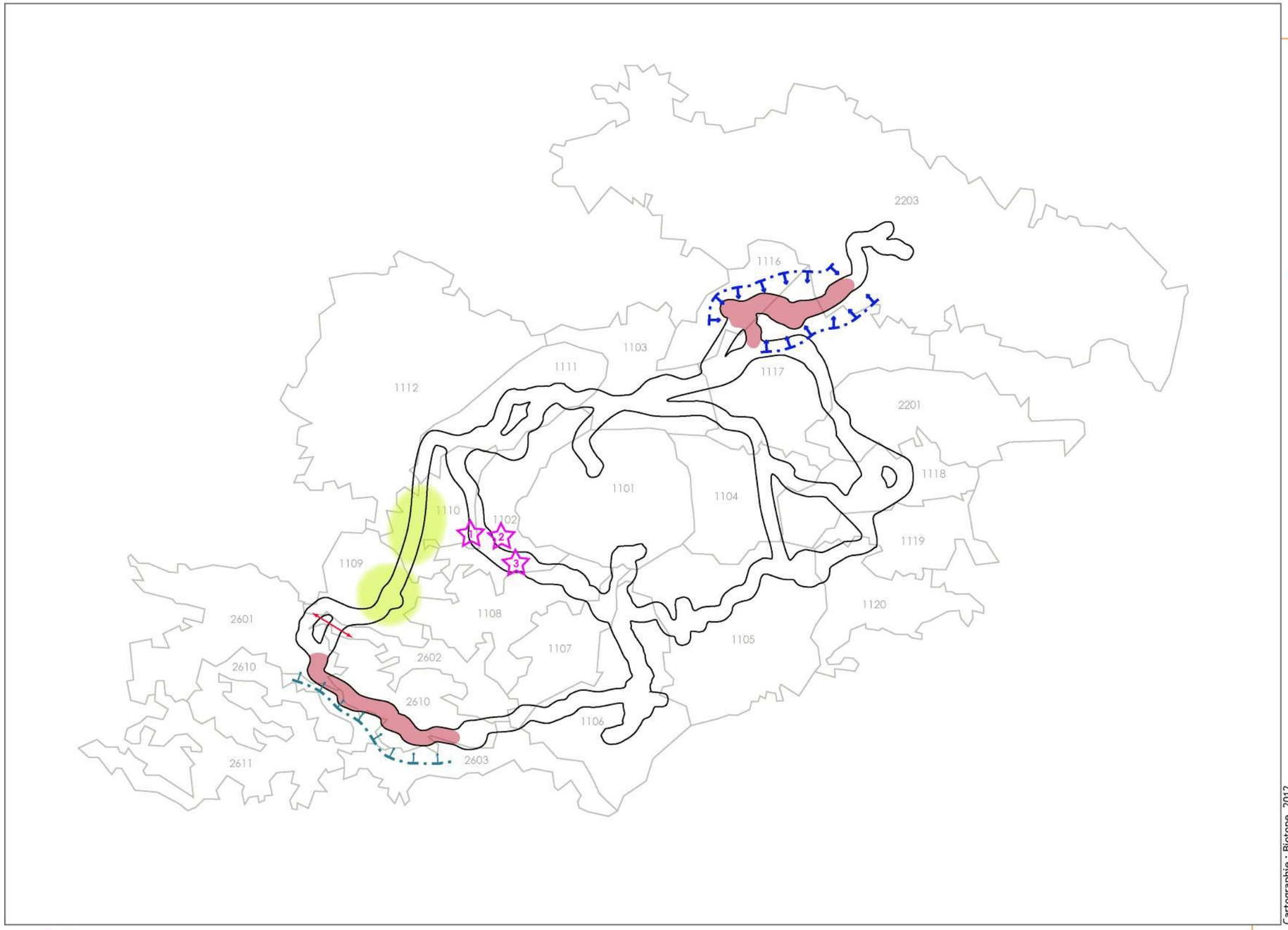
Unité paysagère	Tronçon concerné	Passage aérien	Rappel des sensibilités	Effets visuels
Versailles	Verte		Contrainte réglementaire forte, enjeux paysagers, reconnaissance sociale internationale) ***A l'échelle du tronçon T2 : FORTE (traversée de Versailles)*** **A l'échelle de la Ligne Verte : FAIBLE**	Si la variante du tracé passe en souterrain, toute émergence terrestre en phase travaux/exploitation est susceptible d'avoir des effets visuels conséquents et pourra nécessiter des dossiers d'autorisation de travaux en raison de la présence de sites protégés.
1110 – Plateau de St-Cloud	T4, Ligne Verte	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Enjeux réglementaires, grandes forêts domaniales recoupées ***A l'échelle du tronçon T4 : FORTE (traversée du Parc de Saint-Cloud)*** ***A l'échelle de la Ligne Verte : FORTE (traversée de la forêt de Fausses-Reposes et du Parc de Saint-Cloud)***	
1111 – Boucle de Gennevilliers	T4, Ligne Verte, Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE**	**Nuls** Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible.
1112 – Boucle de Montesson et de St-Germain	T4	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE** Le fuseau recoupe à peine l'unité paysagère.	**Nuls** Les variantes du tracé ne recoupent pas l'unité paysagère bien que le fuseau passe à la marge.
1116 – Vallon du Crould	T5	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Parc départemental de la Courneuve non recoupé Espaces agricoles résiduels recoupés **A l'échelle du tronçon T5 : FAIBLE à MODEREE** Paysages non remarquables Fort impact visuel du réseau d'infrastructures	**Faibles à Modérés** Le secteur devrait être prochainement urbanisé. La portée visuelle du projet sera limitée aux abords immédiats. Les covisibilités ne seront pas impactantes dans la mesure où le paysage agricole d'accueil est particulièrement déstructuré par le tissu urbain et le réseau d'infrastructures existant.
1117 – Plaine de France urbaine	T1, T5, Ligne Orange	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Parc départemental du Sausset recoupé Parc de la Poudrerie proche du fuseau Canal de l'Ourcq recoupé **A l'échelle du tronçon T1 et de la Ligne Orange : FAIBLE (passage en souterrain)** **A l'échelle du tronçon T5 : MODEREE (paysages non remarquables)**	**Nuls à Faibles** La majeure partie des variantes est prévue en souterrain. Pour les variantes prévues en aériens, les paysages recoupés ne sont pas remarquables et voués à l'urbanisation.
1118 – Vallée de la Marne urbaine	T0, T1, Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Espaces naturels de la Marne recoupés **A l'échelle des tronçons : FAIBLE (passage en souterrain, peu de paysages remarquables recoupés)**	**Nuls** Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible.
1119 – Marne-la-Vallée aval	T0, Ligne Orange	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Fuseau qui passe en marge des boisements importants **A l'échelle des tronçons : FAIBLE**	
1120 – Vallée du	T0	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE**	**Nuls**

Unité paysagère	Tronçon concerné	Passage aérien	Rappel des sensibilités	Effets visuels
Morbras			**A l'échelle du tronçon T0 : FAIBLE (passage en souterrain)**	Les variantes du tracé recoupent une faible part de l'unité paysagère. Les variantes du tracé passent en souterrain. Aucune gare n'est prévue dans un site paysager sensible.
Ensemble géographique – Hurepoix				
2601 – Saint-Quentin-en-Yvelines	T2	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Passage en aérien **A l'échelle du tronçon T2 : FORTE** Traversée de Saint-Quentin-en-Yvelines en viaduc	**Modérés** La traversée de la périphérie de Saint-Quentin-en-Yvelines peut être bien intégrée au paysage de lisières urbaines notamment en rendant le viaduc solidaire de la route.
2602 – Vallée de la Bièvre amont	T2	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FAIBLE** Malgré l'intérêt paysager et patrimonial de la vallée, le fuseau en recoupe une infime partie. **A l'échelle du tronçon T2 : FORTE** Traversée de la vallée amont de la Bièvre	**Forts** Les effets visuels lors de la traversée de la vallée de la Bièvre peuvent être dommageables aux ambiances très naturelles du fond de vallée (étangs, espaces de loisirs).
2603 – Vallée de l'Yvette urbaine	T2	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Bien que la vallée présente des enjeux patrimoniaux, le fuseau n'en recoupe qu'une petite partie. **A l'échelle du tronçon T2 : FORTE**	**Modérés à forts** En fonction de la hauteur du viaduc prévu, des vues sur ce dernier lorsqu'il vient en bordure de vallée peuvent être à prévoir.
2610 – Plateaux du Hurepoix	T2	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Enjeux de préservation des paysages agricoles bien que les paysages ne soient pas remarquables en comparaison des paysages de vallée. Etangs de Saclay non recoupés par le fuseau **A l'échelle du tronçon T2 : FORTE** Passage en aérien	**Forts** Compte tenu de l'ouverture du paysage sur le plateau de Saclay, les effets visuels seront vraisemblablement les plus importants dans ce secteur à l'échelle de l'analyse globale des effets visuels.
2611 – Vallée de Chevreuse	T2	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : MODEREE** Bien que la vallée présente des enjeux patrimoniaux, le fuseau n'en recoupe qu'une petite partie. **A l'échelle du tronçon T2 : FORTE**	**Modérés à forts** En fonction de la hauteur du viaduc prévu, des vues sur ce dernier lorsqu'il vient en bordure de vallée peuvent être à prévoir.
Ensemble géographique – Pays de France				
2201 – Butte de l'Aulnaye	T1	NON	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Forêt Régionale de Bondy recoupée par le fuseau **A l'échelle du tronçon T1 : MODEREE**	**Faibles** Les variantes du tracé passent en souterrain. Les paysages remarquables des Coteaux de l'Aulnoye ne sont pas touchés.
2203 – Plaine de France	T5	**OUI**	**A l'échelle de l'unité paysagère : FORTE** Passage en aérien Parc départementale du Sausset recoupé Parc de la Poudrerie très proche du fuseau **A l'échelle du tronçon T5 : MODEREE** Paysages non remarquables pour les variantes en aérien Fort impact visuel du réseau d'infrastructures	**Faibles à Modérés** Le secteur devrait être prochainement urbanisé. La portée visuelle du projet sera limitée aux abords immédiats. Les covisibilités ne seront pas impactantes dans la mesure où le paysage agricole d'accueil est particulièrement déstructuré par le tissu urbain et le réseau d'infrastructures existant.

Carte P2.G.III.5.1-1 : Localisation des effets visuels majeurs

Société du Grand Paris

Evaluation environnementale des projets constituant le réseau de transport public du Grand Paris (étude d'impact environnemental) - Etude globale



Fuseau

Unité paysagère

Variantes prévues en aérien : secteurs visuellement les plus impactés

Zones de vigilance

Zones de vigilance : Traversée de la Bièvre

Effets visuels depuis les fonds de vallée

Effets visuels éloignés depuis la plaine de France

Effets visuels ponctuels selon la présence/la nature d'éléments ponctuels liés aux travaux ou autres émergences terrestres

1 - Parc de St-Cloud
2 - Berges de Seine
3 - Île St-Germain

Cartographie : Biotope, 2012

0 2.5 5 10 15
Kilomètres

N W E S

3.5.1.3 Synthèse

Pour conclure, les effets visuels concernent en priorité les secteurs présentant des variantes en extérieur, d'autant plus qu'elles sont prévues en viaduc.

Les effets visuels sont donc géographiquement inégalement répartis à l'échelle du fuseau global. Ils concernent des secteurs précis comme le plateau de Saclay et les vallées qui le bordent, le secteur de Versailles (tronçon 2) et le Parc de Saint-Cloud (tronçon 4), l'Ile de Monsieur (tronçon 0). Enfin, sur le tronçon T5, bien qu'une partie du tracé soit prévue en aérien, les effets visuels peuvent être pondérés par le fait que les secteurs ne présentent pas actuellement d'intérêt paysager mais également par le fait qu'ils sont voués à l'urbanisation.

Pour les tracés en aérien, les effets visuels en phase exploitation s'atténueront dans le temps et avec le renouvellement des générations (notamment « celles qui n'auront pas connus l'avant Grand Paris Express »).

Pour les tracés en souterrain, les effets visuels se feront essentiellement en phase travaux et de manière ponctuelle.

3.5.2 Patrimoine culturel protégé

A ce stade de définition du projet, les impacts potentiels du projet Grand Paris Express sur le patrimoine culturel protégé sont essentiellement liés aux effets visuels directs ou indirects, qu'ils soient temporaires ou permanents. La sensibilité des monuments, sites et espaces protégés vis-à-vis du projet est donc évaluée en fonction des possibilités de relations visuelles (notion de champ de visibilité pour les monuments historiques, préservation de l'intégrité pour les sites, compatibilité avec les motivations de protection pour les ZPPAUP...).

A l'échelle globale, l'évaluation des effets du projet sur le patrimoine culturel présentée ci-après constitue donc une identification des principaux effets prévisibles sur le patrimoine culturel à l'échelle du fuseau d'étude, et non une synthèse des impacts. L'analyse sera plus détaillée dans les études d'impact tronçon.

3.5.2.1 Sites classés et sites inscrits

L'évaluation des effets prévisibles du projet sur les sites protégés présentée dans le tableau ci-après s'appuie sur plusieurs observations :

- le niveau de protection du site (inscrit ou classé) correspond à un niveau sensibilité différent donc à un impact différent (le classement étant une protection plus forte que l'inscription) ;
- la part du périmètre comprise dans le fuseau d'étude et sa position au sein du fuseau (entièrement inclus, en marge, au cœur du fuseau, traversé de part en part,...) étant entendu que lorsque le site est en marge du fuseau, les aménagements seront certainement en dehors de ce site;
- la présence de passages aériens ou souterrains ainsi que la proximité avec une gare (tampon 500 m) sachant qu'il convient de prendre en compte pour les sections souterraines la présence régulière d'ouvrages d'aération et/ou de sécurité;
- la nature du site et sa configuration au niveau du projet (contexte urbain, naturel, boisé topographie locale, ...).

La considération de l'ensemble de ces éléments permet d'évaluer les effets du projet qui seront essentiellement visuels, directs ou indirects. Les menaces qui résultent de ces effets visuels se portent sur l'intégrité du site et correspondent aux effets visuels mis en perspective avec les motivations de protection et les qualités intrinsèques des sites.

Le site de la *'Carrières de craie Arnaudet'* à Meudon fait toutefois figure d'exception puisque le site est souterrain et est inclus dans un secteur où le passage du métro est prévu en souterrain. Dans ce cas particulier, les effets du projet sont potentiellement forts (déstabilisation voire destruction du site) et une étude plus fine sera présentée dans l'étude tronçon concernée sur base d'éléments techniques plus précis.

Tableau 3.5-2 : Liste des sites inscrits ou classés situés dans le fuseau et évaluation des effets prévisibles.

Nom des sites	*Statut*	*Tronçon*	*Passage aérien*	*Communes concernées*	*Effets prévisibles*
Domaine de Brimborion	**Classé**	T0	Non	Sèvres	**Modérés** En marge du fuseau - contexte urbain - Proximité gare 'Pont de Sèvres'
Parc de la propriété Les Tybilles	**Classé**	T0	Non	Meudon	**Faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Colline de Brimborion	Inscrit	T0	Non	Sèvres, Meudon	**Faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Bois de Meudon et Viroflay	Inscrit	T0	Non	Sèvres, Meudon	**Nuls** Site vaste recoupant de façon marginale le fuseau
Pont de Sèvres, place, route et terrains	Inscrit	T0/T4	Non	Sèvres, Saint-Cloud, Boulogne-Billancourt	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau - Proximité gare 'Pont de Sèvres'
Musée Rodin	**Classé**	T0	Non	Meudon	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau - contexte urbain
Carrières de craie Arnaudet (souterraines)	**Classé**	T0	Non	Meudon	**Forts** Site souterrain entièrement compris dans le fuseau
Parc Frédéric Pic	**Classé**	T0	Non	Vanves	**Faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Quartiers anciens	Inscrit	T0	Non	Saint-Maur-des-Fossés	**Faibles** Entièrement compris dans le fuseau - proximité gare 'Saint-Maur'
Ile Monsieur	**Classé**	T0/T4	Non	Sèvres	**Modérés à Forts** Entièrement compris dans le fuseau - proximité gare 'Pont de Sèvres'
Parc forestier de Sevran	**Classé**	T1	Non	Sevran	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Mairie et parc	Inscrit	T1	Non	Clichy-sous-Bois	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Château et parc de Noisiel	Inscrit	T1	Non	Noisiel, Champs-sur-Marne	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau - contexte semi-naturel
La Sablière	Inscrit	T1	Non	Champs-sur-Marne	Site en grande partie dans le fuseau - contexte semi-naturel
Domaine de Launay	**Classé**	T2	**Oui***	Orsay	**Faibles** En marge du fuseau
Château, parc et bois	**Classé**	T2	**Oui***	Villiers-le-Bâcle	**Modérés à Forts** Site en grande partie dans le fuseau et passage aérien
Vallée de la Mérantaise	**Classé**	T2	**Oui**	Magny-les-Hameaux, Châteaufort, Villiers-le-Bâcle	**Modérés à Forts** Site longeant le fuseau et passage aérien sur le plateau dominant la vallée
Vallée de Chevreuse	Inscrit	T2	**Oui**	Châteaufort, Magny-les-Hameaux, Orsay, Saint-Aubin, Villiers-le-Bâcle	**Faibles** Site vaste recoupant de façon marginale le fuseau sauf au niveau d'Orsay
Vallée de la Bièvre	**Classé**	T2	**Oui***	**Buc, Guyancourt, Versailles**	**Modérés à Forts** Site traversé par le fuseau correspondant à une coupure d'urbanisation
Vallée de la Bièvre et étangs de Saclay	Inscrit	T2	**Oui***	Buc, Guyancourt, Versailles	**Modérés à Forts** Site traversé par le fuseau correspondant à une coupure d'urbanisation
Domaine La Solitude	**Classé**	T2/Ligne verte	Non	Versailles	**Modérés à Forts** Site au cœur du fuseau et à proximité du projet de gare 'Versailles-Chantiers'
Domaine de Montreuil	**Classé**	T2/Ligne verte	Non	Versailles	**Modérés** En grande partie compris dans le fuseau mais en marge - contexte urbain
Quartiers anciens	Inscrit	T2/Ligne verte	Non	Versailles	**Modérés** Site traversé par le fuseau - contexte urbain -proximité de la gare 'Versailles-Chantiers'
Abords du domaine de Montreuil	Inscrit	T2/Ligne verte	Non	Versailles	**Faibles**

Nom des sites	*Statut*	*Tronçon*	*Passage aérien*	*Communes concernées*	*Effets prévisibles*
					En grande partie compris dans le fuseau en marge - contexte urbain
Bois de Fausses-Reposes	Inscrit	Ligne verte	Non	Marnes-la-Coquette, Versailles, Ville-d'Avray, Vaucresson	**Modérés** Site traversé par le fuseau - contexte boisé mais très marqué par les infrastructures routières
Domaine de la Malmaison	**Classé**	Ligne verte	Non	Rueil-Malmaison	**Modérés à Forts** Site en grande partie dans le fuseau - contexte boisé
Ancien domaine de la Malmaison	Inscrit	Ligne verte	Non	Rueil-Malmaison	**Faibles** Site en grande partie dans le fuseau - contexte urbain pavillonnaire / boisé
Propriétés riveraines du boulevard de Belle-Rive	Inscrit	Ligne verte	Non	Rueil-Malmaison	**Faibles** Entièrement compris dans le fuseau - contexte urbain pavillonnaire / boisé
Ile du Chiard	Inscrit	Ligne verte	Non	Chatou	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - Isolement lié à l'insularité
Grande-Ile	**Classé**	Ligne verte	Non	Chatou	**Faibles à modérés** En marge du fuseau - proximité gare 'Rueil' - Isolement lié à l'insularité
Grande-Ile	Inscrit	Ligne verte	Non	Chatou	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - proximité gare 'Rueil'- Isolement lié à l'insularité
Centre ancien	Inscrit	T4/ Ligne verte	Non	Nanterre	**Modérés** Au cœur du fuseau - contexte urbain - proximité gare 'Nanterre La Boule'
Terrasse du Mont-Valérien ou de Fécheray	Inscrit	T4	Non	Nanterre, Suresnes	**Faibles à modérés** En marge du fuseau - proximité gare 'Rueil-Suresnes' - position dominante
Cité Jardin	Inscrit	T4	Non	Suresnes	**Faibles** Site en grande partie dans le fuseau - contexte urbain
Vigne communale	**Classé**	T4	Non	Suresnes	**Faibles** Site de petite taille entièrement dans le fuseau, en marge - contexte urbain
Hippodrome de Saint-Cloud	**Classé**	T4	Non	Saint-Cloud, Rueil-Malmaison	**Faibles à modérés** En marge du fuseau
Château et parc de Béarn	Inscrit	T4	Non	Saint-Cloud	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau- contexte urbain - proximité gare 'Saint-Cloud'
Quartiers anciens	Inscrit	T4	Non	Saint-Cloud	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau - contexte urbain - proximité gare 'Saint-Cloud'
Bois de Saint-Cloud et parc de Villeneuve-l'Etang	**Classé**	T4	Non	Saint-Cloud/Sèvres	**Modérés à Forts** Site vaste recoupant de manière significative le fuseau - proximité gares 'Saint-Cloud' et 'Pont de Sèvres'
Ensemble urbain	Inscrit	L14/T3	Non	Paris 8 - 9 - 13 - 17 - 18E	**Modérés** Site vaste en marge du fuseau - contexte urbain très dense
Cité Daviel	Inscrit	T3	Non	Paris 13E	**Faibles** Site de petite taille entièrement dans le fuseau, en marge - contexte urbain
Avenues de Versailles et de la République	Inscrit	T3	Non	Thiais	**Faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Propriété	**Classé**	Ligne orange	Non	Nogent-sur-Marne	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Terrain Sous la Lune	**Classé**		Non		
Cité-jardin	Inscrit	T4	Non	Gennevilliers	**Faibles** En marge du fuseau - contexte urbain - proximité gare 'Les Agnettes'
Quartiers urbains	Inscrit	T4	Non	Neuilly-sur-Seine	**Nuls à faibles** En marge du fuseau - contexte urbain
Parc Lebaudy	**Classé**	T4	Non	Puteaux	**Modérés** Entièrement compris dans le fuseau mais en marge - isolement lié à l'insularité

** selon la variante retenue*

Ainsi se distinguent plusieurs secteurs sur lesquels les effets du projet peuvent être importants sur les sites protégés. Il s'agit notamment de zones suivantes :

- Le tronçon 0 sur son extrémité ouest (Sèvres, Meudon), comprenant le cas particulier du site souterrain des 'Carrières de craie Arnaudet' à Meudon ;
- Le tronçon 2 principalement sur les secteurs où des portions en aériens sont envisagées, au droit des ensembles Vallée de la Mérantaise/Vallée de Chevreuse et Vallée de la Bièvre/Versailles ;
- Le tronçon 4 sur l'essentiel de son tracé et plus particulièrement dans sa partie sud (Saint-Cloud, Sèvres) ;
- La ligne verte sur l'essentiel de son tracé.

3.5.2.2 Monuments historiques

L'agglomération parisienne est un secteur particulièrement riche en monuments protégés. Il est donc inévitable qu'un projet comme celui du Grand Paris Express approche ces monuments et leurs périmètres de protection.

Le principe qui a prévalu depuis les premières phases d'élaboration du projet, notamment dans le choix du fuseau lors des études préliminaires et plus spécifiquement lors des études d'avant projet sommaire, est celui de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé. Ainsi, les travaux et aménagements liées aux futures lignes du projet de réseau de transport public ne prévoient à ce stade pas la destruction de monument historique classé ou inscrit.

Certains travaux sont toutefois prévus dans des périmètres de protection des monuments historiques (500 m en général).

Au total, ce sont environ 135 périmètres de monuments historiques classés et inscrits sont traversés par les fuseaux du projet Grand Paris Express.

A ce stade, le projet fait potentiellement peser deux principaux types de menaces sur les monuments historiques :

- des menaces sur l'intégrité physique des édifices liées aux vibrations en phase travaux ou en phase exploitation qui peuvent potentiellement déstabiliser les immeubles protégés. L'évaluation des incidences liées aux vibrations sur le bâti existant fera l'objet d'un premier travail de modélisation dans les études d'impact tronçon. A ce stade, l'impact des vibrations sur l'intégrité physique des monuments historique reste donc potentiel ;
- des effets visuels portant atteinte à la monumentalité ou à l'identité des édifices protégés (modification des perspectives, génération de co-visibilités défavorables, changement de l'identité visuelle par l'introduction d'éléments de vocabulaire, de volume,... différents de l'état actuel).

Seul l'effet visuel sera traité dans la suite de cette analyse, travail qui sera détaillé davantage dans les études d'impact tronçon.

Ces effets du projet sont cristallisés au niveau des séquences aériennes et des émergences du réseau souterrain pour la phase exploitation.

En premier lieu, les effets visuels des sections en aérien risquent d'être les plus impactants. Le tableau ci-dessous recense les monuments historiques concernés par ces sections.

Tableau 3.5-3 : Liste des monuments historiques (ou leur périmètre associé) concernés par les fuseaux d'étude prévu en aérien.

Nom du Monument protégé	*Type de protection*	*Tronçon*	*Communes concernées*	*Effets prévisibles*
Maison-atelier de Foujita	Inscrit	T2	Villiers-le-Bâcle	**Faibles** Monument de dimension modeste situé en marge du fuseau, au sud du bourg, en rebord de plateau et tourné vers la vallée au sud - risque de co-visibilité très faible
Château	Inscrit	T2	Villiers-le-Bâcle	**Modérés** Edifice protégé par un écrin boisé, en rebord de plateau (ouverture visuelle orientée vers le sud) - Forte sensibilité des boisements qui l'entourent NB : L'édifice est également protégé par le site classé 'Château, parc et bois'
Porte de Mérantais	Inscrit	T2	Magny-les-Hameaux	**Modérés** Périmètre de protection presque entièrement compris dans le fuseau - Contexte semi-ouvert (golf) - tracé du projet suivant une infrastructure routière existante (RD 36) - risque réel de co-visibilité
Eglise Saint-Victor	Inscrit	T2	Guyancourt	**Faibles** Contexte urbain - variante du projet suivant une infrastructure routière existante (Avenue de l'Europe)- relative proximité du projet de gare 'Saint-Quentin Est' (800 m minimum) - risque de co-visibilité très faible
Pavillon de l'aluminium (démontable)	Inscrit	T5	Villepinte	**Faibles** Situé au sein du parc des expositions de Villepinte - risque réel de co-visibilité avec le projet – co-visibilité toutefois peu impactante
Grange aux dîmes	Inscrit	T5	Tremblay-en-France	**Nuls à faibles** Situé dans la ferme du château au sein du bourg- périmètre de 500 m très marginalement intersecté par le fuseau - risque de co-visibilité nul
Eglise Saint-Médard	Classé	T5	Tremblay-en-France	**Modérés** Situé dans la ferme du château au sein du bourg - périmètre de 500 m très marginalement intersecté par le fuseau - risque de co-visibilité très faible

En second lieu, les émergences du tracé souterrain, intervenant ponctuellement mais régulièrement le long du tracé, sont également susceptibles d'intervenir dans les champs visuels de nombreux

monuments protégés voire de porter atteinte à l'identité propre des secteurs d'implantation. Il s'agit :

- des gares, l'ouvrage en lui-même mais également des équipements connexes tels que des parkings ou d'autres plus indirectement lié au projet. C'est également proche des gares que les opérations de constructions de nouveaux logements devraient voir le jour. Il faut noter que la Société du Grand Paris est Maître d'ouvrage de la boîte de la gare uniquement (quai et rails) et que les projets connexes seront portés par les collectivités ;

- des sites de maintenance,

- des divers ouvrages de sécurité (puits de ventilation, accès pompiers,...).

Enfin, les sections souterraines en elles-mêmes ne sont pas exemptes d'impacts visuels sur les monuments puisque la phase travaux sera à l'origine d'impacts temporaires (base vie de chantier, stockage de matériaux, passages d'engins, travaux de déblais/remblais,...) ou permanents (abattage d'arbres, défrichement,...).

Plus généralement, la phase travaux sera à l'origine d'impacts visuels sur les monuments protégés. Ces impacts seront principalement temporaires mais pourront également être plus durable, notamment en cas d'intervention sur la végétation existante).

A cette étape de l'étude globale, le positionnement et la nature des ouvrages n'est pas suffisamment précis pour évaluer leur impact précis sur les monuments historique. La caractérisation de l'impact de ces composantes du projet sera étudiée plus précisément dans les études par tronçon.

Toutefois, il est possible d'identifier les effets potentiels sur projets sur les monuments ou leurs abords :

- un risque de dégradation du monument lui-même par la production de vibrations;

- une modification de l'identité paysagère aux abords des monuments (phénomène de co-visibilité/inter-visibilité,...) ;

- une modification des modalités de perception des monuments (phénomène de co-visibilité/inter-visibilité,...).

3.5.2.3 ZPPAUP, AMVAP et Secteur sauvegardé de Versailles

Tout d'abord, le fuseau du tronçon 2 traverse la ZPPAUP de Massy qui couvre l'ensemble du territoire de la commune. La section est prévue en souterrain mais deux projets de gare sont envisagés sur la commune et sont donc situés à l'intérieur du périmètre de la ZPPAUP : Massy-Palaiseau TGV et Massy-Opéra. Si le premier s'inscrit dans un contexte ferroviaire déjà très affirmé (gare RATP et gares SNCF), le second est prévu dans un contexte différent, à l'interface entre des zones d'habitat denses (Grand Ensemble de Massy) et des zones de loisirs (parc Georges Brassens, stade). L'impact du projet de la gare 'Massy-opéra' sera étudié plus finement dans l'étude du tronçon 2, et évalué à la lumière des motivations de la ZPPAUP sur ce secteur.

Le fuseau du tronçon 2 longe également le secteur sauvegardé de Versailles sur sa partie orientale. La gare de 'Versailles-Chantiers' devrait se situer en dehors de ce secteur protégé (2 variantes sont encore à l'étude à la rédaction de ce rapport) et sur le site de la gare SNCF existante. A ce stade, l'impact du projet sur le secteur sauvegardé est difficilement évaluable et il est possible qu'aucun élément lié au projet ne s'inscrive dans le périmètre secteur sauvegardé.

Ensuite, le fuseau d'étude intersecte très partiellement les ZPPAUP de Clamart (T0) et Gennevilliers (T4) et effleure à la marge celles de Fontenay-sous-Bois (Ligne orange) et Carrières-sur-Seine (Ligne verte), les variantes envisagées sont en dehors de ces sites.

L'impact du projet sur ces zonages est a priori faible à nul, mais sera précisé dans les études par tronçon.

3.5.2.4 Synthèse

Le projet se situant principalement en souterrain, il entre assez rarement en interaction avec le paysage urbain ou encore avec les monuments ou sites présentant une valeur historique et patrimoniale et bénéficiant à ce titre d'une protection réglementaire (monuments historiques classés, sites inscrits ou secteurs sauvegardés).

En effet, le principe de construction en souterrain de l'essentiel du réseau de transport public permet de limiter fortement l'impact direct et permanent du projet sur le patrimoine protégé.

En revanche, les équipements réalisés en partie en surface pour la construction des stations, des ouvrages de services et des sites de maintenance et de remisage se situent parfois dans les périmètres des monuments historiques classés, sites inscrits ou secteurs sauvegardés. Dans ce cas le paysage et le patrimoine présentent donc une sensibilité forte limitée à ces seuls aménagements en surface. Les impacts temporaires ou permanents liés aux travaux ou à la phase d'exploitation sur ces secteurs seront étudiés avec précision dans les études par tronçon (co-visibilité, intégrité des sites et monuments,...).

Enfin, au sein des tronçons T2 et T5, des variantes sont prévues en aérien. Sur ces secteurs, l'ensemble du projet que ce soit en phase chantier ou exploitation est susceptible d'impacter visuellement les éléments ou espaces protégés.

Sur les tronçons prévus en souterrain (T0, T1, T3, et T4), seuls éléments aériens pourront entretenir des relations visuelles avec le patrimoine protégé. Il s'agit principalement des gares et des émergences diverses ainsi que des installations nécessaires aux travaux.

La nature et l'importance de l'impact du projet sur les éléments protégés seront donc étroitement liées à la réalité des relations visuelles entre le projet et l'élément protégé et à la capacité du projet à s'intégrer dans son environnement paysager et dépendront :

- de la nature du projet (passage aérien ou passage souterrain, tranchée couverte,...) ;

- de la localisation et des caractéristiques techniques et architecturales des équipements de la ligne (gares, puits d'aération, ...) ;

- des modalités de réalisation des travaux ;

- des caractéristiques propres aux sites, monuments ou secteurs protégés (identité locale, position topographique, végétation existante, tissu bâti environnant, perceptions existantes dans l'environnement actuel).

Une grande part des impacts prévisibles sera à réévaluer à l'avancement du projet lors des études par tronçon. De plus des mesures d'évitement, d'intégration... sont à ce stade encore susceptibles de réduire significativement ces impacts.

3.5.3 Patrimoine archéologique

Le fuseau d'étude du projet intersecte à ce stade 556 Sites archéologiques de vestiges et 110 périmètres de saisine. Ceux effectivement concernés par le projet seront présentés dans les études par tronçon lorsque les variantes retenues et le positionnement des ouvrages sera précisé. Le détail des relevés des sites archéologiques est fourni dans les études par tronçon.

Les principaux secteurs de sensibilité sur les différents tronçons au sein du fuseau d'étude se répartissent de la façon suivante :

- le tronçon 0 sur deux secteurs principaux : Boulogne-Billancourt/Issy-les-Moulineaux à l'ouest et le secteur Arcueil/Cachan/Villejuif, mais également sur les communes de Saint-Maur-des-Fossés et Villiers-sur-Marne ;
- le tronçon 1 sur l'essentiel de son linéaire (de Gournay-sur-Marne au Bourget) ;
- le tronçon 2 avec le secteur de Villiers-le-Bâcle, Saint-Aubin, Saclay, Orsay, Palaiseau, Saint-Aubin et Gif-sur-Yvette mais également sur les communes de Guyancourt, Massy et Wissous ;
- le tronçon 3 au niveau de Villejuif, Gentilly, Kremlin-Bicêtre et de Paris 13ème ;
- le tronçon 4 au niveau de Boulogne-Billancourt et de Rueil-Malmaison ;
- le tronçon 5 avec le secteur de Saint-Denis, La Courneuve, Aubervilliers, Le Bourget et plus isolément Tremblay-en-France, Le-Mesnil-Amelot et Gonesse ;
- le tronçon 6 avec le secteur de Saint-Ouen, L'Île-Saint-Denis, Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Courbevoie, Nanterre et Rueil-Malmaison.

Les impacts du projet sur le patrimoine archéologique peuvent par exemple consister :

- en la destruction de vestiges ou de traces attestant du mode d'occupation du territoire et du type d'organisation des sociétés anciennes
- en la destruction de sites, édifices et vestiges touchant aux cultes, croyances et pratiques funéraires
- en la destruction d'objets témoignant du savoir faire artisanal des sociétés disparues.

On peut considérer que la création du Grand Paris Express aura des incidences faibles à fortes sur l'archéologie suivant les tronçons car:

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permet 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 peut être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du tronçon 5 entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon 2 notamment 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 été déjà 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 concerne dons 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 des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

3.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques

3.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains

3.6.1.1 Evaluation des incidences

Les réseaux et ouvrages souterrains pris en compte sont les suivants :

- les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, eau chaude/réseau CPCU,
- les grands collecteurs et réseaux d'assainissement des eaux usées,

Les incidences du projet sur les réseaux et ouvrages souterrains sont de plusieurs ordres en fonction des éléments du projet pris en considération.

Elles sont dues essentiellement à la mise en place des éléments suivants :

- Emprise du chantier (cantonnements, stockage de matériaux matériels…),
- Evacuation des matériaux de déblai,
- Creusement du tunnel,
- Création des puits d'accès au tunnel pour l'organisation du chantier,
- Passage des engins de chantier,
- Ancrages du réseau en aérien sur infrastructures (si la solution est retenue),
- Passage du réseau en aérien au sol (si la solution est retenue),

- Construction des gares souterraines,
- Construction des jonctions entre gares souterraines et gares de surface,
- Construction des gares de surface,
- Emergences (ventilation…).

Cependant, les incidences liées à la mise en place des éléments précités sont surtout valables pour la phase chantier du projet, les incidences du projet en phase exploitation étant issues essentiellement des vibrations émises, et sont décrites dans la partie dédiée aux vibrations.

La phase chantier a potentiellement pour incidences principales directes les suivantes :

- Déstabilisation des ouvrages,
- Dégradation des ouvrages,
- Destruction des ouvrages.

Ces incidences ne seront pas évaluées quantitativement ni qualitativement dans la présente étude car les études géotechniques n'ont pas été faites et les études préliminaires ne sont pas terminées. Ces incidences dépendent en effet :

- de la position exacte de l'ouvrage par apport à la géologie : la nature et la caractéristiques géotechniques de la roche encaissante sont essentielles dans cette analyse ;
- de la position exacte de l'ouvrage par rapport aux nappes d'eau souterraines : le fait que l'ouvrage soit immergé ou non, ou en partie seulement, est essentielle pour prendre en compte les effets sur les ouvrages voisins ;
- de la méthode constructive retenue finalement : certaines méthodes, la tranchée couverte par exemple, nécessitent de rabattre la nappe pour dénoyer la zone de travail en phase chantier. Cet abaissement de la piézométrie, lorsqu'il est mal maîtrisé, peut dénoyer des zones riveraines et certains ouvrages, dénoiement qui est susceptible d'engendrer des tassements dus aux modifications des propriétés mécaniques des roches supports.

Les conséquences corollaires, en fonction de la nature des ouvrages, peuvent être dramatiques :

- Fuites de collecteurs par fissuration ou rupture, qui peuvent à leur tour entraîner des déstabilisations de terrain et l'effondrement de certains ouvrages de surface, par ennoiement ou humidification des roches supports (le gonflement de certaines argiles du à l'humidification par exemple),
- Emanations ou explosions de gaz, ou fuite des réseaux de chaleur par fissuration ou rupture de conduite,
- Pollutions liées à des fuites des canalisations de pétrole, d'eaux usées,
- Dégâts humains et matériels suite aux évènements cités ci-dessus,
- Etc.

Certains impacts sur les réseaux et ouvrages souterrains peuvent se cumuler par une relation de cause à effet, la déstabilisation d'un ouvrage pouvant impliquer par exemple sa destruction à moyen et long terme.

Cependant, l'objectif majeur du chantier et du projet est le risque zéro. Il s'agit d'une obligation morale de résultat. Cela signifie que le projet a pour objectif sur les éléments suivant :

- Zéro fissure,
- Zéro dégradation,
- Zéro affaissement,
- Zéro destruction accidentelle.

3.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols

3.6.2.1 Evaluation des incidences

Les éléments pris en compte dans ce paragraphe sont les éléments suivants :

- Fondations de bâtiments et des ouvrages de surface,
- Niveaux de sous-sols,
- Bâtiments et ouvrages de surface.

Les incidences du projet sur ces éléments sont de plusieurs ordres en fonction des éléments du projet pris en considération.

Elles sont dues essentiellement à la mise en place des éléments suivants :

- Emprise du chantier (cantonnements, stockage de matériaux matériels…),
- Evacuation des matériaux de déblai,
- Creusement du tunnel,
- Création des puits d'accès au tunnel pour l'organisation du chantier,
- Passage des engins de chantier,
- Ancrages du réseau en aérien sur infrastructures (si la solution est retenue),
- Passage du réseau en aérien au sol (si la solution est retenue),
- Construction des gares souterraines,
- Construction des jonctions entre gares souterraines et gares de surface,
- Construction des gares de surface,
- Emergences (ventilation…).

Cependant, les incidences liées à la mise en place des éléments cités précédemment sont surtout valables pour la phase chantier du projet, les incidences du projet en phase exploitation étant issues essentiellement des vibrations émises, et sont décrites dans la partie dédiée aux vibrations.

La phase chantier a potentiellement pour incidences principales directes les suivantes :

- Déstabilisation des ouvrages
- Dégradation et fissuration des ouvrages
- Destruction des ouvrages

Comme pour les réseaux, et pour les mêmes raisons, ces incidences ne seront pas évaluées quantitativement ni qualitativement dans la présente étude

Les conséquences corollaires, en fonction de la nature des ouvrages, peuvent être dramatiques :

- Effondrement des bâtiments,
- Emanations ou explosions dues aux réseaux de gaz de ville pour les bâtiments qui en sont alimentés, ou des réseaux de chaleur,
- Pollutions liées à des fuites des chaudières à fioul détruites dans l'effondrement d'un bâtiment,
- Dégâts humains et matériels suite aux évènements cités ci-dessus.

Certains impacts sur le bâti, les fondations et les niveaux de sous-sols peuvent se cumuler par une relation de cause à effet, la déstabilisation d'un ouvrage pouvant impliquer par exemple sa destruction à moyen et long terme, plus difficile à anticiper que le très court terme.

Concernant la couverture bâtie de surface, le projet peut entraîner par le choix de la localisation des émergences ou des gares de surface la destruction volontaire des bâtiments situés dans leur emprise. Mais cet impact est maîtrisé puisqu'il est une conséquence connue et maîtrisée du projet.

Cependant, l'objectif majeur du chantier et du projet est le risque zéro. Il s'agit d'une obligation morale de résultat. Cela signifie que le projet a pour objectif sur les éléments suivant :

- Zéro fissure,
- Zéro dégradation,
- Zéro affaissement,
- Zéro destruction accidentelle.

A cette fin, une série de mesures d'évitement et de solutions de substitution sont prises afin de ne pas parvenir aux incidences décrites précédemment.

3.6.3 Risques naturels et technologiques

3.6.3.1 Risques géologiques

Les risques géologiques concernant le projet sont la présence d'anciennes carrières souterraines, la dissolution du gypse, les mouvements de terrains et le retrait gonflement des argiles.

Comme pour les ouvrages souterrains ci-dessus, les incidences ne seront pas quantifiées car les études géotechniques n'ont pas été réalisées et les études préliminaires ne sont pas terminées.

a) Phase travaux

Présence d'anciennes carrières :

Ce risque est lié aux anciennes carrières d'exploitation du calcaire grossier et du gypse qui sont essentiellement localisées dans la partie Ouest de la zone couverte par le fuseau. Les galeries souterraines y sont nombreuses, parfois étendues sur plusieurs étages, et 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 sur le calcaire.

Rappelons que le calcaire, comme le gypse, est soluble dans l'eau. Les galeries vides deviennent des axes privilégiés de circulation des eaux souterraines. La dissolution progressive du calcaire fragilise le toit des galeries, provoquant des désordres en surface de nature différente :

- Les fontis sont des effondrements ponctuels, le plus souvent circulaires, localisés à l'aplomb des cavités. Ils sont initiés par la rupture du toit de la galerie ou du vide par cisaillement des appuis. Les vides peuvent remonter vers la surface après affaissement des terrains les recouvrant et provoquer alors une cavité appelée fontis.
- Les affaissements, visibles en surface, se présentent sous forme de cuvettes peu profondes. Ils sont souvent consécutifs à l'apparition d'un fontis en profondeur.
- Les effondrements généralisés se caractérisent par la rupture de plusieurs piliers d'une même carrière. Ils sont donc susceptibles d'affecter une superficie de plusieurs hectares.

Ces galeries sont donc à l'origine de contraintes géotechniques fortes au moment de la réalisation du projet. En effet, la traversée des galeries par le tunnel constitue un risque important dans la mesure où elle est susceptible de générer des tassements pouvant déstabiliser l'équilibre parfois précaire des niveaux de carrières. Il est également important de pointer le risque d'effondrements de carrières engendré par les vibrations issues des travaux dans le tunnel.

Dans le cadre du projet, il est donc essentiel d'évaluer le risque de tassements significatifs des étages exploités en carrière.

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

Cependant, il n'existe pas de cartographie exhaustive de ces carrières. 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 seront donc indispensables avant tout aménagement dans ces zones sensibles afin de rechercher d'éventuelles cavités.

Problématique du gypse :

Le risque géologique lié à la présence de gypse est présent sur l'ensemble de la zone couverte par l'enveloppe du fuseau, à l'exception du secteur sud-est appartenant au plateau de Brie (secteur de la gare de Noisy-Champs).

Le gypse est intégré à la formation des Masses et Marnes du Gypse dont l'épaisseur et la profondeur varient à l'échelle du linéaire. En certains endroits, cette formation sera traversée lors de la construction du réseau qui s'effectuera au tunnelier. Cependant, de même que pour les anciennes carrières, la cartographie de ces zones de gypses n'étant pas exhaustive, certaines portions du fuseau, non identifiées actuellement comme telles, seront potentiellement concernées par ce risque. De plus, la répartition des inclusions de gypse présente un caractère aléatoire, ce qui

explique la difficulté à circonscrire avec précision les zones à risque, d'autant plus que la présence de gypse ne constitue pas à elle seule un danger.

Face à cet aléa, le risque généré par les travaux du tunnel est la dissolution du gypse qui est engendrée par la création de circuits d'eau. Il en résulte l'apparition d'un vide franc ou d'une zone décomprimée dans le sous-sol.

L'instabilité des terrains situés au-dessus du gypse peut prendre trois aspects principaux :

- L'effondrement de terrain pouvant atteindre plus d'un mètre de profondeur à l'aplomb de la cavité, lorsque celle-ci est importante et/ou peu profonde ;

- L'affaissement de terrain, déformation en surface, pouvant atteindre plusieurs décimètres, lorsque les cavités sont de petit volume et/ou situé sous un recouvrement important ;

- La perte de caractéristiques mécaniques des terrains.

Retrait-gonflement des argiles :

Le phénomène de retrait-gonflement des argiles est dû pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau. Ces variations de volume se traduisent par des mouvements différentiels de terrain, susceptibles de provoquer des désordres en surface, au niveau du bâti.

Cet aléa est donc très élevé lorsque ces argiles affleurent et constituent les premiers mètres de la formation en place. Il existe également en profondeur mais dans une moindre mesure.

A partir des données du BRGM, sur les niveaux d'aléas de retrait et gonflement des argiles, il ressort qu'une grande partie du fuseau est située en zone d'aléa faible mais comprend ponctuellement des zones sensibles que nous avons cité dans la partie II. 6. 3.

Ce phénomène est fortement influencé par le facteur climatique mais un autre facteur de déclenchement important est le facteur anthropique. En effet, tous travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains ainsi que l'évaporation naturelle, sont susceptibles d'entrainer des modifications de teneur en eau de la tranche superficielle du sol.

Ce risque concerne donc essentiellement les aménagements localisés en surface tels que les gares, les points particuliers (ouvrages annexes, points d'accès tunnelier).

Glissements de terrain :

Cette problématique intègre essentiellement les risques d'affaissements de formations superficielles en zone de pente, notamment en liaison avec des phénomènes hydrauliques.

La base BDMvt du BRGM fournit des informations de base nécessaires à la connaissance et à l'étude préalable de ces phénomènes : glissement de terrain, chutes de blocs et éboulements, coulées de boues, effondrements, érosion de berges.

La cartographie de ce phénomène par type d'événement ayant eu lieu, nous a permis d'identifier les communes les plus confrontées à ce risque. Globalement, nous pouvons constater que les zones où les effondrements ont été recensés, correspondent à des zones pentues (versants de vallées à pente significative).

De nombreuses autres zones pentues sont présentes sur la zone d'étude. Cependant, toutes ces zones sont urbanisées et sont donc aménagées de manière à ce que de tels phénomènes ne se produisent pas.

Au regard de la ponctualité et du peu de phénomène recensés, hormis au niveau du tronçon 1 sur la commune de Chelles, le risque mouvement de terrain est donc faible sur l'ensemble de la zone d'étude.

b) Phase exploitation

La phase exploitation ne génère pas d'incidence directe sur les thématiques abordées ci-dessus. Les effets négatifs survenant en phase exploitation ont en quasi totalité pour origine des effets de phase chantier ayant une action de long terme.

Par exemple, une fuite dans une conduite d'eau peut engendrer des affouillements qui sont à l'origine de désordres. La fuite est une conséquence de la fissuration de l'ouvrage en phase chantier. Il faut le temps que l'eau agisse et que les affouillements soient suffisamment grands pour que les désordres apparaissent. En général, il s'écoule plusieurs années, voire décennies, entre le début de la fuite et l'apparition des désordres.

c) Approche à l'échelle des tronçons

A l'échelle des tronçons, les impacts potentiels du projet d'infrastructure vis-à-vis des risques géologiques s'évaluent, de même qu'à l'échelle globale du projet, selon différents critères. Comme nous l'avons vu précédemment, le projet est concerné par plusieurs risques, chacun devant être pris en compte dans cette analyse. Cependant, à l'échelle du tronçon, le niveau de risque n'est pas homogène pour un même risque.

De plus, les impacts potentiels sont fonctions de la phase considérée (phase chantier et phase exploitation). Cependant, la phase exploitation ne génère pas d'incidence sur les différentes thématiques abordées.

Le tableau suivant permet de synthétiser pour chaque tronçon les risques géologiques auxquels il est confronté et avec quel degré. L'évaluation est faite au niveau des communes concernées par le risque ainsi qu'au niveau global du tronçon.

Pas de risque ou risque négligeable	*Risque faible*	*Risque moyen*	*Risque fort*

Tableau 3.6-1 : Communes et tronçons concernés par les risques géologiques

	Gypse	*Carrières*	*Glissements de terrains*	*Argiles*
Tronçon 0 Ouest		Issy-les-Moulineaux, Clamart, Malakoff, Chatillon, Montrouge, Bagneux, Arcueil, Cachan, Meudon	Issy-les-Moulineaux, Villejuif	Arcueil, Cachan, Bagneux, Chatillon, (Issy-les-Moulineaux, Meudon, Sèvres, Saint-Cloud)
Global tronçon 0 Ouest				
Tronçon 0 Est	Pas de Gypse sur ce secteur	Villejuif, Vitry-sur-Seine, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Champigny-sur-Marne	Vitry-sur-Seine	Noisy-le-Grand, Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Vitry-sur-Seine
Global				

	Gypse	*Carrières*	*Glissements de terrains*	*Argiles*
tronçon 0 Est				
Tronçon 1	Sevran, Aulnay-sous-Bois, Villepinte, Le-Blanc-Mesnil	Carrières de gypse	Chelles, Montfermeil, Aulnay-sous-Bois, Sevran, Villepinte	Champs-sur-Marne, Blanc-Mesnil, (Chelles, Montfermeil, Clichy-sous-Bois, Livry-Gargan)
Global tronçon 1				
Tronçon 2				Wissous, Massy, Palaiseau, Orsay, Gif-sur-Yvette, Villiers-le-Bâcle, Châteaufort, Magny-les-Hameaux, Guyancourt, Versailles
Global tronçon 2				
Tronçon 3		Paris, Le Kremlin-Bicêtre		(Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Paray-Vieille-Poste)
Global tronçon 3				
Tronçon 4		Suresnes	Saint-Cloud, Suresnes	(Saint-Cloud, Suresnes, Rueil-Malmaison, Nanterre)
Global tronçon 4				
Tronçon 5	La Courneuve, Saint-Ouen	Gonesse	Le Bourget	(Gonesse, Villepinte)
Global tronçon 5				
Tronçon 6		Nanterre	Nanterre	La Courneuve, Aubervilliers, Saint-Denis, Saint-Ouen
Global tronçon 6				

Cette liste de communes n'est pas exhaustive mais recense les communes les plus vulnérables.

3.6.3.2 Risques inondation

a) Phase travaux

Aspects réglementaires

D'une façon générale, le projet doit être compatible avec les Plans de Prévention des Risques Inondation.

L'infrastructure du Grand Paris Express étant majoritairement souterraine, celle-ci se situe en dehors des champs d'application des différents PPRi. Concernant les éléments situés en surface, les prescriptions du PPRi doivent être prises en compte.

Cet aspect est développé dans les études tronçons.

Incidences

Les incidences principales que peut avoir le projet Grand Paris Express sont :

- La prise d'un volume d'expansion de crue par la construction de l'ouvrage, qu'il s'agisse des gares, ou des points particuliers (accès tunneliers, puits d'aération…) ;
- L'endommagement de l'ouvrage et des équipements associés en cas de crue et d'immersion de l'eau dans l'ouvrage.

Enfin, la survenue d'une crue lors de la phase travaux entrainerait un retard dans leur réalisation.

Passage en aérien

L'incidence est faible dans le cas d'un passage en aérien en zone inondables puisque la réalisation en viaduc est privilégiée et que les seules zones concernées sont très ponctuelles sur le tronçon 2. Des mesures de réduction sont ainsi facilement réalisables.

Passage en souterrain

Lorsque le réseau est souterrain, les incidences sur le tunnel sont nulles. Les risques sont concentrés sur les gares implantées en zone inondables. En effet, la construction des gares impose des travaux en surface et la prise en compte de dispositions constructives particulières, visant à protéger et éviter l'introduction d'eau dans l'ouvrage.

Les points particuliers nécessitent aussi une vigilance. Les puits d'aération sont susceptibles de devenir des points d'entrée de l'eau dans l'ouvrage, tout comme les accès pour le tunnelier.

Evaluation des Incidences pour chaque tronçon

Pour chaque tronçon, la démarche suivante sert à évaluer les incidences vis-à-vis de l'enjeu inondation.

Superficie concernée par le risque inondation

Il est regardé la superficie concernée par un zonage PHEC. En effet, plus la superficie du fuseau en zone inondable est forte, plus la probabilité de l'implantation d'une gare ou d'ouvrages annexes soumis à ce risque est forte.

On identifie chaque tronçon selon 4 classes.

- Forte présence de zones inondables (F)
- Présence moyenne de zones inondables (M)
- Présence ponctuelle de zones inondables (P)
- Absence de zones inondables (N)

Caractéristique du Grand Paris Express

Le risque inondation a une plus forte incidence dans la mesure où le réseau est aérien. La distinction est donc faite.

Il faut préciser que le risque inondation reste très ponctuel, puisque les ouvrages sont principalement souterrains et intégreront des dispositifs de mise hors d'eau, conformément à la réglementation.

Tableau 3.6-2 : Incidence du projet pour les risques inondation – Approche par tronçon.

Tronçon	Superficie concernées par le risque	Caractéristique du réseau dans les zones inondables	Incidence potentielle
T0	Forte	Souterrain	Forte
T1	Moyenne	Souterrain	Moyenne
T2	Ponctuelle	Potentiellement aérien	Moyenne
T3	Nulle	Souterrain	Nulle
T4	Moyenne	Souterrain	Moyenne
T5	Moyenne	Souterrain	Moyenne
T4	Moyenne	Souterrain	Moyenne
Ligne orange	Ponctuelle	Souterrain	Faible
Ligne verte Versailles-La Défense	Moyenne	Souterrain	Moyenne

Cette approche sera approfondie dans les études tronçons, en prenant en compte l'implantation des gares et du tracé, éléments les plus sensibles aux risques inondation.

b) Phase d'exploitation

La phase d'exploitation n'a pas d'incidence sur le risque inondation. Les dispositions et aménagements sont mis en œuvre dès la phase travaux pour prévenir et réagir face au risque inondation.

3.6.3.3 Risques technologiques

a) Aires d'influence autour des installations classées

Les ICPE soumises à autorisation sont censées contenir leurs « risques ». Les impacts peuvent être présents au sein du site uniquement. Ainsi, les installations ICPE qui peuvent présenter des contraintes sont celles situées à 50 mètres du tracé. **A l'échelle de l'étude globale, cette approche n'est donc pas pertinente.**

Contrairement aux ICPE, les installations SEVESO ne contiennent pas leurs impacts, le périmètre de vigilance varie selon les caractéristiques de l'installation.

D'un point de vue général, le Plan d'Opération Interne (POI) et les autres documents de sécurité applicables dans l'entreprise doivent s'actualiser si le Grand Paris Express interfère avec la sécurité de leurs activités.

b) Etablissements SEVESO du fuseau d'étude

DELEK France (Vitry-sur-Seine) – T0

Classée SEVESO Seuil Haut, DELEK fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) prescrit par arrêté du préfet du Val-de-Marne en date du 6 avril 2009. **Ce PPRT est actuellement en cours d'élaboration. Le projet devra se conformer au PPRT dans la mesure où il se situe dans son périmètre.**

Les substances dangereuses présentes sur cet entrepôt pétrolier sont des installations de produits inflammables ainsi que des liquides inflammables stockés en réservoirs manufacturés. Les risques de départ de feux ou d'explosion concernent ce site.

EDF CPT (Vitry-sur-Seine) – T0

Les substances présentes sur ce site sont :

- Des liquides inflammables stockés en réservoirs manufacturés (13000m^3)
- Une installation de combustion (800 MW)

Les risques présents vis-à-vis de ce site sont les effets indirects par bris de vitre. Les autres effets d'accidents majeurs (feu de cuvette, explosion de réservoirs), sont contenus au sein du site.

SANOFI CHIMIE (Vitry-sur-Seine) – T0

Le principal risque est le risque d'émanation toxique pouvant provenir du site Sanofi-Aventis.

SMCA MANUTE CARBUR AVIATION (Paray-Vieille-Poste) – T3

Les substances dangereuses présentes sur ce dépôt d'hydrocarbure sont des installations de remplissage de produits inflammables et des liquides inflammables stockés en réservoirs manufacturés.

GALION (Antony) – T2

Sur ce site de traitement de surfaces aéronautiques, des produits toxiques sont employés et stockés. Le risque d'émanation toxique prévaut.

CCMP (Nanterre) – T4

Des installations de chargement ou de déchargement desservant un stockage de liquides inflammables sont présentes sur ce site.

Un arrêté inter préfectoral n° 2009-036 porte sur l'élaboration de PPRT de ce dépôt pétrolier. Ce PPRT traite différents risques liés à des effets thermiques ou de surpression (feux de nappes et bacs hydrocarbures, explosions, inflammations et explosions de nuages de vapeurs d'hydrocarbures…)

L'arrêté préfectoral du 30 mai 2011 approuve le PPRT du site CCMP. Le projet devra se conformer au PPRT (application de mesures constructives par exemple) dans la mesure où il se situe dans son périmètre.

PRIMAGAZ (La Courneuve) – T5

Ce site SEVESO est concerné par le stockage de gaz inflammables liquéfiés. Les risques de départ de feux ou d'explosion concernent ce site.

NORD STOCK CHEM (Villepinte) – T5

Sur ce site, sont soumis à autorisation le stockage et emploi de gaz ou liquides inflammables ainsi que la présence de substances et préparations toxiques. Les risques concernés pour cet établissement sont des émanations toxiques, incendie ou explosion.

Cet établissement se situe au niveau d'une portion de fuseau aérienne, l'incidence est donc plus forte.

c) Types de risques

Passage en souterrain

En souterrain, le réseau est moins concerné. Cependant, l'explosion de réservoirs de produits pétroliers engendre des ondes de choc qui se répandent dans le sous-sol et dont les effets pourraient endommager la structure du tunnel.

Par ailleurs, le creusement d'un tunnel sous des installations sensibles pourrait engendrer des perturbations par l'intermédiaire des vibrations qui en résulte. Ces vibrations peuvent être source d'accident si elles créent des disfonctionnement dans le fonctionnement des installations : rupture de canalisation, fissuration de réservoir, court-circuit électrique.

Passage en aérien

En aérien, le réseau est directement concerné par la problématique liée au risque d'explosion et d'émission de produits toxiques en cas d'incendie.

Seul l'établissement NORD STOCK CHEM, sur le tronçon 5, est situé dans un fuseau où le Grand Paris Express sera potentiellement aérien. Ces risques « aériens » sont aussi potentiellement présents autour des gares.

La proximité de sites présentant des dangers avec les gares du Grand Paris Express est traitée dans les études tronçons.

d) Evaluation des incidences pour chaque tronçon

Pour chaque tronçon, la démarche suivante sert à évaluer les incidences vis-à-vis de l'enjeu SEVESO :

- En l'absence de sites SEVESO dans un périmètre de 2 km autour du fuseau, l'incidence est considérée comme nulle ;
- En la présence de sites SEVESO ou PPRT dans un périmètre de 500m à 2 km, l'incidence est considérée comme faible ;
- En la présence d'un site SEVESO ou zonage PPRT dans le périmètre d'étude de 500m, l'incidence est moyenne ou forte
    - Moyenne s'il s'agit d'un site SEVESO Seuil Bas
    - Forte s'il s'agit d'un site SEVESO Seuil Haut
    - Forte si le réseau est aérien

Tableau 3.6-3 : Incidence du projet pour les risques technologiques SEVESO – Approche par tronçon.

	Incidence potentielle	*Commentaires*
T0	Forte	Présence de plusieurs sites SEVESO dans le secteur des Ardoines. Zonage PPRT.
T1	Faible	2 Sites SEVESO éloignés du fuseau d'étude
T2	Moyenne	Présence dans le fuseau de l'entreprise GALION, SEVESO Seuil Bas (portion souterraine)
T3	Moyenne	Présence dans le fuseau de l'entreprise SMCA MANUTE CARBUR AVIATION, SEVESO Seuil Bas
T4	Faible	Sites SEVESO éloignés du fuseau d'étude
T5	Forte	Site SEVESO dans une portion potentiellement aérienne du fuseau
T4	Faible	Sites SEVESO éloignés du fuseau d'étude
Ligne orange	Faible	Site SEVESO éloignés du fuseau d'étude
Ligne verte Versailles-La Défense	Forte	Zonage PPRT interférant avec le fuseau d'étude

Cette approche sera approfondie dans les études tronçons, en prenant en compte l'implantation des gares et du tracé, éléments les plus sensibles aux risques technologiques.

3.6.4 Sols pollués

La région Ile-de-France est une région où l'industrie a joué et joue encore un rôle important. A ce titre, la pollution des sols est une problématique fondamentale de tout projet d'aménagement ou d'infrastructures.

Les enjeux se situent à plusieurs niveaux, que le Grand Paris Express soit aérien ou souterrain :

- la vente d'un terrain comportant des sols pollués peut avoir des enjeux juridiques importants quant à la responsabilité de l'origine de la pollution, du traitement de la pollution et des éventuelles conséquences en cas d'accident ou de problème de santé ayant pour origine la pollution,

- le terrassement et le déplacement de terres polluées nécessitent des précautions particulières ayant une incidence sur le plan financier,

- la réalisation des travaux peut conduire à des migrations de polluants non maîtrisées, dont certaines peuvent avoir des incidences notables,

- selon la configuration du site et du chantier, l'aspect sanitaire peut être important : salubrité de l'eau potable, émission de gaz toxiques et/ou explosifs.

Une approche globale à l'échelle de la région (voir la carte V.6.4-1) montre que Paris et la petite couronne présentent une forte densité de sites figurant dans la base de données BASIAS.

Ainsi, le tableau ci-dessous synthétise les données concernant les sites BASIAS et BASOL situés dans un fuseau de 500 m autour des tronçons envisagés.

Tableau 3.6-4 : Statistiques de la répartition des sites BASIAS / BASOL.

Tronçon	Nombre de sites BASIAS	Nombre de sites BASOL
T0	923	17
T1	336	8
T2	187	7
T3	558	1
T4	233	6
T5	737	15
T4	756	10

Le tableau précédent montre que les sites BASIAS et BASOL sont majoritairement localisés au Nord et au Sud de PARIS. Cette analyse est confirmée par la figure V.6.4-1 ci-après, extrait modifié de la cartographie en ligne du site internet de la base de données BASIAS. Cette figure présente la localisation des sites répertoriés dans la base de données BASOL dans l'enveloppe du fuseau.

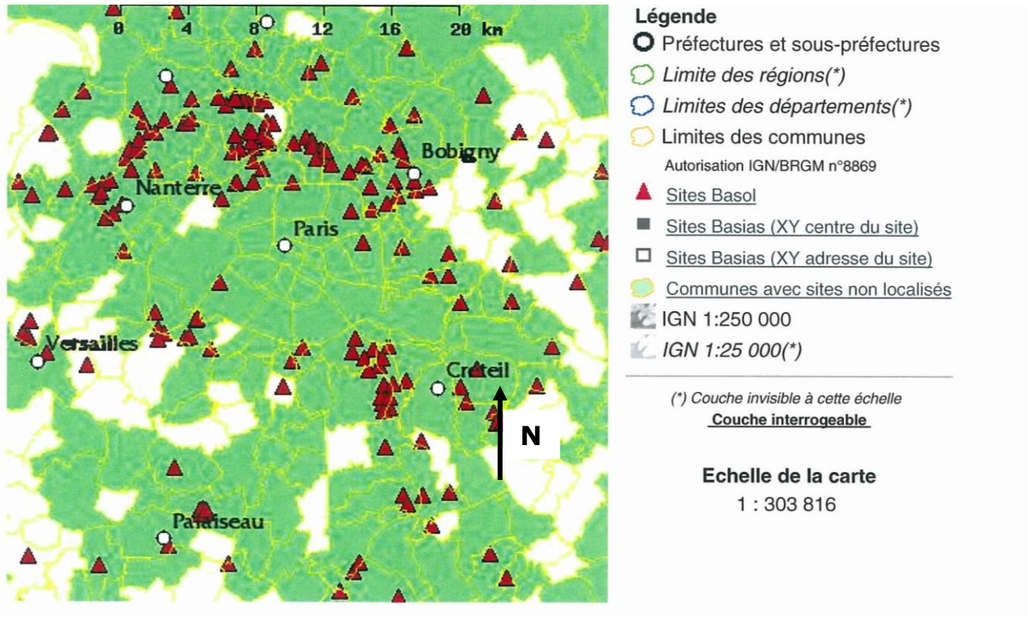


Figure 3.6-1 : Carte des sites répertoriés dans BASOL – Site internet BASIAS.

3.6.4.1 Incidences sur la mise en place des gares

Les gares ont tout particulièrement été étudiées, car leurs constructions impliquent l'excavation de terres depuis la surface jusqu'à l'emplacement de la gare souterraine. Deux risques liés à la présence de sols et d'eaux souterraines impactés sont identifiés au droit des gares :

- un risque sanitaire : construire une gare dans un horizon pollué ou dans une nappe polluée peut entrainer un risque pour la santé des utilisateurs et les employés de la gare ;

- un risque de surcoût : la prise en charge particulière des sols impactés excavés et des eaux souterraines impactées pompées peut avoir un impact important sur le budget des travaux.

3.6.4.2 Incidences sur la réalisation des tunnels

Des terres et des eaux contaminées pourraient également être mobilisées lors de la construction des tunnels. Deux surcoûts liés à la présence de sols et d'eaux souterraines contaminés sont possibles sur l'ensemble du tronçon :

- un surcoût de traitement ou d'évacuation des terres contaminées,

- un surcoût de traitement des eaux polluées pompées en fond de fouille.

D'autre part, la présence de substances volatils dans les terres excavées ou encaissantes pourraient générer des risques sanitaires pour les ouvriers qui construiront les tunnels et pour les futurs employés et usagers du métro.

Les principaux polluants qui peuvent être rencontré sont :

- les métaux et métalloïdes qui sont peu mobiles dans les sols et qui sont donc principalement localisés dans les horizons de surface,

- les hydrocarbures (HCT, HAP, BTEX,…) qui peuvent migrer en profondeur. Compte-tenu de leur faible densité, la migration de ces polluants s'arrête au toit de la nappe souterraine,

- les solvants halogénés chlorés (COHV), qui compte-tenu de leur forte densité et de leur forte solubilité, peuvent quant à eux migrer en profondeur à travers les eaux souterraines et peuvent s'accumuler à la base des nappes souterraines.

Ainsi, les tronçons du tunnel situés sous le niveau de la nappe sont jugés non sensibles aux pollutions de surface. Ils ne feront donc l'objet d'une analyse spécifique que si la nappe est contaminée aux solvants halogénés chlorés.

Compte-tenu des éléments ci-dessus, les zones des tunnels qui sont dites sensibles à une potentielle pollution des sites BASIAS et BASOL sont :

- les tronçons situés dans une nappe polluée ;

- les tronçons émergés.

3.6.5 Ondes électromagnétiques

Les impacts des ondes électromagnétiques sont de plusieurs natures :

- Directement sur le fonctionnement d'un certain nombre d'appareil qui est perturbé,

- Directement sur la santé humaine par perturbation des phénomènes électriques biologiques qui se traduisent principalement par des migraines.

Il convient de préciser ici que l'environnement actuel est déjà fortement impacté par les ondes électromagnétiques, y compris au sein des habitations et des lieux de travail. Les appareils

électroménagers (télévision, four micro ondes, ordinateur, etc.) créent déjà un environnement électromagnétique.

3.6.5.1 Impacts sur le fonctionnement d'appareils

Les cibles sont les appareils électriques et l'importance des impacts dépend directement de la sensibilité des appareils aux ondes de fréquences concernées et de l'utilisation de ces appareils.

Tous les appareils ne sont pas sensibles aux mêmes gammes de fréquences. Ceux qui n'ont pas de fonction de réception d'ondes sont peu sensibles, voire pas du tout. C'est la grande majorité des appareils.

Pour ceux qui ont une fonction de réception d'ondes (téléviseurs, téléphones de tous types, antennes de tous types, mais aussi radars, scanners médicaux, appareils IRM), la sensibilité, donc les impacts, dépend étroitement de la gamme de fréquences utilisée pour le fonctionnement :

- Soit elle ne recouvre pas la gamme de fréquences émises par le Grand Paris Express (infrastructure et matériels), et les impacts sont très faibles ou nuls,

- Soit les 2 gammes se recouvrent, et les impacts peuvent être importants. Ils vont de l'arrêt de fonctionnement, soit par arrêt pur et simple de l'appareil, soit par le fait que la perturbation engendre l'impossibilité d'utiliser l'appareil, à des perturbations plus ou moins importantes rendant plus ou moins difficile l'utilisation de l'appareil.

En pratique, les installations électriques fixes en l'absence de métro sont alimentée par du courant EDF de fréquence 50 Hz. Ces installations n'ont donc pas d'impact supérieur à des appareils électroménagers classiques. L'impact permanent est donc faible ou nul.

Ce n'est que lorsque le métro passe, que des courants spéciaux, en voltage et en fréquence, sont créés, principalement au niveau de la surface d'échange train – caténaire et/ou train – rail.

Les effets de ces courants sont donc ponctuels. Il est admis qu'au delà de 10 m entre la source et la cible, les effets de ces courants deviennent négligeables.

En souterrain, le tunnel enveloppe l'infrastructure et constitue une structure fermée. Ce tunnel est constitué de béton ferraillé qui a un effet important de limitation de la diffusion des ondes électromagnétiques. En effet, les ondes produites à l'intérieur vont se heurter à la structure de ferraillage qui va exercer une sorte de filtre vis-à-vis de l'extérieur. Les terrains géologiques en place exercent un second filtrage. Les ondes électromagnétiques émises en dehors des tunnels sont donc fortement atténuées en surface.

3.6.5.2 Impacts sur la santé

Ces impacts ne sont pas encore déterminés avec précision. Il existe cependant des recommandations basées sur des niveaux définis par l'OMS et transcrites dans les réglements européens.

Les tableaux V.6.5-1 et 2 du rapport de phase 1 montrent que les courants utilisés dans le domaine ferroviaire restent en dessous de ces recommandations.

Les impacts sur la santé sont donc imperceptibles.

3.7 Démographie, emploi, population, occupation des sols

3.7.1 Population et emploi

3.7.1.1 Avertissement

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, puis transmises aux auteurs de la présente étude. Ces hypothèses ont été calculées à partir d'une situation dite « de base », correspondant aux statistiques communales de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) pour l'année 2005, jusqu'à l'horizon 2035.

Les données transmises par le Maître d'ouvrage ont été définies à l'échelle communale et, ce, pour trois scénarios :

- un **scénario dit de « référence »**, correspondant à la situation 2035 considérée comme la plus probable en l'absence de réalisation du projet Grand Paris Express. Ce scénario a été construit en considérant une évolution de la mobilité et de l'occupation du sol comprenant l'hypothèse de la réalisation du projet « Arc Express ». L'élaboration de ce scénario de « référence » s'est inspirée des perspectives communales pour 2030 définies par l'IAU Ile-de-France dans le cadre du travail d'élaboration du projet de SDRIF de 2008. Ces estimations IAU Ile-de-France ont, par la suite, fait l'objet de la part du Maître d'ouvrage d'une extrapolation jusqu'à 2035 et de remaniements et/ou d'hypothèses complémentaires (prise en compte de la population active, principes de répartition entre communes, etc.) ;

- un scénario de projet, spécifié par le terme **« projet, hypothèse basse »**, qui reprend les estimations d'évolutions communales de population et d'emploi à l'horizon 2035 qui ont fait l'objet d'un accord entre l'Etat la Région Ile-de-France. Pour information, les hypothèses de ce scénario d'évolutions démographiques seront intégrées dans le travail de révision du projet de SDRIF (actuellement en cours) ;

- un scénario de projet, spécifié par le terme **« projet, hypothèse haute »**, dont les hypothèses d'évolutions communales de population et d'emploi sont identiques à celles utilisées lors de l'évaluation stratégique environnementale[15] et qui tiennent compte, notamment, des volontés politiques exprimées dans la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris. Il était réglementairement nécessaire que ces hypothèses qui avaient sous-tendu les premiers travaux d'évaluation environnementale puisent continuer à être étudiées.

L'utilisation d'un **scénario de référence** est une obligation dans le cadre de l'exercice d'évaluation des impacts d'un projet sur son environnement. En effet, il est primordial de pouvoir comparer les effets environnementaux directs et induits du projet par rapport aux effets que ce même milieu pourrait subir en l'absence de réalisation du projet, dans le scénario le plus probable compte tenu des projets arrêtés et des tendances d'évolution récentes. C'est pourquoi, dans la présente étude, les hypothèses d'évolution démographiques du scénario de référence transmises par le Maître d'ouvrage ont été utilisées afin d'être comparées à celles des scénarios projet, permettant ainsi de mesurer l'ampleur des impacts de l'infrastructure du Grand Paris Express sur les populations estimées, qu'ils soient positifs ou négatifs. Toutefois, il est important de souligner les limites de ce scénario de référence. En effet, comme il a été précisé, **ce scénario a été élaboré avec l'hypothèse de réalisation d'un projet d'infrastructure lourde de transport en rocade**. A cette hypothèse de réalisation d'infrastructure de transport est associée celle d'une densification

[15] *Evaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, Secrétariat d'Etat au Développement de la Région Capitale, 2009-2010*

des populations à ses abords, qui ne se produirait pas dans un scénario d'occupation du sol qui évoluerait « au fil de l'eau ».

Par ailleurs, il s'avère que le niveau de précision des données transmises par le Maître d'ouvrage ne permet pas, à ce stade d'élaboration du projet, une analyse fine des effets du Grand Paris Express sur la démographie francilienne. En effet, compte tenu du stade d'avancement précoce du projet et du caractère stratégique de la présente étude, les données chiffrées élaborées pour chaque scénario ne précisent pas encore :

- la ventilation de la population selon les ménages ;
- la ventilation de la population par catégorie d'âge ;
- la ventilation des emplois par secteur d'activité ;
- la localisation à l'intérieur des communes de ces populations ;
- etc.

Quoiqu'il en soit, **ces hypothèses d'évolution démographiques ne peuvent, à ce stade, être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels**. Celles-ci ont été construites par le Maître d'ouvrage dans l'objectif, notamment, d'alimenter l'exercice d'estimation des impacts du projet et ont pour finalité de servir de données d'entrée pour les calculs effectués dans cet exercice.

Le but de la présente étude n'est ni de juger de la précision de ces hypothèses, ni d'ajouter un niveau de détails supplémentaire à ces hypothèses d'évolutions démographiques. Il serait basé sur des hypothèses trop incertaines. C'est pourquoi **les hypothèses d'évolutions démographiques par scénario fournies par le Maître d'ouvrage ont été utilisées telles quelles comme données d'entrée pour alimenter l'ensemble de la chaîne de modélisation** utilisée dans les volets suivants :

- occupation du sol ;
- mobilité ;
- bruit ;
- air, énergie et climat ;
- santé.

3.7.1.2 Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France

Sous réserve des avertissements énoncés au point précédent, les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France entre 2005 et 2035 utilisées dans l'exercice sont présentées sur la Figure III.7.1-1 et dans le Tableau III.7.1-1 ci-dessous pour l'année « de base » 2005 et les trois scénarios 2035 considérés.

Comme en témoigne le Tableau III.7.1-1, **les évolutions prévues à l'horizon 2035 montrent des augmentations significatives de la population et de l'emploi en Ile-de-France**, respectivement :

- + 1 618 400 habitants (+14,2%) et + 820 200 emplois (+15,3%) supplémentaires à l'intérieur de Ile-de-France entre 2005 et 2035 dans le scénario « référence » ;
- + 1 687 600 habitants (+14,8%) et + 960 000 emplois (+17,9%) supplémentaires à l'intérieur de Ile-de-France entre 2005 et 2035 dans le scénario « hypothèse basse » ;
- + 1 800 000 habitants (+15,7%) et + 1 200 500 emplois (+22,4%) supplémentaires à l'intérieur de Ile-de-France entre 2005 et 2035 dans le scénario « hypothèse haute ».

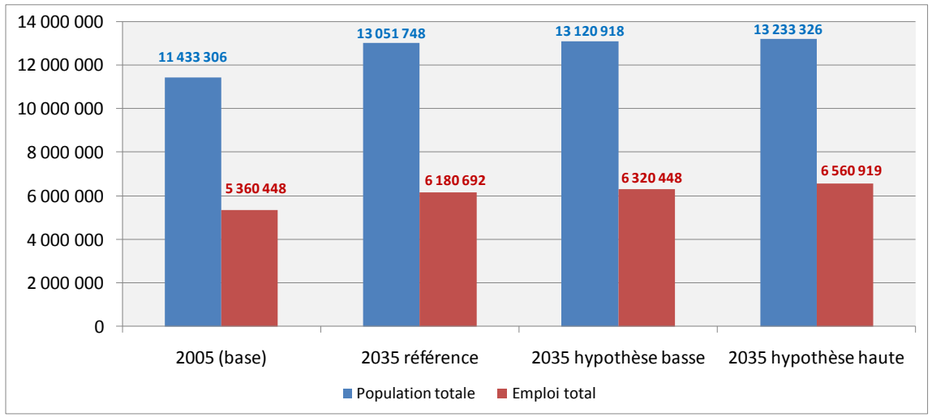


Figure 3.7-1 : Evolution de la population et des emplois entre 2005 et 2035 en Ile-de-France pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Graphisme : Stratec, 2012)

Tableau 3.7-1 : Chiffres de la population et des emplois en 2005 et 2035 en Ile-de-France pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Graphisme : Stratec, 2012)

Totaux en Ile-de-France	2005	2035		
	Base[1]	**Référence[2]**	**Projet « hypothèse basse »** [3]	**Projet « hypothèse haute »** [4]
Valeurs absolues				
Population totale	11 433 306	13 051 748	13 120 918	13 233 326
Emploi total	5 360 448	6 180 692	6 320 448	6 560 919
Evolution par rapport à l'année de base 2005				
Population totale	-	1 618 442	1 687 612	1 800 020
Emploi total	-	820 244	960 000	1 200 471
Différentiel 2035 Projet-Référence				
Population totale	-	-	69 170	181 578
Emploi total	-	-	139 756	380 227

[1] Source : données INSEE, 2005
[2] Source : Société du Grand Paris, 2012 à partir des estimations 2030 de l'IAURIF, 2008
[3] Source : Accord Etat-Région, 2012
[4] Source : Secrétariat Régional au développement de la Région Capitale, évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, 2009-2010

On note, par ailleurs, que **l'effet projet permet une augmentation des migrations au profit de la Région Ile-de-France** d'ici à 2035 avec l'arrivée de :

- 69 200 habitants et 139 800 emplois supplémentaires dans la Région sous l' « hypothèse basse » ;

- 181 600 habitants et 380 200 emplois supplémentaires dans la Région sous l' « hypothèse haute».

D'après ces hypothèses, la mise en œuvre du projet serait donc en mesure de créer une augmentation significative des migrations à destination de l'Ile-de-France, qui viendront s'ajouter à l'évolution positive du bilan entre solde naturel et solde migratoire de la région entre 2005 et 2035. Pour qu'un tel accroissement de populations puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il s'agira de mettre en œuvre des mesures d'accompagnement complémentaires, telles que décrites dans la partie 6.7.

3.7.1.3 Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'échelle des communes

Les différentiels entre les hypothèses d'évolutions démographiques communales pour les scénarios de projet et le scénario de référence sont cartographiés, **à titre indicatif**, sur les pages suivantes. **Pour une lecture complète de ces cartes, il est fortement conseillé de se référer au préalable aux avertissements de la page précédente.**

Les figures qui suivent représentent, d'une part, le différentiel de population par commune entre le scénario « projet bas » et la référence (Figure II.7.1-2) puis « projet haut » et la référence (Figure III.7.1-3) et, d'autre part, le différentiel par commune entre le nombre d'emplois dans l' «hypothèse basse » et la référence (Figure III.7.1-4) puis entre l' «hypothèse haute » et cette même référence (Figure III.7.1-5). Les cartes sont zoomées à l'échelle du périmètre large d'étude afin de voir les variations locales par commune mais elles représentent également les grandes différences à l'échelle régionale entre les scénarios de projet et la référence.

D'après ces hypothèses, qui sont, pour l'instant, à un degré de précision encore à affiner, on observe :

- Premièrement, que la mise en œuvre du projet est susceptible d'avoir un **impact positif sur l'attractivité de la région Ile-de-France pour les habitants et les emplois** puisque, selon ces hypothèses, davantage de personnes sont localisées en Ile-de-France dans les deux scénarios projet qu'en situation de référence. Pour qu'un tel accroissement de populations d'ici à l'horizon 2035 puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il s'agira de mettre en œuvre des mesures d'accompagnement complémentaires, telles que décrites dans la partie 6.7.

- Deuxièmement, que, selon ces hypothèses, l'effet projet permettrait **une reconcentration des ménages et des activités à l'intérieur du périmètre large d'étude**, comparativement à un scénario 2035 de référence (Cf. encadrés en bas à gauche des figures des pages suivantes), en particulier à l'intérieur des communes faisant partie du périmètre des futurs Contrats de Développement Territorial ;

- Troisièmement, enfin, qu'il existe des **variations communales de population et d'emploi entre les scénarios de projet et le scénario de référence non intuitives**, en particulier certaines zones qui seront desservies par la future infrastructure de transport mais qui ne bénéficieront pas pour autant d'une augmentation de populations avec projet. Cela peut s'expliquer par le fait que, comme souligné dans l'avertissement précédent, les hypothèses d'évolutions démographiques dans le scénario de référence ont été construites en supposant l'hypothèse d'un projet d'infrastructure lourde de transport en rocade, d'où une certaine densification des P+E dans le scénario de référence.

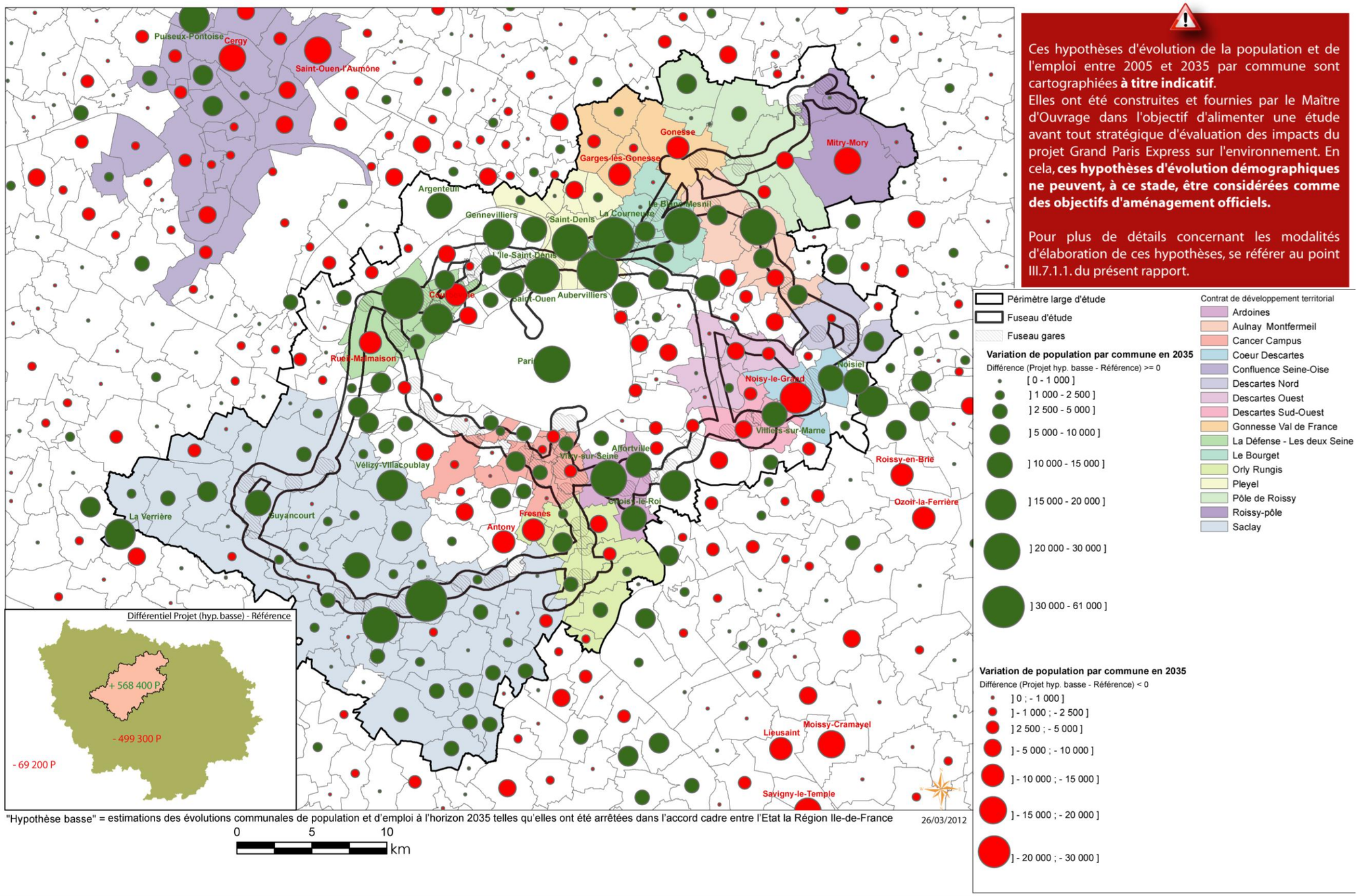


Figure 3.7-2 : Différentiel de population Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012)

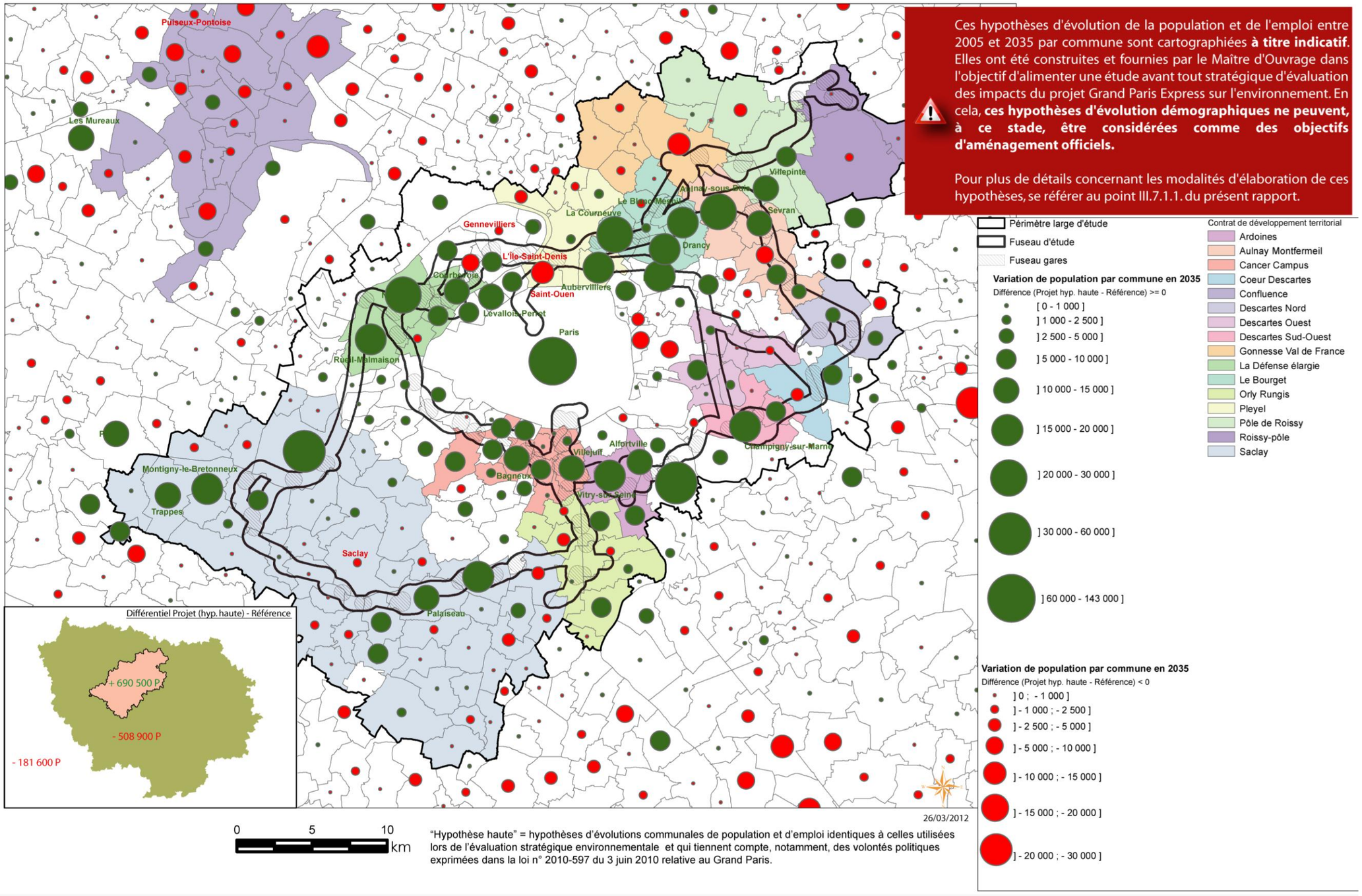
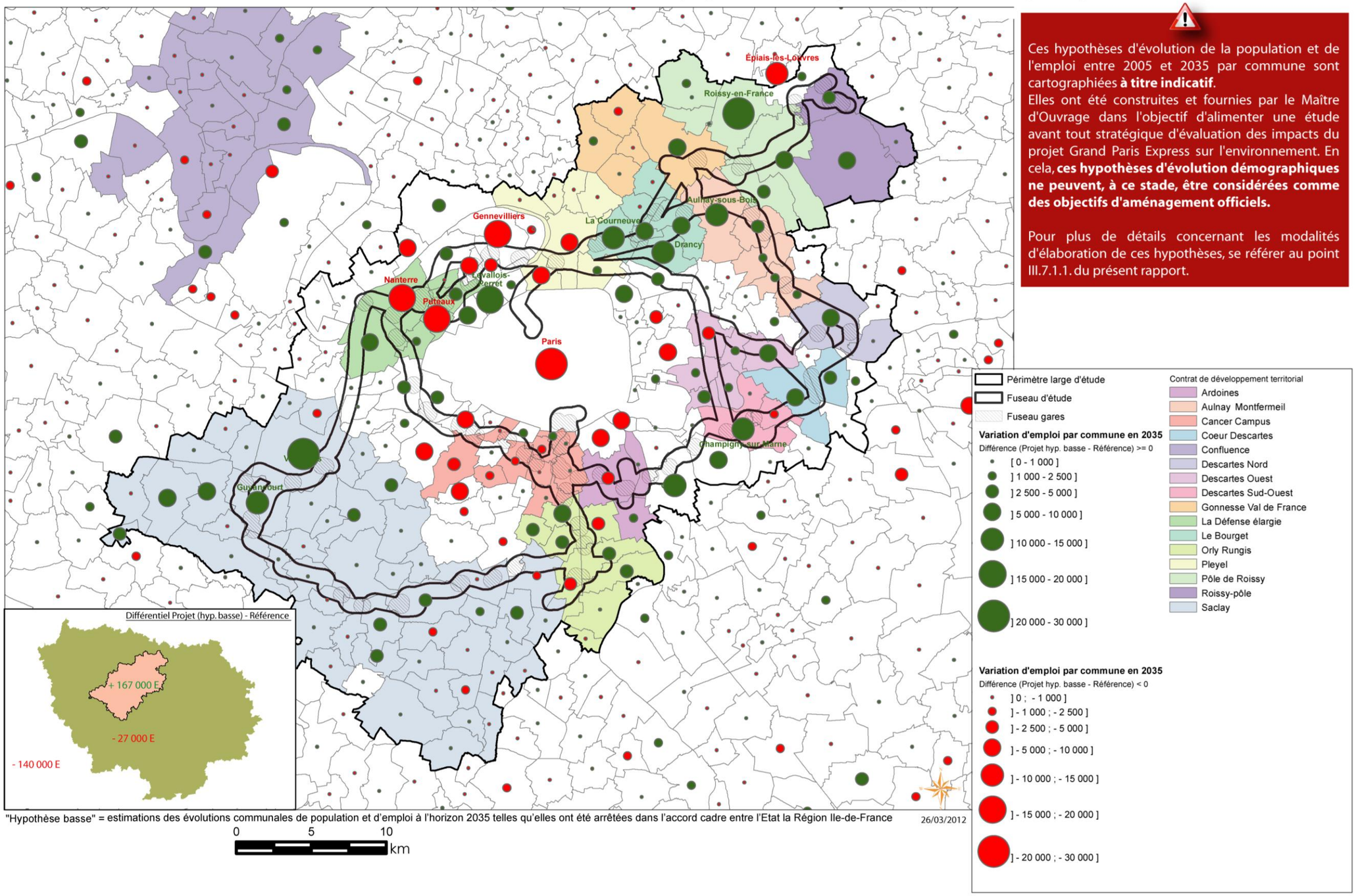


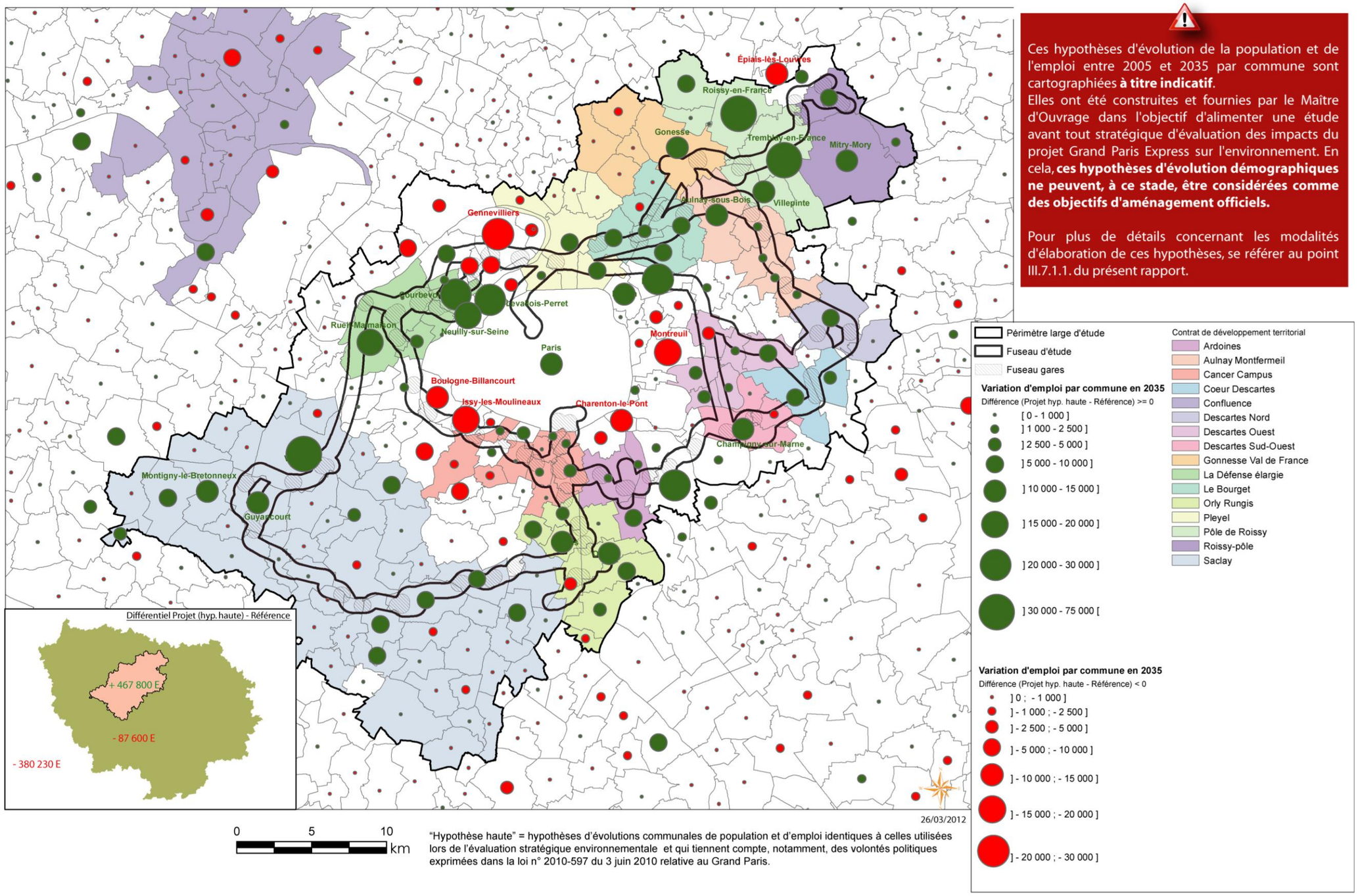
Figure 3.7-3 : Différentiel de population Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012)



Ces hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et 2035 par commune sont cartographiées **à titre indicatif**.
Elles ont été construites et fournies par le Maître d'Ouvrage dans l'objectif d'alimenter une étude avant tout stratégique d'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'environnement. En cela, **ces hypothèses d'évolution démographiques ne peuvent, à ce stade, être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels.**

Pour plus de détails concernant les modalités d'élaboration de ces hypothèses, se référer au point III.7.1.1. du présent rapport.

Figure 3.7-4 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012)



Ces hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et 2035 par commune sont cartographiées **à titre indicatif**.
Elles ont été construites et fournies par le Maître d'Ouvrage dans l'objectif d'alimenter une étude avant tout stratégique d'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'environnement. En cela, **ces hypothèses d'évolution démographiques ne peuvent, à ce stade, être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels.**

Pour plus de détails concernant les modalités d'élaboration de ces hypothèses, se référer au point III.7.1.1. du présent rapport.

Figure 3.7-5 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 par commune et par grand ensemble géographique (Source : hypothèses d'évolution démographiques transmises par le Maître d'ouvrage – Cartographie : Stratec, 2012)

3.7.2 Occupation du sol

3.7.2.1 Problématique et enjeux

Pour accueillir les accroissements de population et d'emploi prévisibles à l'horizon 2035 et répondre au phénomène progressif de desserrement des ménages, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces résidentielles et tertiaires. Or, comme souligné dans la première phase de diagnostic, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est une denrée rare. C'est pourquoi on peut s'attendre, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, à 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.

Ce phénomène d' « étalement urbain » peut avoir des conséquences multiples s'il est excessif. Ces externalités négatives sont aujourd'hui perceptibles et 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 ;
- etc.

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 Grand Paris Express. 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 la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords. Les Contrats de Développement Territorial devront exploiter cette opportunité. L'évaluation stratégique environnementale a permis de souligner que la mise en œuvre du projet du Grand Paris est une condition pour le succès d'un aménagement du territoire favorisant, d'une part, la densification de l'habitat et des activités autour des nœuds de transport en commun et, d'autre part, le renouvellement du parc bâti. Via les Contrats de Développement Territorial (CDT), le projet Grand Paris Express offre une opportunité unique d'induire une urbanisation nouvelle, plus attractive et plus durable à l'échelle de l'Ile-de-France et au-delà.

Il est donc important de considérer ce projet non pas comme un projet d'infrastructure classique mais comme le support d'un ambitieux projet de développement urbain. C'est d'ailleurs le principal objectif du projet annoncé dans l'article 1 la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris.

Les effets potentiels de la mise en œuvre du Grand Paris Express sont tels que *« la question principale en matière d'impacts indirects est celle des conséquences de l'implantation du réseau sur le développement de l'urbanisation : celle-ci peut en effet avoir des impacts environnementaux beaucoup plus significatifs que le réseau de transport lui-même »*[16]. Il est donc nécessaire d'évaluer dès aujourd'hui l'ampleur des impacts potentiels à long terme du projet sur l'urbanisation afin d'être en mesure d'anticiper les formes urbaines à venir, notamment au sein des documents d'urbanisme.

Pour mémoire et afin de prendre en compte les recommandations exprimées par l'Autorité environnementale dans son avis du 26 août 2010, une analyse spécifique des impacts induits du réseau en matière de localisation de l'urbanisation, pilotée par la direction de l'aménagement et de l'urbanisme de la Société du Grand Paris, est présentée en annexe de la présente étude d'impact. Sans préjuger de ce travail, l'exercice proposé dans le présent rapport a pour unique ambition d'apporter un regard complémentaire sur les effets potentiels et complexes du projet en matière d'étalement urbain et, plus particulièrement, sous l'angle environnemental.

Une première approche avait été développée dans cette optique lors de l'évaluation environnementale stratégique du projet[17]. Ce travail avait notamment permis de souligner :

- la capacité théorique du territoire au sein du fuseau du projet à accueillir l'ensemble des populations nouvelles d'ici à 2035 ;
- l'impact positif non négligeable en matière d'étalement urbain résultant de cette densification, se traduisant par un gain de 13 000 ha d'espaces naturels préservés en faveur du scénario projet ;
- la nécessité de mesures d'accompagnement pour accompagner cette urbanisation et renforcer les impacts positifs du projet en termes de densification et de renouvellement urbain.

Les résultats de ce travail demandent aujourd'hui à être actualisés et affinés. C'est l'objet du présent exercice dont la méthodologie et les résultats sont détaillés dans les pages qui suivent.

Il est important de préciser que l'approche quantitative développée aux points 3.7.2.2, 3.7.2.3 et 3.7.2.4 est indissociable du volet « recommandations » faisant l'objet de la partie 6.7. Ce second volet traite, en effet, de manière complémentaire des mesures d'accompagnement en matière d'aménagement du territoire, impératives et nécessaires au succès d'une politique de contrôle de l'étalement urbain.

3.7.2.2 Méthodologie générale

a) Objectifs

L'objectif de l'exercice développé ici est double. Il s'agit :

- premièrement, d'évaluer à l'échelle macroscopique la capacité théorique du territoire étudié à accueillir les importantes évolutions de la population et de l'emploi dessinées, en perspective, à l'horizon 2035. Les perspectives en question sont décrites au chapitre « Population et emploi ». et rappelées brièvement par la suite.
- deuxièmement, de mesurer le degré de participation du projet à la limitation de l'étalement urbain, tout en soulignant les leviers d'action permettant d'atteindre, en situation de projet, un mode d'urbanisation plus dense rapport à un étalement plus diffus en périphérie. Pour objectiver ces impacts induits, trois indicateurs environnementaux, considérés comme indicateurs témoins de l'étalement urbain, ont été calculés pour chaque scénario.

[16] *Extrait de l'avis délibéré de l'Autorité environnementale concernant le schéma d'ensemble du réseau public de transport du Grand Paris, Conseil général de l'Environnement et du développement durable, 26 août 2010*

[17] *Voir notamment le rapport de l'évaluation stratégique environnementale du réseau de métro automatique du Grand Paris concernant l'évaluation des incidences du projet, p.33 et p.257*

b) Scénarios évalués et horizon temporel

Pour ce faire, un exercice comparatif de simulation de l'évolution et de la localisation de l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 a été conduit et, ce, pour les trois scénarios d'occupation du sol fournis par le Maître d'ouvrage :

- un scénario dit de « référence », correspondant à la situation 2035 la plus probable en l'absence de réalisation du projet Grand Paris Express, avec une évolution de la mobilité et de l'occupation du sol comprenant la réalisation d'une autre infrastructure lourde de transport en commun en rocade ;

- *versus* deux scénarios de « projet » qui représentent une situation en 2035 suite à la mise en œuvre du projet avec plus (« hypothèse haute ») ou moins (« hypothèse basse ») d'habitants et d'emplois en Ile-de-France.

Les modalités de construction de ces scénarios sont décrites dans le chapitre « Population et emploi ».

c) Périmètre d'étude

Le périmètre de calcul retenu pour cet exercice s'étend au-delà des frontières de la région Ile-de-France. Il faut, en effet, rappeler l'hypothèse selon laquelle la mise en œuvre du projet va créer des migrations supplémentaires de populations et d'emplois au profit de la région Ile-de-France, venant s'ajouter aux tendances d'évolution des soldes naturels et migratoires de la région d'ici à 2035. Pour ne pas biaiser les estimations des impacts, l'exercice doit donc s'effectuer à population et emplois constants avec et sans projet. La finalité de l'exercice est, en effet, de montrer combien un même nombre d'habitants et un même nombre d'emplois consommeront d'espace selon que le projet soit réalisé ou non. Pour cela, le périmètre de l'exercice englobe ces populations habitant aujourd'hui hors de l'Ile-de-France, qui sont supposées migrer dans la région francilienne par l'effet du projet dans une zone potentiellement plus dense que celle où ils sont localisés actuellement, et dont le départ entraînerait, par conséquent, une économie nette de surfaces urbanisées. C'est la raison qui justifie l'utilisation d'un périmètre de calcul élargi, dépassant les frontières de l'Ile-de-France.

Ainsi, le périmètre d'étude de l'exercice d'évaluation des impacts sur l'occupation du sol couvre trois systèmes géographiques agrégés, telles que cartographiés sur la Figure III.7.2-1 :

- le "périmètre large d'étude", tel que défini dans le cahier des charges de la présente étude, englobe l'ensemble des communes considérées comme concernées par le projet Grand Paris Express ainsi que les communes intégrées au sein des Contrats de Développement Territorial définis par l'article 21 de la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris et qui sont desservies par l'infrastructure ;

- « l'extérieur de l'Ile-de-France » regroupe les 1 090 autres communes d'Ile-de-France qui accueilleront elles aussi les impacts induits du projet en termes d'occupation du sol ;

- enfin, le territoire « hors de l'Ile-de-France » représente le volume d'habitants et d'emplois qui migreront vers la région francilienne en situation de projet, population qu'il s'agit également de considérer hors de l'Ile-de-France dans le scénario de référence.

Il est important de garder à l'esprit que l'exercice théorique développé à l'échelle globale, présenté dans les pages suivantes, consiste en une **agrégation des communes** en trois systèmes géographiques, supposant d'éventuels « flux » à l'intérieur de ces systèmes, de telle sorte qu'il peut ne pas révéler des problèmes locaux de saturation de la capacité d'accueil de certains territoires.

Toutefois, cette hypothèse est peu contraignante dans la mesure où :

- le degré de précision actuel des hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2035, fournies par le Maître d'ouvrage, n'est pas une planification précise des localisations et des densités ;

- l'ambition du présent chapitre est, avant tout, d'évaluer globalement les impacts induits du projet sur l'occupation du sol en Ile-de-France et au-delà ;

- la méthodologie proposée sera réutilisée dans les études d'impacts à l'échelle des tronçons. Il sera ainsi possible d'évaluer la capacité des communes du périmètre large d'étude à l'accueil des populations nouvelles sur le territoire de chaque tronçon étudié.

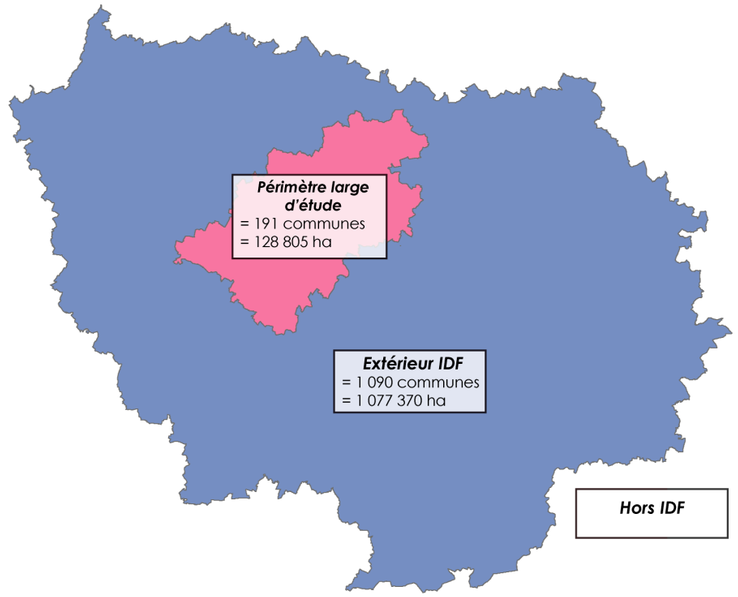


Figure 3.7-6 : Le périmètre global et les trois zones d'études retenues pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol (Cartographie : Stratec, 2012)

d) Principes méthodologiques

L'ensemble de la démarche s'appuie sur la construction de structures d'urbanisation permettant de définir un niveau d'augmentation potentielle du COS[18] d'ici à 2035, appelé « $\Delta COS_{2005\text{-}2035}$ ». Ce ΔCOS s'applique à chaque type de surface du mode d'occupation du sol (MOS) actuel en fonction de différents critères (typologie, localisation, scénario étudié). Les hypothèses de construction/densification qui en découlent ont été implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un Système d'Information Géographique.

L'approche méthodologique utilisée est basée sur quatre points forts :

- l'évolution de la population (P) et de l'emploi (E) d'ici à l'horizon 2035 (« $\Delta P+E_{2005\text{-}2035}$ ») ;

[18] *Le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) détermine la quantité de construction admise sur une propriété foncière en fonction de sa superficie. Multiplié par la superficie du terrain, il donne la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) constructible sur celui-ci.*

- la conversion de ces populations nouvelles en besoins supplémentaires de surfaces à créer d'ici à 2035 (« $\Delta SHON_{2005-2035}$ ») ;
- les hypothèses d'application des $\Delta COS_{2005-2035}$ sur le mode d'occupation du sol actuel ;
- l'ordre dans lequel les surfaces théoriquement disponibles sont occupées par les populations et les emplois nouveaux.

Les deux premières hypothèses de calcul ont permis de définir les besoins en surfaces nouvelles nécessaires à l'accueil des populations supplémentaires d'ici à 2035. Les deux dernières hypothèses, ont, quant à elles, été utilisées pour estimer les surfaces qu'il était théoriquement possible de construire dans chaque système géographique, évaluer la capacité d'accueil des territoires et dresser le bilan des surfaces consommées par l'urbanisation entre 2005 et 2035.

A partir de cette méthode, il a ainsi été possible de traduire le bilan des surfaces consommées par cette urbanisation en coûts environnementaux à travers le calcul de différents indicateurs environnementaux présentés ci-après.

Pour les populations considérées comme étant localisées hors de l'Ile-de-France, faute de données précises quant à leur lieu d'origine et le mode d'occupation du sol actuel de ces territoires, une méthodologie sensiblement différente a été appliquée. Sans préjuger de la localisation de ces populations dans le cas du scénario de référence, il est possible de considérer raisonnablement que celles-ci sont situées dans des zones d'urbanisation moyennement diffuse. C'est pourquoi un coefficient du sol égal à 0.2 a été retenu pour simuler la construction des nouvelles surfaces nécessaires à l'accueil de ces populations hors Ile-de-France. Un COS de 0.2 équivaut à une moyenne de 20 logements à l'hectare. Cela correspond à une zone d'urbanisation à peu près deux fois plus dense que dans des zones avec du pavillonnaire quatre façades.

e) Indicateurs environnementaux calculés

L'évaluation des impacts du projet en termes d'occupation du sol s'appuie sur trois indicateurs clefs, considérés comme témoins du phénomène complexe d'étalement urbain. Ceux-ci sont décrits dans le tableau qui suit.

Tableau 3.7-2 : Description des indicateurs environnementaux retenus pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol (Source : Stratec, 2012)

N°	Thématique	Indicateur	Modalités de calculs	Variation attendue d'ici à 2035 (Projet – Référence)
1	Espaces naturels, agricoles ou boisés	**Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle** entre 2005 et 2035	Différence entre le total des hectares de type « rural »[19] consommés pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 en référence *vs* en projet	↘
2	Espaces artificialisés	**Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle** entre 2005 et 2035	Différence entre le total des kilomètres de VRD (Voirie et Réseaux Divers) nouveaux construits d'ici à 2035 en référence *vs* en projet	↘
3	Espaces artificialisés	**Densité d'activité humaine nette** en 2035	(Habitants + emplois)/ha urbanisé pour la zone d'étude et pour chaque scénario	↗

[19] *Au sens du MOS (IAURIF, 2008)*

Remarque : des indicateurs du développement territorial ont également été calculés afin d'alimenter l'outil d'évaluation des émissions de GES dont les résultats font l'objet d'un chapitre spécifique dans le présent rapport.

Les deux premiers indicateurs présentés dans le Tableau 3.7-2 sont des coûts externes liés à l'étalement urbain. On entend par là les coûts marginaux de la construction d'un nouveau bâtiment en termes de consommation d'espace (indicateur n°1), d'équipements ou d'infrastructures (indicateur n°2). Ces coûts ne sont généralement pas supportés par les ménages ou les activités qui les créent mais par la collectivité toute entière : c'est pourquoi on parle de « coûts externes ». Si l'on fait l'hypothèse que le projet va contribuer à limiter l'étalement urbain en rendant possible une densification et un renouvellement de la ville sur elle-même, on peut alors s'attendre à ce que ces coûts soient moins élevés en situation de projet que dans un contexte urbain à faible densité qui pourrait se développer dans un scénario de référence. D'où une baisse attendue de la valeur de ces deux indicateurs entre les scénarios de projet et le scénario de référence. C'est ce que nous vérifierons dans la partie de présentation des résultats.

Pour le troisième indicateur, la densité d'activité humaine nette a été privilégiée à la densité brute (rapportée au total des surfaces, urbanisées ou non) car il a été démontré[20] que celle-ci était mieux adaptée à l'interprétation des comportements de mobilité ainsi qu'aux analyses des besoins énergétiques dans le domaine du transport et du bâtiment, en d'autres termes aux résultantes directes du phénomène d'étalement urbain. La variation 2005-2035 attendue pour cet indicateur est une augmentation avec projet si l'on fait l'hypothèse que celui-ci rend possible une densification des constructions nouvelles et un renouvellement du bâti existant à l'horizon 2035.

3.7.2.3 Méthodologie détaillée

a) Besoins en surfaces supplémentaires liés à l'arrivée de populations nouvelles d'ici à 2035

Il s'agit ici d'**évaluer les besoins supplémentaires, en termes de surface, auxquels il s'agira de répondre d'ici à l'horizon 2035** afin d'accueillir les populations nouvelles, compte tenu des hypothèses démographiques prédéfinies par le Maître d'ouvrage.

b) Les populations et les emplois nouveaux d'ici à 2035

Les hypothèses d'évolution de la population (P) et de l'emploi (E) ont été définies au niveau communal par le Maître d'ouvrage à l'horizon 2035 en tenant compte des tendances actuelles, de la mise en œuvre des projets arrêtés (scénario de référence) ainsi que des volontés politiques exprimées dans la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris (scénarios avec projet, hypothèses haute et basse). Ces hypothèses d'évolution démographiques constituent des données d'entrée pour le calcul et leurs modalités d'élaboration ainsi que leurs données chiffrées à l'échelle régionale sont décrites plus en détails dans le chapitre spécifique à la démographie (point 3.7.1. « Population et emploi »). Elles sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Pour les besoins de l'étude globale, il est intéressant d'observer les différences de flux migratoires pour les scénarios de projet par rapport à la référence par grand ensemble géographique. Les figures ci-dessous représentent les différences d'évolution, avec et sans projet, de population et d'emploi d'ici à 2035 pour les trois systèmes géographiques étudiés : le périmètre large d'étude (en beige), l'extérieur de l'Ile-de-France (en vert) et la zone hors de l'Ile-de-France (en blanc). La Figure III7.2-2 et la Figure III.7.2-3 concernent le différentiel entre le scénario projet « hypothèse basse » et la référence tandis que la Figure III.7.2-4 et la Figure III.7.2-5 s'intéressent au différentiel entre le scénario projet « hypothèse haute » et la même référence.

[20] *Voir notamment : Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions des gaz à effets de serre, LEPUR, Université de Liège*

Tableau 3.7-3 : Chiffres de la population et des emplois en 2005 et en 2035 dans les systèmes géographiques considérés pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par la SGP)

Système géographique	Populations considérées	2005	2035		
		Base[1]	Référence[2]	Projet « hyp. basse » [3]	Projet « hyp. haute » [4]
Périmètre large d'étude	**Valeurs absolues**				
	Population totale	7 556 851	8 306 431	8 874 865	8 996 912
	Emploi total	4 139 162	4 786 439	4 953 230	5 254 202
	Evolution par rapport à l'année de base 2005				
	Population totale	-	+749 580	+1 318 014	+1 440 061
	Emploi total	-	+647 277	+814 068	+1 115 040
	Différentiel 2035 Projet-Référence				
	Population totale	-	-	+568 434	+690 481
	Emploi total	-	-	+166 791	+467 763
	Différentiel 2035 Projet-Référence (%)				
	Population totale	-	-	+7%	+8%
	Emploi total	-	-	+3%	+10%
Extérieur de l'Ile-de-France	**Valeurs absolues**				
	Population totale	3 876 455	4 745 317	4 246 053	4 236 414
	Emploi total	1 221 286	1 394 253	1 367 218	1 306 717
	Evolution par rapport à l'année de base 2005				
	Population totale	-	+868 862	+369 598	+359 959
	Emploi total	-	+172 967	+145 932	+85 431
	Différentiel 2035 Projet-Référence				
	Population totale	-	-	-499 264	-508 903
	Emploi total	-	-	-27 035	-87 536
	Différentiel 2035 Projet-Référence (%)				
	Population totale	-	-	-11%	-11%
	Emploi total	-	-	-2%	-6%

[1] Source : données INSEE, 2005 - [2] Source : Société du Grand Paris, 2012 à partir des estimations 2030 de l'IAURIF, 2008 - [3] Source : Accord cadre Etat-Région, 2012 - [4] Source : Secrétariat Régional au développement de la Région Capitale, évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, 2009-2010

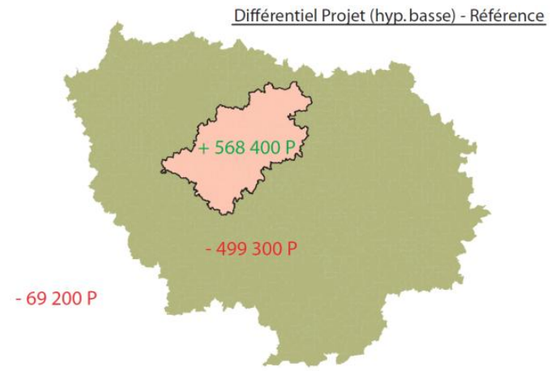


Figure 3.7-7 : Différentiel de population Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012)

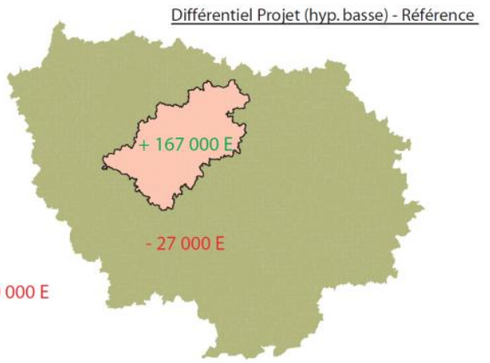


Figure 3.7-8 : Différentiel d'emploi Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012)

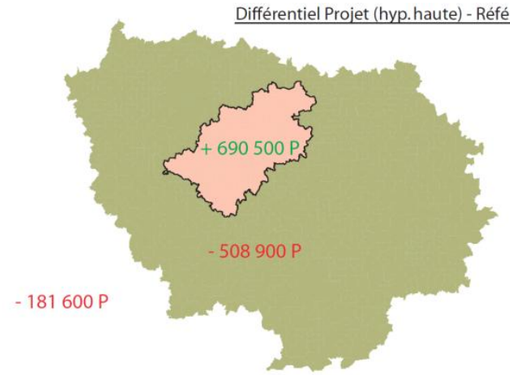


Figure 3.7-9 : Différentiel de population Projet (hypothèse haute) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012)

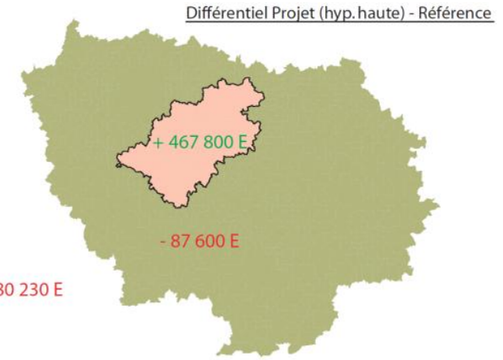


Figure 3.7-10 : Différentiel d'emplois Projet (hypothèse basse) - Référence en 2035 dans les trois systèmes géographiques considérés dans l'évaluation des impacts du projet Grand Paris Express sur l'occupation du sol (Source : données SGP 2012 – Cartographie : Stratec, 2012)

Deux principales constatations ressortent de ces figures :

- D'une part, on constate que, d'après ces hypothèses démographiques, la mise en œuvre du projet Grand Paris Express, va avoir un effet positif pour la région Ile-de-France en termes de **migrations à destination de la région**. En effet, selon l'hypothèse (basse ou haute), **entre 69 200 et 181 600 habitants et entre 140 000 et 380 230 emplois supplémentaires vont migrer au sein de la région Ile-de-France du fait de la mise en œuvre du projet**, et vont venir s'ajouter aux tendances d'évolution de référence des soldes naturels et migratoires de la région d'ici à 2035 ;

- D'autre part, il faut souligner que les hypothèses de la mise en œuvre du projet anticipent un effet de catalyseur de l'aménagement du territoire puisqu'il est prévu une **reconcentration des ménages et des activités à l'intérieur du périmètre large d'étude**, que ce soit dans le cas du scénario projet « hypothèse basse » (+ 568 400 habitants et + 167 000 emplois dans le centre) ou « hypothèse haute » (+ 690 500 habitants et + 467 800 emplois).

Remarque : les évolutions démographiques définies d'ici à 2035 pour le scénario de référence et transmises comme données d'entrée par le Maître d'ouvrage ont été construites à partir de projections de l'IAURIF qui supposent la réalisation d'un projet d'infrastructure lourde de transport en rocade. Ces hypothèses considèrent donc, potentiellement, une augmentation de la densification des populations et emplois dans le périmètre large d'étude qui ne ferait pas dans un scénario tendanciel. Ainsi, dans le scénario projet, l'infrastructure du Grand Paris Express s'intègre donc au sein d'une zone urbaine potentiellement plus dense que dans un scénario « au fil de l'eau ».

Ces évolutions démographiques auront, bien évidemment, des répercussions en termes d'évolution des besoins en surfaces nouvelles. C'est ce qui est décrit dans le point suivant.

c) Les besoins en surfaces de plancher par habitant et par emploi

Pour évaluer les besoins en surface nécessaires à l'accueil des populations nouvelles, les ratios suivants ont été utilisés de manière uniforme sur l'ensemble du territoire d'étude :

- 20m²SHON/emploi ;
- 30m²SHON/habitant.

Ces ratios définissent respectivement la surface moyenne attribuée par emploi et par habitant, exprimée ici en mètres carrés de Surface Hors Œuvre Nette (SHON).

Pour le logement, le ratio retenu est semblable à celui utilisé dans l'évaluation stratégique environnementale. Il se base notamment sur la moyenne des tendances annuelles d'évolution (croissante) entre 2005 et 2035 de la surface habitable par personne estimées par l'IAURIF[21]. En supposant une moyenne de 2.3 personnes par logement[22], cela revient à considérer une surface moyenne de 70m² SHON par logement.

Pour l'emploi, on sait que les surfaces moyennes par employé varient fortement selon le secteur d'activité concerné et qu'il est très difficile d'estimer, d'ici à 2035, l'évolution de cette surface moyenne. Ce, d'autant plus que les hypothèses d'évolution de l'emploi fournies par le Maître d'ouvrage ne distinguent pas ces différentes catégories socioprofessionnelles. Dès lors, par souci de précaution, il a été jugé utile d'augmenter le ratio qui avait été utilisé lors de l'évaluation stratégique environnementale (à savoir 12m²SHON/emploi) et de le porter à 20m²SHON/emploi.

En multipliant ces ratios par les estimations d'évolution de la population et de l'emploi d'ici à 2035, définies pour chaque scénario et dans chaque système géographique, il a été possible d'évaluer les besoins en surfaces supplémentaires d'ici à 2035 nécessaires à l'accueil de ces populations dans le périmètre large d'étude (en rose sur la Figure III.7.2-6), l'extérieur de l'Ile-de-France (en bleu) et le territoire hors de l'Ile-de-France (en gris).

Tableau 3.7-4 : Chiffres des besoins en surfaces de plancher supplémentaires entre 2005 et en 2035 dans les systèmes géographiques considérés pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et différentiels (Source : données INSEE 2005, hypothèses d'évolution démographiques transmises par la SGP)

Système géographique	Populations considérées et besoins en surfaces supplémentaires estimées	Evolution 2005-2035		
		Référence[1]	Projet « hyp.basse » [2]	Projet « hyp. haute » [3]
Périmètre large d'étude	Besoins en surfaces supplémentaires estimés entre 2005 et 2035 (m² SHON)			
	Population	22 487 400	39 540 420	43 201 830
	Emploi	12 945 540	16 281 360	22 300 800
	Total	35 432 940	55 821 780	65 502 630
	Différentiel d'évolution 2005-2035 Projet-Référence (m² SHON)			
	Population	-	+ 17 053 020	+ 20 714 430
	Emploi	-	+ 3 335 820	+ 9 355 260
	Total	-	+20 388 840	+ 30 069 690
	Différentiel d'évolution 2005-2035 Projet-Référence (%)			
	Population	-	+76%	+92%
	Emploi	-	+ 26%	+ 72%
	Total	-	+58%	+85%
Extérieur de l'Ile-de-France	Besoins en surfaces supplémentaires estimés entre 2005 et 2035 (m² SHON)			
	Population	26 065 847	11 087 931	10 798 770
	Emploi	3 459 342	2 918 637	1 708 620
	Total	29 525 188	14 006 569	12 507 390
	Différentiel d'évolution 2005-2035 Projet-Référence (m² SHON)			
	Population	-	-14 977 915	-15 267 077
	Emploi	-	-540 704	-1 750 722
	Total	-	-15 518 619	-17 017 798
	Différentiel d'évolution 2005-2035 Projet-Référence (%)			
	Population	-	-57%	-59%
	Emploi	-	-16%	-51%
	Total	-	-53%	-58%

[1] Source : données INSEE, 2005 - [2] Source : Société du Grand Paris, 2012 à partir des estimations 2030 de l'IAURIF, 2008 - [3]Source : Accord cadre Etat-Région, 2012 - [4] Source : Secrétariat Régional au développement de la Région Capitale, évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, 2009-2010

[21] *Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008*
[22] *Source : chiffre INSEE, 2008, pour la région Ile-de-France*

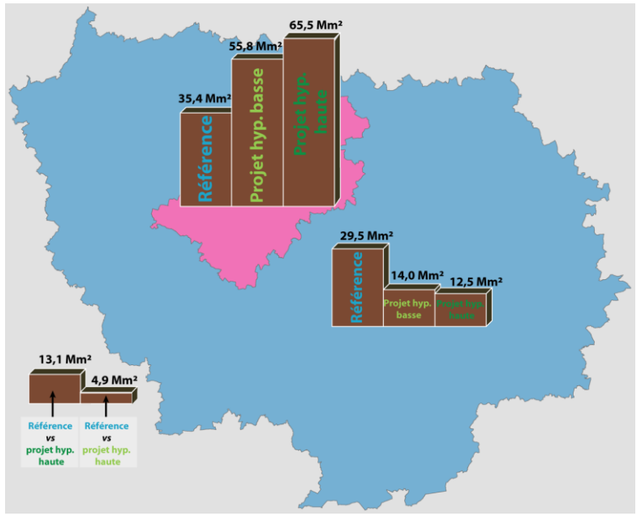


Figure 3.7-11 : Besoins en surfaces supplémentaires (en m² SHON) liés à l'arrivée de populations nouvelles (population + emploi) d'ici à 2035 pour chaque système géographique considéré (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage)

Les principales observations qui ressortent de l'examen de la Figure III.7.2-6 et qui s'expliquent par les hypothèses démographiques de départ sont celles-ci :

- Selon ces hypothèses, **la mise en œuvre du projet Grand Paris Express implique la création de surfaces supplémentaires au sein du périmètre large d'étude** pour être en mesure d'accueillir les évolutions plus importantes de population et d'emploi qu'en situation de référence, principalement concentrés à proximité du Grand Paris Express (notamment dans le périmètre des CDT). Ce besoin en surfaces accru par l'effet direct de l'implantation du projet varie entre 20,4Mm² (hypothèse basse) et 30,1Mm² (hypothèse haute) supplémentaires.

- **En situation de référence**, sans projet, ce seront **davantage de surfaces pour les habitants et les emplois nouveaux** qui seront créées **en périphérie** (entre +15,5Mm² et +17Mm²) et **hors de l'Ile-de-France** (entre +4.9Mm² et +13.1Mm² selon l'hypothèse projet).

Il faut bien distinguer les notions de « surfaces hors œuvre nettes (SHON) », qui désigne les surfaces de plancher à construire des « surfaces au sol » nécessaires à l'accueil des dites SHON : un besoin plus important en surfaces nouvelles ne signifie pas forcément une consommation supérieure d'espaces naturels et agricoles. Cette consommation sera également fonction de la densité utilisée pour la construction de ces surfaces et, donc, du coefficient d'occupation du sol utilisé. Ces hypothèses font l'objet de la partie suivante.

L'hypothèse forte retenue dans l'exercice est que les surfaces de plancher par habitant et par emploi sont supposées constantes au cours du temps (2005-2035) pour les scénarios évalués (référence ou projet). Selon cette hypothèse, la consommation totale d'espaces en Ile-de-France resterait inchangée d'ici à 2035 si le nombre d'habitants et d'emplois restait au niveau actuel. Il faut garder à l'esprit que la définition de ces ratios surfaciques a une influence forte sur les résultats de calculs qui vont suivre. En effet, si, par exemple, la surface de plancher par habitant augmentait grosso modo de 10% d'ici à 2035 comme l'estiment certaines études prospectives (Cf. figure III.7.2-7), cela induirait un accroissement du besoin en surface de plancher pour chaque nouvel habitant mais aussi pour chaque résidant actuel d'Ile-de-France de +10%. Cette hypothèse impliquerait la nécessité de créer des millions de m² SHON en plus d'ici à 2035 : des m² SHON pour accueillir les populations nouvelles et à peu près autant de m² SHON supplémentaires pour répondre au desserrement progressif des ménages franciliens actuels. L'hypothèse du maintien au niveau de 2005 de la consommation de m² SHON par habitant dans le scénario de référence comme dans le scénario de projet est probablement optimiste. La réalisation du Grand Paris Express pourra contribuer à la réaliser. Cet impact potentiel positif est ignoré dans la suite de l'étude.

Remarque : l'estimation des tendances d'évolution des surfaces habitables par habitant sont difficiles à tracer, puisqu'il faut tenir compte de deux tendances opposées [23]:

- l'effet de la décohabitation qui fait diminuer progressivement la taille des ménages, en raison notamment du vieillissement de la population qui augmente la surface disponible par personne ;

- l'effet du marché immobilier et de la charge foncière qui tend à réduire les surfaces.

Cette difficulté existe également pour l'estimation des tendances d'évolution des surfaces par emploi.

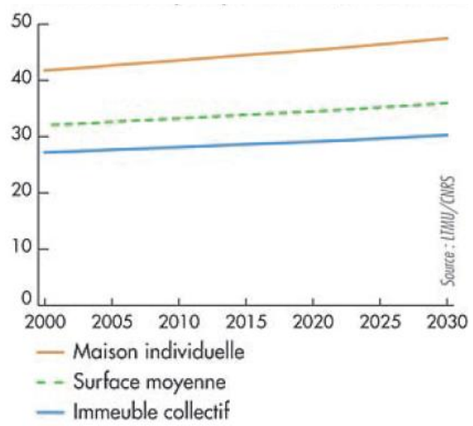


Figure 3.7-12 : Evolution des surfaces habitables en mètres carrés par personne entre 2000 et 2030 (Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008)

De quelle manière ces surfaces supplémentaires peuvent-elle être créées selon le lieu et selon le scénario étudié ? Les territoires sont-ils en mesure de créer une capacité d'accueil suffisante au regard de ces différents besoins ? Telles sont les questions de l'exercice qui suit, dont les hypothèses et les résultats sont décrits dans les pages suivantes.

Pour rappel, les « structures d'urbanisation » décrites ci-après s'applique au territoire de l'Ile-de-France. Pour l'extérieur de la région, en effet, une méthode différente a été utilisée. Faute de données précises quant au lieu d'origine des populations hors de l'Ile-de-France en situation de référence et le mode d'occupation du sol sur lequel elles se situent actuellement, il a été fait l'hypothèse que la construction des nouvelles surfaces nécessaires à l'accueil de ces populations s'effectuerait avec un COS de 0.2.

---

[23] *Source : Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL, Energie Transport Habitat Environnement Localisations, projet ETHEL, CNRS, Ministère de la recherche, 2003*

d) Définition de structures d'urbanisation en Ile-de-France entre 2005 et 2035

Il s'agit ici de quantifier **les surfaces de plancher qu'il est théoriquement possible de créer d'ici à l'horizon 2035 dans le périmètre large d'étude et dans l'extérieur de l'Ile-de-France et, ce, selon le scénario étudié**. L'ensemble de la démarche suivie pour répondre à cet objectif s'appuie sur la construction de structures d'urbanisation permettant de définir un niveau d'augmentation potentielle du COS[24] du MOS actuel d'ici à 2035, appelé « $\Delta COS_{2005\text{-}2035}$ ». Les hypothèses de construction/densification qui en découlent ont été implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un Système d'Information Géographique. La méthode utilisée est décrite succinctement, étape par étape, ci-après.

Etape n°1 : analyse du mode d'occupation du sol actuel et identification des postes urbanisables et/ou densifiables

Objectif : Identifier les espaces mutables, urbanisables ou densifiables et exclure ainsi de l'exercice de simulation de l'évolution de l'urbanisation les postes du Mode d'Occupation du Sol (MOS) actuel considérés comme « verrouillés ».

Méthode : Pour distinguer les postes du MOS[25] qui sont densifiables de ceux qui ne le sont pas, la classification (en 47 codes) du mode d'occupation du sol actuel par l'IAURIF a été analysée :

- certains postes actuels, compte tenu de la spécificité de leur fonction ou de la pérennité de leur nature, ont été considérés comme "verrouillés" à l'urbanisation et, donc, à la densification. *Exemple : décharges, surfaces en eau, cimetières, emprises de transport ferré, etc. ;*

- d'autres postes, déjà bâtis et relativement denses à l'heure actuelle, ont été considérés comme non densifiables d'ici à l'horizon 2035. *Exemple : habitat collectif continu haut, équipements culturels et de loisirs, bâtiments ou installations de sport, etc. ;*

Remarque 1 : la liste détaillée des postes du MOS47 considérés comme verrouillés est reprise en annexe du présent document.

Remarque 2 : comme souligné précédemment, cet exercice ne considère pas les éventuelles réglementations qui, à l'heure actuelle[26], limiteraient l'ouverture à l'urbanisation ou à la densification d'autres postes du MOS dans certaines zones d'Ile-de-France.

Résultats : Parmi les 47 postes du MOS d'Ile-de-France, 26 sont considérés comme urbanisables et densifiables. En termes de surface, et selon ces hypothèses, cela représente près de 93% de la superficie régionale, soit près de 1 127 000 hectares, qui seraient potentiellement urbanisables et/ou densifiables d'ici à 2035. Par ailleurs, la proportion de terrains non densifiables est plus importante dans le périmètre large d'étude (23% de la superficie de la zone) que dans l'extérieur de l'Ile-de-France (5% de la surface totale). Ceci peut s'expliquer logiquement par le fait que le périmètre large d'étude concentre davantage de populations et d'emplois et est beaucoup plus urbanisés que l'extérieur de l'Ile-de-France où les espaces ruraux prédominent (84% de sa superficie est de type « rural »). Ces résultats sont représentes sur la figure III.7.2-8 qui suit.

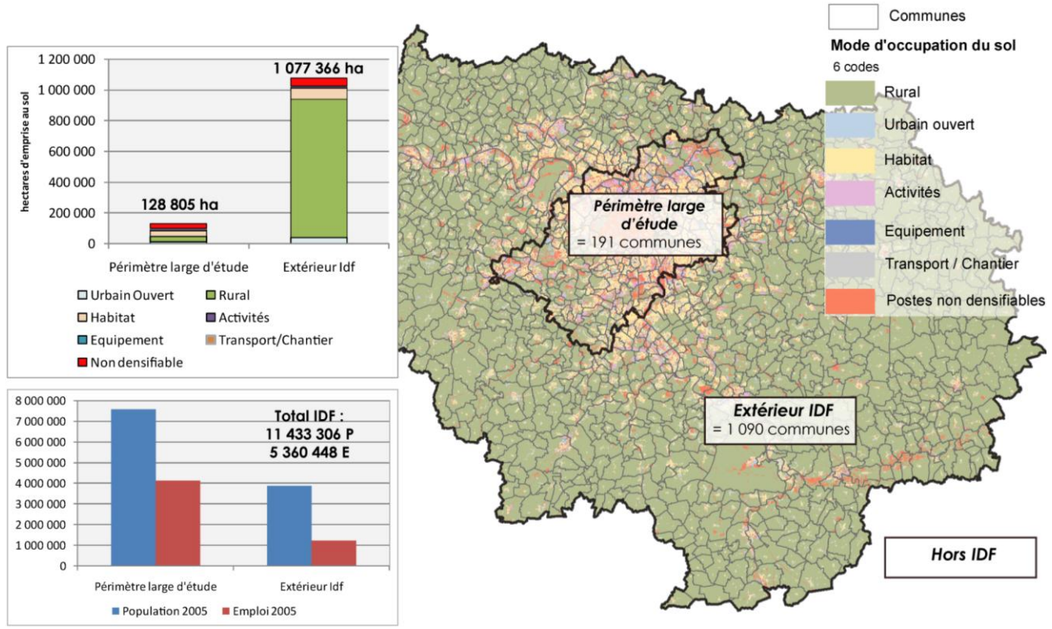


Figure 3.7-13 : Analyse du mode d'occupation du sol actuel de l'Ile-de-France selon 7 postes prédéfinis, répartition surfacique de ces postes dans les deux zones géographiques étudiées et données démographiques pour chaque zone d'étude (Source : MOS IAURIF, 2003, 2008 ; INSEE, 2005 – Cartographie et compilation : Stratec, 2012)

Sur la Figure III.7.2-8, les postes du MOS ont été agrégés en 7 postes pour plus de lisibilité de la carte :

- le poste "rural" comprend les postes : bois ou forêts, cultures, eau, autre rural ;
- le poste "habitat" comprend : habitat individuel et habitat collectif ;
- les postes « urbain ouvert », « activités » et « équipements » sont les mêmes que ceux définis par l'IAURIF dans la classification du MOS en 11 postes ;
- le poste "transport/chantier" regroupe le poste "transport" et le poste "chantier" ;
- enfin, les « postes non densifiables » sont ceux considérés comme « verrouillés » à l'urbanisation et/ou à la densification et décrits à la page précédente.

Par ailleurs, les objectifs de densification fixés, notamment, par la loi dite « Grenelle 2 » et qui inspirent les hypothèses de cet exercice, ne pourront être atteints qu'avec la restructuration des tissus urbains existants. Or, l'examen du tableau suivant montre que l'habitat individuel, composé des tissus pavillonnaires mais également des maisons individuelles des communes semi-rurales franciliennes représente la partie la plus importante de l'urbain construit en Ile-de-France (48%) avec près de 91 000 hectares (vs 23 000 hectares, soit 12% pour l'habitat collectif). La proportion de pavillonnaire est très marquée en Grande Couronne (55% de la surface de l'urbain construit) et importante en Petite Couronne (37%). L'habitat individuel en Ile-de-France, en représentant un réservoir foncier majeur, constitue donc un enjeu important en termes de densification. La réussite d'une densification des quartiers pavillonnaires de petite et grande couronne, tenant compte des contraintes « urbanistico-juridiques » et sociétales actuelles qui renforcent l'inertie de cette typologie de bâti, est donc la clef pour atteindre les objectifs environnementaux poursuivis par le

[24] *Le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) détermine la quantité de construction admise sur une propriété foncière en fonction de sa superficie. Multiplié par la superficie du terrain, il donne la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) constructible sur celui-ci.*
[25] *Source : Mode d'Occupation du Sol de l'IAURIF version 2008 (périmètre large d'étude) ou 2003 (extérieur de l'Ile-de-France)*
[26] *Mais peut-être pas à l'horizon 2035*

projet Grand Paris Express, comme le soulignait très justement un rapport de l'Atelier international du Grand Paris sur le sujet[27]. Des pistes de mesures à mener dans ce sens sont proposées dans le chapitre 7.7.

Tableau 3.7-5 : Répartition surfacique (en pourcentage) de l'ensemble de l'urbain construit par couronne en Ile-de-France (Source : MOS, IAURIF, 2003 et 2008 - Compilation : Stratec, 2012)

			Répartition surfacique de l'urbain construit		
code11	code47	Libellé	% Paris intra-muros	% Petite Couronne	% Grande Couronne
Habitat individuel	22	Habitat individuel	0%	33%	34%
	23	Ensembles d'habitat individuel identique	0%	3%	11%
	24	Habitat rural	0%	0%	9%
Habitat collectif	25	Habitat continu bas	3%	6%	3%
	26	Habitat collectif continu haut	40%	2%	0%
	27	Habitat collectif discontinu	9%	12%	4%
	28	Habitat autre	1%	0%	0%
Activités	29	Equipements pour eau, assainissement, énergie	0%	1%	2%
	30	Zones ou espaces affectés aux activités	2%	12%	10%
	31	Entrepôts logistiques	1%	1%	0%
	32	Commerces	0%	1%	1%
	33	Bureaux	5%	2%	0%
Equipements	34	Bâtiments ou installations de sport	1%	1%	1%
	35	Equipements d'enseignement	6%	4%	2%
	36	Equipements de santé	3%	1%	0%
	37	Cimetières	2%	2%	1%
	38	Grands centres de congrès et d'exposition	0%	0%	0%
	39	Equipements culturels et de loisirs	1%	0%	0%
	40	Administrations, organismes officiels	3%	1%	1%
	41	Autres équipements accueillant du public	3%	1%	1%
Transports	42	Emprises de transport ferré	5%	4%	4%
	43	Emprises routières	13%	5%	6%
	44	Parcs de stationnement	1%	4%	4%
	45	Gares routières, dépôts	0%	0%	0%
	46	Installations aéroportuaires	0%	1%	1%
Chantiers	47	Chantiers	1%	1%	2%
			100%	**100%**	**100%**
Surface totale de l'urbain construit au sein de la Couronne (ha)			7 708	46 137	135 435
Surface totale de la couronne (ha)			10 544	65 720	1 130 237

Poste considéré non densifiable dans l'exercice

e) Scénarios d'urbanisation entre 2005 et 2035 : définition & application

Objectif : Calculer les surfaces supplémentaires qui pourraient théoriquement être créées d'ici à 2035 sur les terrains identifiés comme urbanisables/densifiables et, ce, dans chaque scénario et indépendamment des besoins réels en surfaces supplémentaires estimés.

Méthode : Application de « structures d'urbanisation » aux terrains actuels non « verrouillés »

Les « structures d'urbanisation » correspondent à l'application, sur les postes du MOS restreints aux postes urbanisables/densifiables, d'un niveau d'augmentation potentielle du COS d'ici à 2035, appelé « $\Delta COS_{2005\text{-}2035}$ ». Comme ce terme l'indique, le delta COS prend en compte, uniquement, la part d'augmentation potentielle du COS. Ainsi, pour un ΔCOS équivalent, différentes techniques d'urbanisation peuvent être possibles en réalité, comme permet de le schématiser la Figure III.7.2-9.

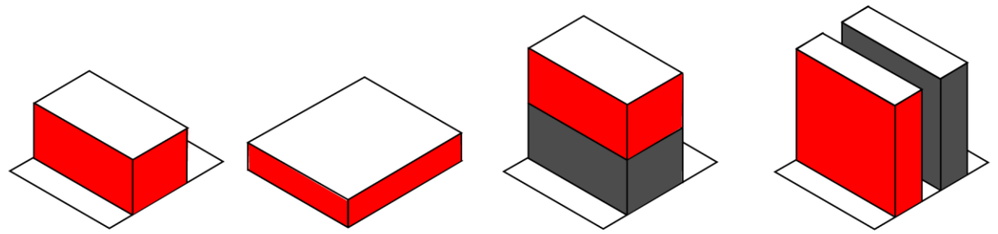


Figure 3.7-14 : Le concept du «ΔCOS» : 4 exemples de création d'une même quantité de surfaces nouvelles (en rouge) avec un ΔCOS égal à 1 sur une parcelle urbanisable/densifiable qui possède potentiellement des surfaces préexistantes (en gris) (Source : Stratec, 2012)

L'application des structures d'urbanisation suit une logique qui repose sur les **5 principes suivants** :

- **L'évolution de l'urbanisation sera influencée par les prescriptions stratégiques du Schéma Directeur Régional d'Ile-de-France** (actuellement en cours de révision). Les directives du SDRIF, exprimées notamment à travers sa carte de destination générale des territoires (Cf. Figure III.7.2-10), vont, en effet, agir comme des catalyseurs pour l'aménagement des territoires concernés ainsi que leur voisinage et, ce, que le projet soit mis en œuvre ou non ;

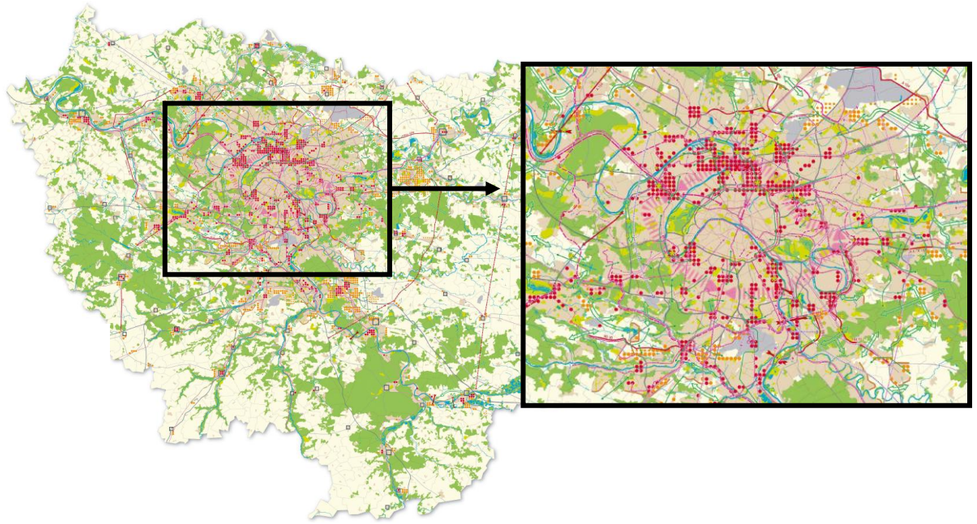


Figure 3.7-15 : Carte de destination générale des différentes parties du territoire *(Source : Schéma directeur de la région Ile-de-France, septembre 2008)*

[27] *Densifier les zones pavillonnaires, Atelier international du Grand Paris, http://www.ateliergrandparis.com/construire/densifierZP.pdf*

- La mise en œuvre d'une infrastructure de transport d'une envergure telle que celle du **Grand Paris Express**, en améliorant significativement l'accessibilité une grande partie du territoire, est en mesure **de favoriser et de polariser la concentration urbaine à ses abords** via l'augmentation de la densité de la construction nouvelle et l'accélération du renouvellement de l'existant ;

Remarque : à ce sujet, voir notamment les principes de la politique d'aménagement orientée occupation du sol/transport qui permettent de prendre en compte les dynamiques de localisation des activités humaines en lien avec le développement de l'offre en réseaux structurants de transport collectif, et qui sont détaillés au point 6.7 ;

- L'évolution de **l'urbanisation en Ile-de-France sera influencée par la morphologie urbaine actuelle des territoires** : les caractéristiques architecturales et urbaines des territoires vont, en effet, conditionner leur potentiel de densification ;

- L'évolution du gradient de densité des grandes villes européennes[28], c'est-à-dire la vitesse à laquelle la densité décroît lorsqu'on s'éloigne du centre, montre que, depuis longtemps et très certainement pour longtemps encore, l'urbanisation de ces villes répond aux principes du modèle monocentrique : **le gradient de densité de population et d'emploi décroît depuis le centre vers la périphérie de l'agglomération**.

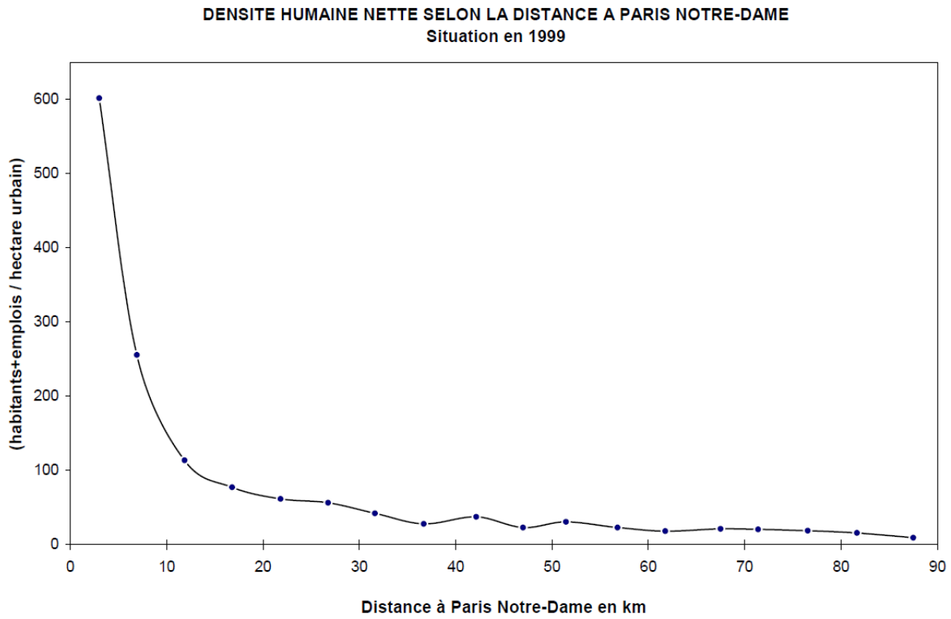


Figure 3.7-16 : Densité humaine nette selon la distance à Paris Notre-Dame dans les communes d'Ile-de-France en 1999 (Source : Un nouveau sens pour la planification, développement durable et métropoles, Vincent Fouchier, Jean-Claude Gaillot, Le projet de schéma directeur de la région Ile-de-France, 14 mai 2009, http://www.iau-idf.fr/fileadmin/user_upload/Enjeux/Metrex/14mai/Fouchier-Gaillot.pdf)

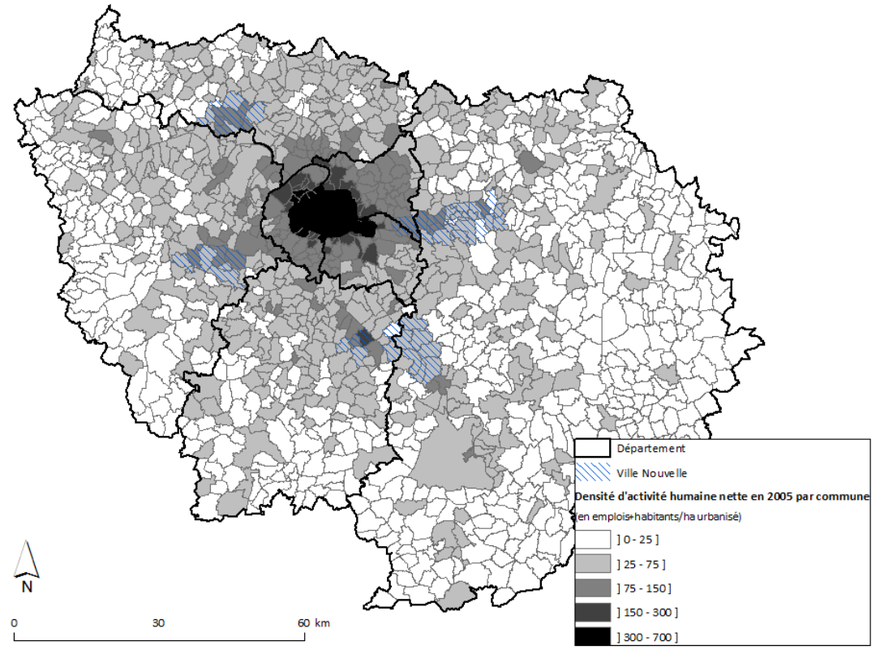


Figure 3.7-17 : Densité d'activité humaine nette en 2005 par commune en Ile-de-France (Source : INSEE, 2005, MOS IAURIF, 2003, 2008 – Cartographie : Stratec, 2012)

- En l'absence de mesures d'accompagnement visant à contrôler l'usage des sols et à promouvoir la densification, l'évolution naturelle de l'urbanisation conduit à une consommation progressive des espaces naturels et ouverts et à une diminution de la densité.

  - Concrètement, un $\Delta COS_{2005\text{-}2035}$ a été appliqué à chaque poste non « verrouillé » du MOS francilien actuel, pour chaque scénario, et différencié selon :

  - la **nature du MOS**, c'est-à-dire le code 47 du polygone, qui détermine les caractéristiques architecturales ou urbaines de l'entité et, donc, sa capacité de densification[29]

[28] *Voir également : Urbanisation et consommation de l'espace, une question de mesure. La revue du CGDD, mars 2012, page 16*

[29] *Voir, à ce sujet, le rapport de phase 2 de l'évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, page 280 (Société du Grand Paris, 2010)*

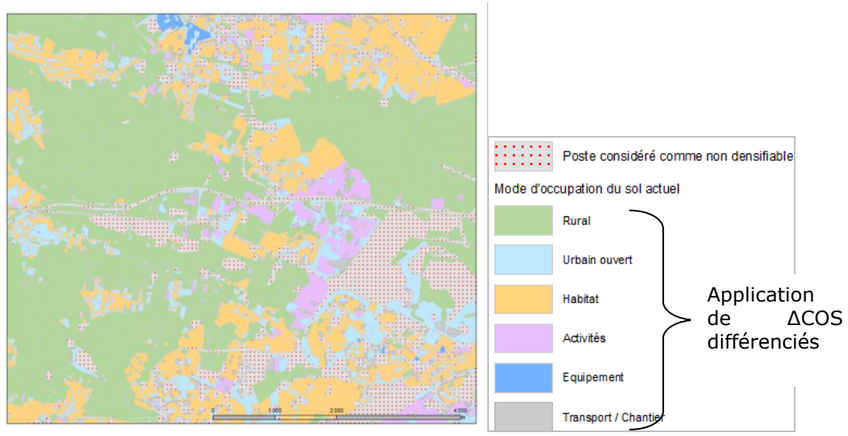


Figure 3.7-18 : Représentation cartographique du premier critère pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008 – Cartographie : Stratec, 2012)

- la **localisation par rapport à la carte de destination du SDRIF** et, en particulier, les pastilles[30] que celle-ci définit (Cf. figure III.7.2-14), qui représentent :
  - les secteurs de densification préférentielle ;
  - les secteurs d'urbanisation préférentielle ;
  - les secteurs d'urbanisation conditionnelle.

Remarque : pour plus de détails sur ces zones, se référer aux chapitres V.7.3. des rapports de phase 1 des études d'impacts par tronçon.

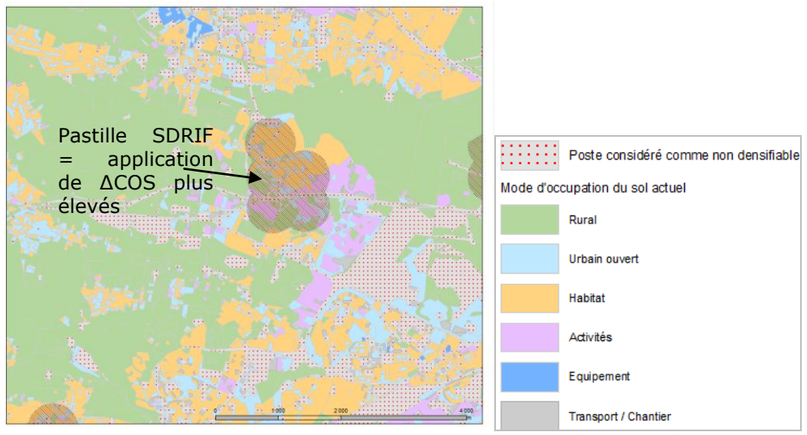


Figure 3.7-19 : Représentation cartographique des deux premiers critères pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 – Cartographie : Stratec, 2012)

[30] *En prenant un compte un rayon de 400 mètres autour de la pastille comme marge d'appréciation*

- la **localisation par rapport à un arrêt de transport en commun** (critère utilisé uniquement pour les scénarios projet) : futures gares du Grand Paris Express, mais également les gares de métro, de RER, de Transilien et de Tramway en 2035 dont l'accessibilité augmentera fortement grâce à la mise en œuvre du projet. Les critères croisés et pris en compte sont les suivants :
  - un critère qualitatif, qui représente la qualité de la desserte TC de l'arrêt concerné en termes de fréquence et de nombre de lignes le desservant : la *typologie de l'arrêt de transport en commun* ; soit A, B, ou C (Cf. figure III.7.2-15).

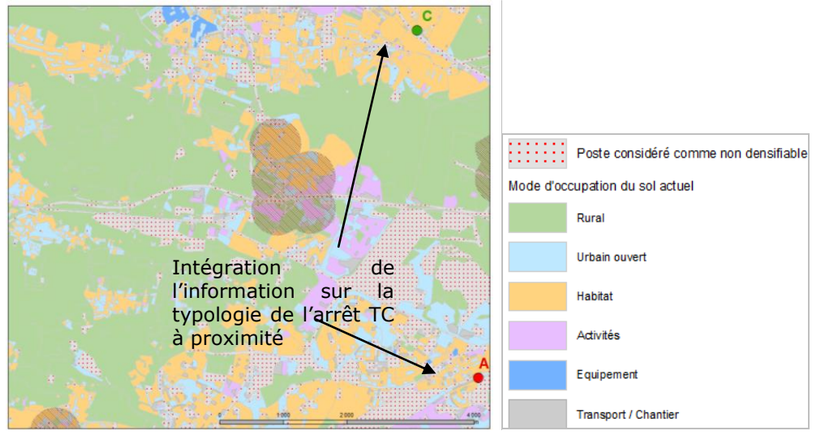


Figure 3.7-20 : Représentation cartographique des trois premiers critères pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 – Cartographie : Stratec, 2012)

  - un critère plus quantitatif, qui fournit une information supplémentaire sur l'offre TC disponible à l'arrêt à l'horizon 2035 : *le gain, en termes de temps de parcours en transport en commun à destination du reste de l'Ile-de-France*, que la mise en œuvre du projet va permettre de créer à chaque arrêt comparativement à une situation sans projet (référence). Ce critère est ventilé en 3 catégories : 0 (gains considérés « négligeables «), 1 (gains d'accessibilité « moyens ») et 2 (« élevés »). Pour plus de détails sur cet exercice, voir la partie annexée au présent rapport.

les *périmètres d'influence*[31] de chaque arrêt : un « périmètre de référence » de 500 mètres (l'équivalent d'une zone d'accessibilité de 6 minutes à pieds) et un « périmètre rapproché » de 2 kilomètres (zone d'accessibilité en vélo). Ces périmètres sont représentés sur la figure III.7.2-16

  - Figure 3.7-21 : .

[31] *Source : potentiel de densification autour des pôles et des axes de transport en commun, Rapport final, DREIF, 2007 : http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Introduction_cle72afd1.pdf*

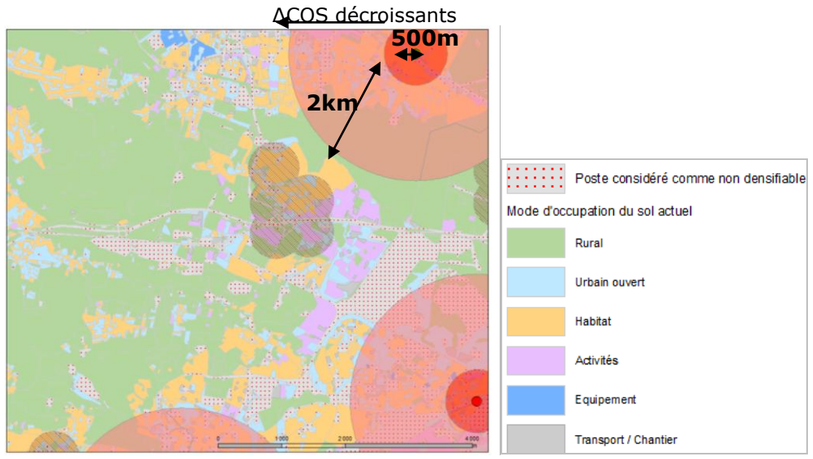


Figure 3.7-21 : représentation cartographique des quatre premiers critères (hors gains d'accessibilité TC avec projet) pris en compte dans l'exercice de définition des « structures d'urbanisation » (Source : MOS IAURIF, 2003-2008, Projet de SDRIF 2008 – Cartographie : Stratec, 2012)

- et, enfin, le périmètre d'étude dans lequel chaque parcelle se situe : périmètre large d'étude ou « extérieur de l'Ile-de-France ». Il a, en effet, était fait l'hypothèse que les ΔCOS sur les espaces de type « ruraux » et « urbain ouvert » serait moindre à l'extérieur de l'Ile-de-France que dans le centre.

Pour information, le tableau détaillé de l'ensemble des ΔCOS utilisés dans l'exercice est repris en annexe du présent document.

Résultats : l'identification des surfaces de terrain constructibles (étape n°1) et l'application de structures d'urbanisation (étape n°2) ont ainsi permis d'obtenir une estimation des surfaces nouvelles qu'il est théoriquement possible de créer d'ici à l'horizon 2035 et, ce, pour chaque scénario et chaque zone géographique étudiée. Ces résultats sont repris à la figure III.7.2-17.

Occupation des surfaces de plancher théoriquement disponibles par les populations et les emplois nouveaux entre 2005 et 2035

Objectifs :

- Répartir les besoins en surfaces nécessaires à l'accueil des populations nouvelles dans les capacités théoriques de chaque zone d'étude selon le scénario ;
- Estimer les surfaces réellement utilisées pour l'accueil de ces populations et les caractéristiques de ces surfaces.

Méthode : Un ordre d'accueil est défini pour accueillir **de manière équitable** les nouveaux habitants et les nouveaux emplois et les surfaces de plancher dont ils ont besoin. Il est défini comme suit :

- Dans les **scénarios de projet**, l'ordre d'accueil des populations nouvelles suit la numérotation suivante :
  1. les besoins en surfaces de plancher sont d'abord absorbés à proximité des gares pour lesquelles les gains d'accessibilité sont élevés ou moyens ;
  2. ce sont à proximité des gares de type A, puis B puis, ensuite C, que l'ordre d'accueil de ces nouvelles surfaces s'effectue ;
  3. les capacités théoriques à proximité immédiate (500 mètres) de ces gares sont d'abord utilisées. Puis l'absorption des surfaces nouvelles a recours aux capacités théoriques dans le reste du « périmètre rapproché »,
  4. au sein de cette capacité théorique, les surfaces rurales qui ont été urbanisées sont utilisées en dernier recours. La densification de l'existant (habitat, activité, etc.), lorsque cela est possible, et la construction sur de l'« urbain ouvert » sont privilégiées avant cela ;
  5. si, à ce stade, l'ensemble des besoins en surface n'a pu être totalement absorbé, le même exercice est effectué au sein des zones « SDRIF » ;
  6. en dernier lieu, ce sont les autres surfaces, c'est-à-dire celles créées au-delà de 2 km d'un arrêt TC et en dehors d'une zone « SDRIF », qui sont exploitées.
- Dans le **scénario de référence**, l'ordre d'accueil consiste à commencer par l'étape n°5 ci-dessus (absorption « zones SDRIF »), puis par l'étape n°6 (« autres surfaces »).

Résultats : la mise en perspective des surfaces qu'il est théoriquement possible de construire d'ici à 2035 au regard des réels besoins en surfaces nécessaires à l'accueil des populations, compte tenu des évolutions démographiques prédéfinies, permet :

- d'une part, d'évaluer la capacité du périmètre large d'étude et du périmètre « extérieur de l'Ile-de-France » à accueillir les populations nouvelles définis d'ici à 2035 sur leurs territoires étant donné leur urbanisation actuelle ;
- d'autre part, d'en savoir plus sur les caractéristiques des surfaces qui seront créées pour accueillir ces populations nouvelles : leur localisation, les espaces sur lesquelles ces surfaces seront créées, etc.

Ces résultats sont intégrés au bilan à l'échelle de la France, dont les résultats sont présentés dans la partie suivante.

3.7.2.4 Résultats

a) La nécessité de mises en œuvre de mesures d'accompagnement

Il est important de rappeler que les résultats qui suivent ont été calculés à partir d'une hypothèse où l'évolution de l'urbanisation en scénario de projet se faisait en se servant de l'armature du réseau de transport en commun, et notamment du Grand Paris Express, comme catalyseur de l'aménagement du territoire. On l'a vu, cette hypothèse est tout à fait concevable dans la mesure où la mise en œuvre du projet aura des effets induits considérables sur les comportements en matière de localisation de la population et de l'emploi. Toutefois, **la construction du métro n'est pas une fin en soi.** A lui seul, le Grand Paris Express ne pourra assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du Grand Paris ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. **Pour parvenir à ces objectifs et, donc, pour que les résultats qui suivent soient atteints, il est nécessaire d'intégrer le projet Grand Paris Express dans une véritable logique d'aménagement du territoire intégrant des mesures d'accompagnement complémentaires**. Celles-ci sont présentées dans le chapitre 6.7.

b) Evaluation de la capacité d'absorption des territoires

La figure III.7.2-17 ci-dessous permet de comparer, pour le scénario de référence et les deux scénarios de projet et au sein des trois systèmes géographiques étudiés :

- Les besoins en surfaces de plancher supplémentaires liés à l'arrivée de populations nouvelles d'ici à 2035, en marron…

- … avec les surfaces qu'il est théoriquement possible de créer sur ces territoires d'ici à 2035 si l'on regarde, indépendamment des besoins en surface auxquels ils devront répondre, leurs potentialités d'urbanisation et de densification. Ces surfaces de plancher sont schématisées sur les barres vertes et leur somme, en millions ou milliards de m² SHON, est indiquée au-dessus.

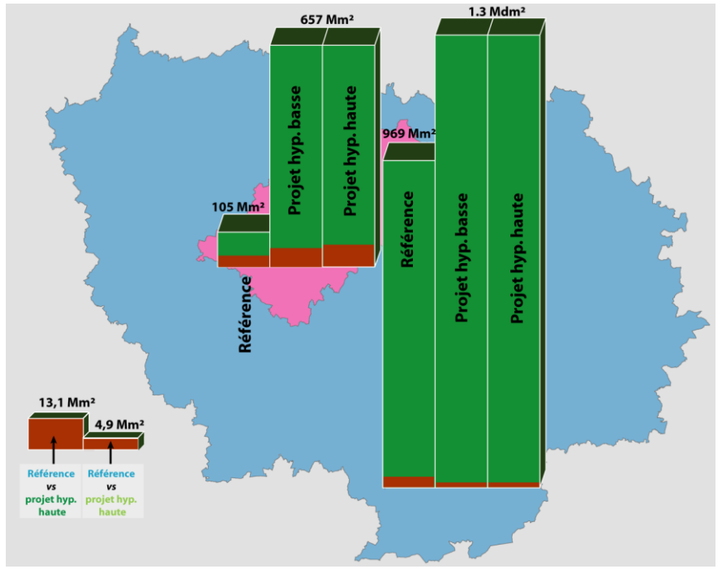


Figure 3.7-22 : Capacité théorique des systèmes géographiques étudiés d'ici à 2035 versus besoins en surfaces supplémentaires nécessaires à l'accueil des populations nouvelles dans ces territoires (Source : Stratec, 2012)

Remarque : pour le territoire « hors l'Ile-de-France », il est fait l'hypothèse que les besoins en surfaces des populations situées sur cette zone dans le scénario de référence seront totalement absorbés (les surfaces de plancher nécessaires à la demande seraient créées, ni plus ni moins).

Au regard des résultats repris sur la Figure III.7.2-17, on constate que, **quelque soit le scénario considéré, les territoires d'Ile-de-France sont en mesure d'accueillir les populations nouvelles estimées à l'horizon 2035** compte tenu de leur urbanisation actuelle et des hypothèses d'évolution de la construction et de la densification qui ont été retenues. En effet, dans le périmètre large d'étude et dans le périmètre extérieur de l'Ile-de-France, **les surfaces supplémentaires qu'il est théoriquement possible de créer d'ici à 2035 sont très largement supérieures aux besoins en surfaces nouvelles** nécessaires aux habitants et aux emplois à venir. En ce qui concerne les scénarios de projet, malgré le fait qu'il y ait davantage d'habitants et d'emplois en Ile-de-France par rapport à la référence, la capacité théorique est encore plus élevée comparativement à la référence car il a été considéré que certains arrêts TC[32] constituaient en soi de véritables moteurs du développement urbain, permettant une densification et un renouvellement urbain accrus. Il faut toutefois garder à l'esprit que, **même si cette conclusion est vraie à l'échelle globale de l'Ile-de-France, elle ne l'est pas forcément à l'échelle locale**. En effet, étant donné que l'exercice développé ici consiste en une agrégation des communes en trois systèmes géographiques, l'étape d'affectation des besoins en surface dans les capacités théoriques suppose qu'il peut y avoir d'éventuels « flux » à l'intérieur de ces systèmes en cas de saturation dans une zone. Ainsi, l'exercice ne permet pas de souligner si dans une (ou plusieurs) commune(s) la capacité théorique est inférieure aux besoins puisque l'excédent de surfaces a été transféré dans une zone où existe de la capacité résiduelle. Toutefois, même si localement la capacité des territoires pourrait être trop faible aux regards des perspectives démographiques, l'Ile-de-France est, globalement, en mesure d'absorber ces besoins d'ici à 2035.

Enfin, suite à l'accueil des populations et des emplois nouveaux entre 2005 et 2035 en situation de projet, il subsisterait :

- plus de 1 925 Mm² SHON non utilisés en Ile-de-France selon « l'hypothèse basse », dont un tiers dans le périmètre large d'étude ;

- plus de 1 918 Mm² SHON non utilisés en Ile-de-France selon « l'hypothèse haute », dont un tiers dans le périmètre large d'étude.

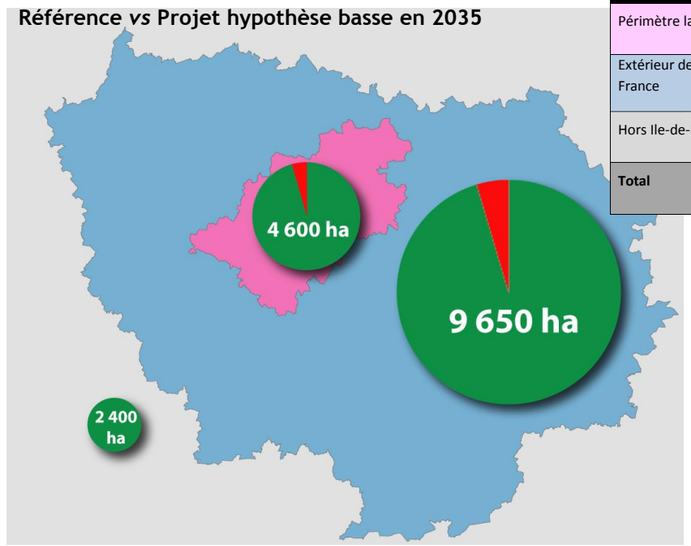
Ce surplus permettrait ainsi d'accueillir après 2035 des soldes migratoires nouveaux à destination de l'Ile-de-France. L'utilisation de cette capacité d'accueil résiduelle aurait des impacts environnementaux positifs en termes de préservation des espaces ruraux et de diminution des coûts de viabilisation et d'exploitation des services publics. Ainsi, des impacts indirects positifs seraient encore visibles après 2035 et à attribuer au projet Grand Paris Express si, toutefois, les mesures d'accompagnement adaptées sont mises en œuvre en parallèle du projet. Comme l'horizon 2035 est l'horizon du présent exercice, ces impacts résiduels positifs post-2035 n'ont pas été intégrés au bilan final.

Indicateur n°1 : Consommation des espaces naturels par l'urbanisation nouvelle d'ici à 2035

Les figures III.7.2-18 et III.7.2-19 représentent, de manière schématique, le total des surfaces de type « rural » qui ont été consommées, d'une part, par l'urbanisation nouvelle nécessaire à l'accueil des populations nouvelle dans le scénario de référence (cercles verts) et, d'autre part, dans le cas d'une évolution de l'urbanisation définie pour les scénarios de projet. La Figure III.7.2-18 cartographie ces résultats pour le scénario de référence et le scénario de projet « hypothèse basse ». Quant à la Figure III.7.2-19, elle représente les résultats pour le cas du scénario projet « hypothèse haute ». Les valeurs reprises sur ces deux figures correspondent au différentiel entre le total des surfaces consommées dans le scénario de référence (plus important) et le total pour le scénario de projet considéré (moindre) et, ce, pour les 3 zones géographiques : le périmètre large d'étude, l'extérieur de l'Ile-de-France et le territoire hors de l'Ile-de-France. Pour plus de clarté, les tableaux associés à ces figures reprennent les chiffres détaillés. Les surfaces « rurales » en question sont l'ensemble des catégories du MOS actuel qui appartiennent au poste "rural", qui sont considérées comme non « verrouillées » et dont l'artificialisation a servi à l'accueil de surfaces destinées aux populations nouvelles pour le scénario considéré.

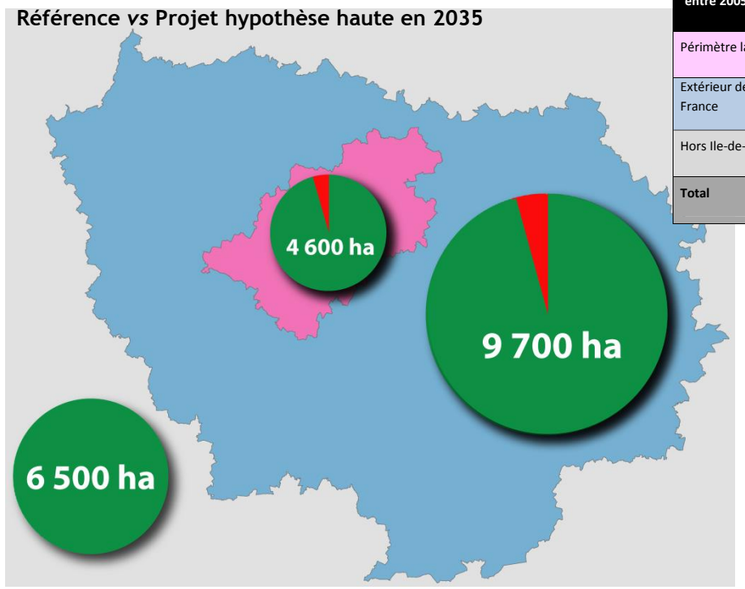
Pour le territoire « extérieur à l'Ile-de-France », comme précisé auparavant, il a été supposé que les populations vivant dans cette zone en situation de référence nécessiterait, au préalable, la construction de surfaces nouvelles avec un coefficient du sol fixé, par défaut, à 0.2. En faisant l'hypothèse que ces surfaces seraient construites dans leur totalité sur des espaces de type « ruraux », il a ainsi été possible d'estimer la quantité d'espace naturel consommée hors de l'Ile-de-France en référence, celle-ci s'élevant à 2 435 hectares ou 6 526 hectares selon le scénario de projet avec lequel la référence est comparée.

[32] Les futures stations du métro du Grand Paris mais également les autres arrêts TC qui bénéficieront d'un gain d'accessibilité grâce à la mise en œuvre du projet (voir la partie méthodologique spécifique à ce point).



Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 (ha)	2035 référence	2035 projet hyp. basse	Différence (Projet hyp. basse – Référence)	Variation observée d'ici à 2035 (Projet – Référence)
Périmètre large d'étude	4 837	226	- 4 611	↘
Extérieur de l'Ile-de-France	10 124	488	- 9 637	↘
Hors Ile-de-France	2 435	-	- 2 435	↘
Total	**17 397**	**714**	**- 16 683**	↘

Figure 3.7-23 : Différence, en hectares, entre l'ensemble des surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 dans le scénario de référence et les surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle dans le scénario de projet « hypothèse basse » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012)



Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 (ha)	2035 référence	2035 projet hyp. haute	Différence (Projet hyp. haute – Référence)	Variation observée d'ici à 2035 (Projet – Référence)
Périmètre large d'étude	4 837	226	- 4 611	↘
Extérieur de l'Ile-de-France	10 124	452	- 9 673	↘
Hors Ile-de-France	6 526	-	- 6 526	↘
Total	**21 487**	**678**	**- 20 810**	↘

Figure 3.7-24 : Différence, en hectares, entre l'ensemble des surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 dans le scénario de référence et les surfaces rurales consommées pour l'urbanisation nouvelle dans le scénario de projet « hypothèse haute » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012)

Les chiffres repris aux figures III.7.2-18 et III.7.2-19 représentent les surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle induite par les scénarios d'urbanisation 2005-2035 avec ou sans projet. Ces chiffres n'intègrent pas les surfaces rurales qui, dans le cas des scénarios projet, sont consommées directement par la construction des gares nouvelles et les tracés aériens du métro. Ces impacts directs du projet peuvent être estimés à environ 290 ha d'espaces ruraux[33], soit moins de 2% des gains indirects générés par le projet en termes de préservation des espaces ruraux de la consommation par l'urbanisation nouvelle. Les impacts directs du projet en termes de consommation d'espaces ruraux sont donc largement inférieurs à ceux préservés indirectement.

D'après les figures précédentes, on observe que **les gains les plus importants en termes d'espaces ruraux consommés s'observent au-delà de la zone d'influence directe du projet**, en l'occurrence dans la **zone extérieure de l'Ile-de-France** (de l'ordre de **9 700 hectares**) mais aussi en considérant les **populations qui, par l'effet direct du projet, ont migré** depuis une zone d'urbanisation relativement diffuse vers un territoire francilien globalement plus dense (soit un gain compris entre **2 400 et 6 500 hectares selon le scénario projet considéré**).

Les gains dans la zone extérieure de l'Ile-de-France (environ 9 700 hectares d'espaces ruraux préservés) s'expliquent par le fait qu'en situation de projet il est théoriquement possible d'accueillir

[33] 277 hectares ruraux (hors étendues d'eau) risquent d'être consommés par l'emprise du métro en aérien dans un rayon de 50 mètres autour des tracés définis à l'heure actuelles. 13 hectares d'espaces ruraux (hors étendues d'eau) se situent dans l'emprise (à plus ou moins 20 mètres près) des bâtiments des gares nouvelles

l'ensemble des populations nouvelles à proximité immédiate des arrêts de RER ou de Transilien de type A ou B qui bénéficieront d'un gain élevé d'accessibilité grâce à la mise en œuvre du projet. En supposant qu'une politique parallèle de densification et de renouvellement urbain soit mise en œuvre de manière cohérente avec ces objectifs, il est ainsi possible de considérer que le projet permettra d'accueillir les nouvelles populations de l'extérieur de l'Ile-de-France, qu'elle que soit l'hypothèse démographique considérée (« haute » ou « basse »), sur une surface de l'ordre de 2 500 hectares comprenant 450 hectares d'espaces ruraux artificialisés d'ici à 2035. Dans le scénario de référence, la capacité théorique d'accueil des zones ciblées par le projet de SDRIF permet d'accueillir les perspectives de populations à venir d'ici à 2035. Mais, dans ces zones « SDRIF », le mode d'occupation du sol actuel est essentiellement de type « rural » (environ 63% de la superficie considérée). Pour que l'accueil des populations nouvelles d'ici 2035 soit possible en référence, il faudra donc théoriquement consommer près de la moitié de ces surfaces rurales, soit plus de 10 000 hectares artificialisés.

Au sein du périmètre large d'étude, il est possible, d'après les résultats de l'exercice, de concentrer les populations nouvelles estimées pour les deux scénarios de projet à proximité (500m et 2km) des arrêts TC bénéficiant d'un gain d'accessibilité élevé grâce au projet et dont la qualité de la desserte est très bonne, tout en consommant une quantité relativement faibles d'espaces ruraux (226 hectares). Dans le scénario de référence, par contre, la capacité théorique d'accueil des zones définies par le projet de SDRIF ne permet pas de répondre à l'ensemble des besoins. Il faut nécessairement construire des surfaces nouvelles en dehors de ces zones avec un COS moins élevés. Au final, ce sont plus de 4 800 hectares d'espaces ruraux qui sont artificialisés.

Au final, on peut estimer le gain total en termes d'espaces ruraux préservés de l'urbanisation nouvelle avec projet entre 16 680 hectares (hypothèse basse) et 20 810 hectares (hypothèse haute) dont environ 14 250 hectares de gains uniquement au sein de la région Ile-de-France.

Remarque : pour avoir un ordre de grandeur, il faut savoir que 14 250 hectares représentent environ 840 fois la superficie du Stade de France, 14 fois celle du bois de Vincennes et 1,4 fois la surface Paris intra-muros.

La préservation de plus de 14 000 hectares d'espaces ruraux en Ile-de-France constitue évidemment un impact positif essentiel en faveur du projet. Mais il s'agit également d'une plus-value économique non négligeable qui sera évalué et intégré au bilan final de l'analyse des coûts collectifs, objet du futur travail de Phase 3.

Indicateur n°2 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035

Les coûts de viabilisation peuvent être classés en trois grands types de surcoûts :

- les surcoûts liés à la densité. La faible densité des quartiers périurbains découle le plus souvent de la mise en place de maisons unifamiliales isolées sur des parcelles séparées. Par rapport à des immeubles mitoyens que l'on rencontre dans des zones plus denses, des surcoûts sont générés puisque, pour un nombre de logements déterminé, la distance moyenne élevée entre deux habitations nécessite une plus grande longueur de réseau d'infrastructure. Par conséquent, la charge moyenne d'infrastructure par logement augmente.

- les surcoûts de viabilisation s'expriment en termes de configuration géométrique. En effet, les réseaux d'infrastructure doivent être adaptés à la dispersion périurbaine, ce qui détermine des charges supplémentaires.

- enfin, il y a également un surcoût lié à la trop faible planification des équipements. Par exemple, la non prise en compte des contraintes physiques et le manque d'intégration entre l'aménagement du territoire et la gestion technique des réseaux.

La consommation des espaces non bâtis, c'est-à-dire de type « urbain ouvert » et « rural », nécessaires à la construction des surfaces de plancher pour l'accueil des populations nouvelles dans chaque scénario, va nécessiter des coûts de viabilisation qui dépendront du parcellaire construit. La Figure 3.7-25 : montre, à titre exemple, comment la configuration du parcellaire, différente selon le coefficient du sol utilisé pour le construire, influence la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser.

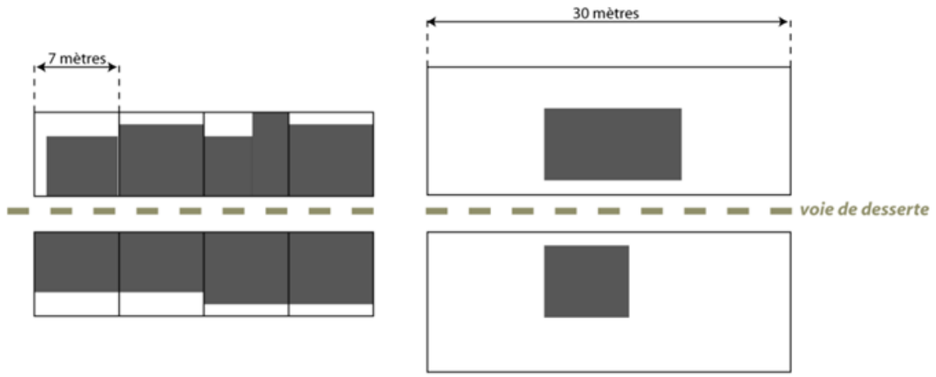


Figure 3.7-25 : Typologies de parcellaires rencontrées en zone d'urbanisation compacte (a) et en zone d'urbanisation diffuse (b) (Source : Halleux J.-M, Lambotte J.-M. et Bruck L., 2008, "Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau", Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, pp.21-42, p.28 – Graphisme : Stratec, 2012)

Le Tableau III.7.2-5 et le Tableau III.7.2-6 présentent les estimations, par zone géographique, de longueur de VRD à mettre en œuvre entre 2005 et 2035 pour l'urbanisation nouvelle compte tenu des espaces non bâtis (« urbain ouvert » et « rural ») supposés consommées et des coefficients du sol utilisés pour cette artificialisation et, ce, pour chaque scénario.

Tableau 3.7-6 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 pour le scénario de référence et le scénario de projet « hypothèse basse » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 (en km)	2035 référence	2035 projet hyp. basse	Différence (Projet hyp. haute – Référence)	Variation observée d'ici à 2035 (Projet-Référence)
Périmètre large d'étude	3 136	300	- 2 835	↘
Extérieur de l'Ile-de-France	2 916	219	- 2 697	↘
Hors de l'Ile-de-France	541	0	- 541	↘
Total	**6 593**	**519**	**- 6 074**	↘

Tableau 3.7-7 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 pour le scénario de référence et le scénario de projet « hypothèse haute » par ensemble géographique (Source : Stratec, 2012)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2035 (en km)	2035 référence	2035 projet hyp. haute	Différence (Projet hyp. haute – Référence)	Variation observée d'ici à 2035 (Projet-Référence)
Périmètre large d'étude	3 136	300	- 2 835	↘
Extérieur de l'Ile-de-France	2 916	188	- 2 728	↘
Hors de l'Ile-de-France	1 450	0	- 1 450	↘
Total	**7 502**	**488**	**- 7 014**	↘

Ainsi, la mise en œuvre du projet, si elle est accompagnée de mesures d'aménagement du territoire complémentaires, permettra d'épargner les espaces non bâtis aujourd'hui de l'artificialisation future et rendra ainsi possible la réduction de linéaire de VRD à mettre en œuvre.

On note ici l'intérêt d'élargir le périmètre d'étude des effets induits sur l'occupation du sol au-delà des limites régionales franciliennes puisque cela permet d'intégrer les gains environnementaux et économiques non négligeables que la migration des populations habitant aujourd'hui des zones relativement diffuses hors de l'Ile-de-France vers un centre francilien plus dense va permettre de procurer : de l'ordre de 541 kilomètres (hypothèse basse) et 1 450 kilomètres (hypothèse haute) de VRD seront préservés grâce à cet effet de migrations.

La **réduction de 6 000 km (hypothèse basse) à 7 000 km (hypothèse haute) de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle** constitue avant tout un gain économique majeur en faveur du projet puisque cela signifie 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 va faire économiser année après année à la société qui les finance, seront évalués et intégrés au bilan final de l'analyse des coûts collectifs, objet du travail de Phase 3.

Indicateur n°3 : Densité d'activité humaine nette

Pour rappel, la densité d'activité humaine nette représente le rapport entre le total de population et d'emploi dans une zone sur l'emprise au sol des surfaces urbanisées dans cette zone.

La densité d'activité humaine nette a été calculée pour l'année 2005 et l'horizon 2035 en considérant l'ensemble de la population et de l'emploi d'Ile-de-France ainsi que l'ensemble des hectares urbanisés dans chaque scénario entre ces deux horizons. Les chiffres qui en résultent sont repris dans le Tableau III.7.2-7 (hypothèse basse) et le Tableau III.7.2-8 (hypothèse haute).

Tableau 3.7-8 : Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé) en 2005 et en 2035 par zone d'étude pour le scénario de projet « hypothèse basse » et le scénario de référence (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage)

Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé)	2005 (base)	2035 référence	2035 projet hyp. basse	Variation observée d'ici à 2035 (Projet hyp. basse-Référence)
Périmètre large d'étude	153,6	148,4	179,3	↗
Extérieur de l'Ile-de-France	45,0	48,6	49,2	↗
Ile-de-France	**88,7**	**89,7**	**101,7**	↗

Tableau 3.7-9 : Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé) en 2005 et en 2035 par zone d'étude pour le scénario de projet « hypothèse haute » et le scénario de référence (Source : Stratec, 2012, à partir des hypothèses d'évolution démographique fournies par le Maître d'ouvrage)

Densité d'activité humaine nette (P+E/ha urbanisé)	2005 (base)	2035 référence	2035 projet hyp. haute	Variation observée d'ici à 2035 (Projet hyp. haute-Référence)
Périmètre large d'étude	153,6	148,4	184,8	↗
Extérieur de l'Ile-de-France	45,0	48,6	48,7	↗
Ile-de-France	**88,7**	**89,7**	**103,6**	↗

Que ce soit pour le scénario « hypothèse haute » ou dans le cas de l' « hypothèse basse », la valeur de la densité d'activité humaine nette s'accroît avec le projet par rapport à la référence et, ce, dans le périmètre large d'étude, où celle-ci est aujourd'hui relativement élevée, ou dans l'extérieur de l'Ile-de-France, où cette dernière est plus faible compte tenu du phénomène de diminution du gradient de densité en partant du centre. Cela signifie que **la mise en œuvre du projet permet une densification plus élevée de l'habitat et de l'emploi dans le centre et la périphérie que celle qui se créerait dans le cas du scénario de référence**.

Dans le périmètre large d'étude, la densité en situation de projet « hypothèse haute » est la plus importante (185 P+E/ha urbanisé) car il a été possible d'accueillir un nombre très important d'habitants (+ 1 440 000 habitants par rapport à 2005) et d'emplois (+ 1 115 000 emplois par rapport à 2005) à proximité immédiate des gares, dans un périmètre très restreint et, ce, en urbanisant peu de surfaces ouvertes (voir résultats précédents). Dans l'extérieur de l'Ile-de-France, la différence de densité d'activité humaine nette entre projet et référence est moindre car, que le projet soit réalisé ou non, les orientations qui sont aujourd'hui arrêtées dans le projet de SDRIF ont déjà pour volonté de limiter une dédensification de la périphérie.

Enfin, il est également intéressant de comparer les valeurs obtenues pour les scénarios 2035 à celles calculées pour la situation actuelle. On observe, d'une part, que l'évolution de l'urbanisation dans le scénario de référence conduirait à une décroissance de la densité dans le périmètre large d'étude au profit d'une densification de la périphérie. D'autre part, on peut voir que, globalement,

la mise en œuvre du projet va permettre de considérablement augmenter la densité d'activité humaine nette moyenne sur l'ensemble de la région, celle-ci passant de 89 P+E/ha urbanisé aujourd'hui à 102 ou 104P+E/ha urbanisé à l'horizon 2035. Pour avoir un ordre d'idée de cette valeur, il faut savoir que celle-ci est **proche de la moyenne de densité humaine nette de la Ville Nouvelle d'Evry** (103.1 P+E/ha urbanisé)[34].

L'augmentation de la densité d'activité humaine nette sur l'ensemble de la Région avec projet aura comme principaux effets :

- Une diminution des distances de parcours en faveur d'un report modal vers les transports en commun, conduisant à une diminution potentielle des véh*km parcours, des émissions de gaz à effet de serre, etc. ;

- Une densification du parc bâti actuel et, potentiellement, un renouvellement de celui-ci. Cela jouera sur sa consommation énergétique (Cf. chapitre « Energie, air, climat »)

Effets qui seront monétarisés et intégrés au bilan final de l'analyse des coûts collectifs, objet du travail de Phase 3.

3.7.3 Urbanisme réglementaire

L'objectif de la présente partie est de définir les points de correspondance ou de divergence entre :

- Le projet d'infrastructure du Grand Paris Express,

- Les documents de planification et d'urbanisme réglementaire au sein du territoire, définissant le politique future d'aménagement à différentes échelles : locale, intercommunale et régionale.

Le but ici est donc d'identifier ces éléments et de préparer à la réalisation du dossier de mise en compatibilité des documents d'urbanisme, pièce constitutive du présent dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique, au même titre que l'Etude d'impact.

A ce stade, il convient également d'avoir en tête que le projet est en cours de définition. Les aménagements des pôles-gare, au travers des études urbaines, architecturales, de déplacement, …, influenceront les paramètres de compatibilité entre le projet et les documents d'urbanisme. Ces études en cours constituent donc des mesures de suppression/évitement des impacts.

Aussi, la présente partie doit pouvoir permettre de qualifier, sans forcément quantifier, les incidences du projet sur les secteurs traversés.

A noter que ces incidences sont tantôt temporaires, (phase travaux) tantôt permanentes et que les effets sont toujours directs en termes de modification de l'espaces urbain réglementaire.

3.7.3.1 Cohérence du projet avec les Opérations d'Intérêt National (OIN)

Le tracé du Grand Paris Express intercepte le territoire de 5 OIN ainsi que celui d'un territoire « jugé stratégique », en partie Nord de la capitale.

[34] *Source : Dense Cité, MOS et INSEE 1990*

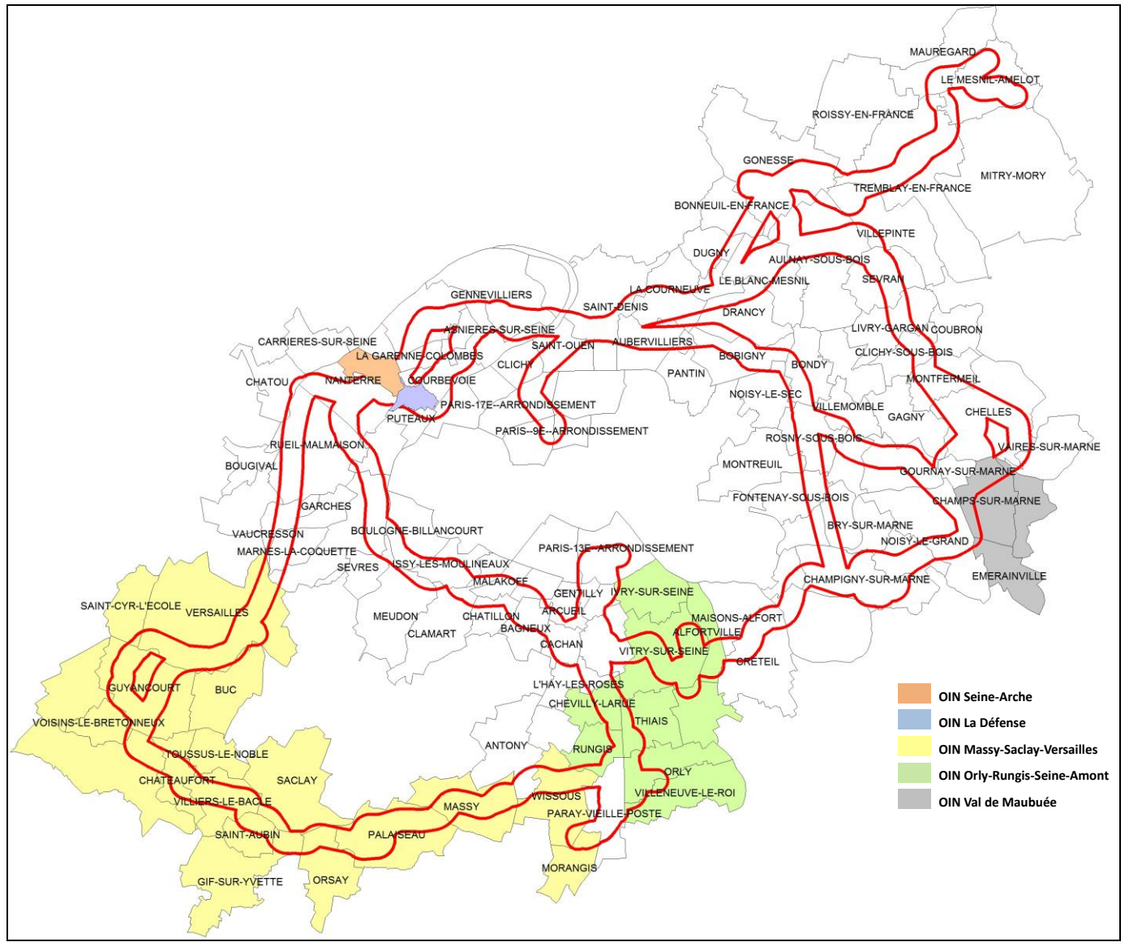


Figure 3.7-26 : Territoires des OIN traversés par le projet Grand Paris Express

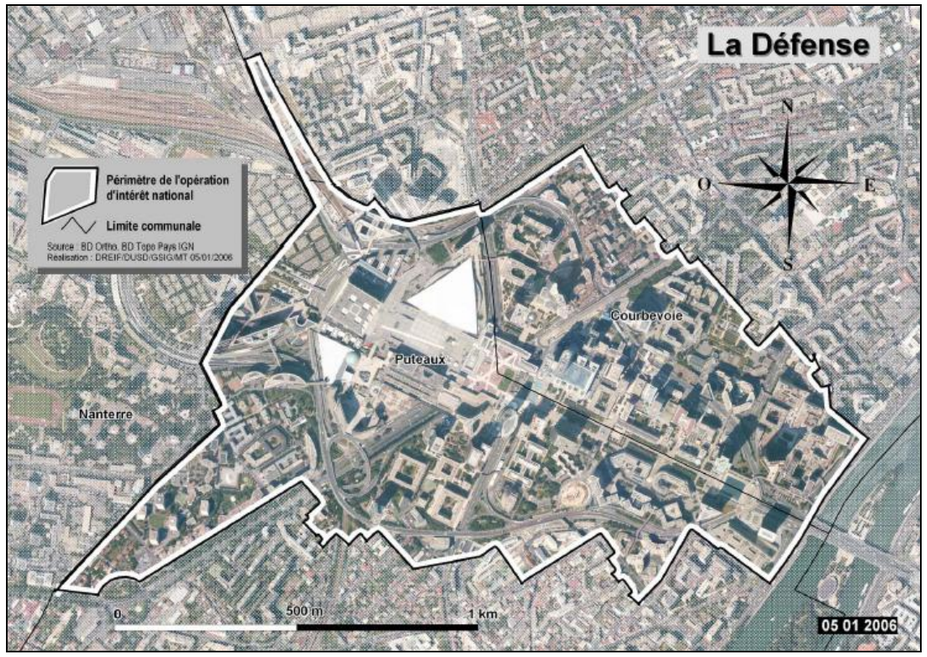


Figure 3.7-27 : Périmètre de l'OIN secteur Défense

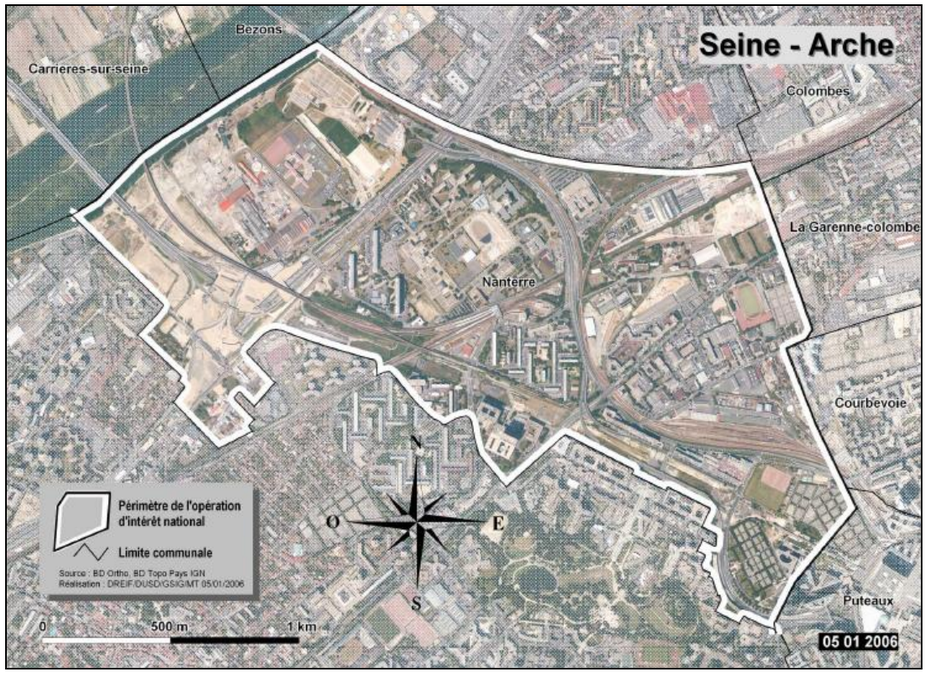


Figure 3.7-28 : Périmètre de l'OIN secteur Seine-Arche

OIN « la Défense » et OIN « Seine-Arche »

L'OIN « la Défense » (Courbevoie, Puteaux) et de l'OIN « Seine-Arche » (Nanterre) sont toutes deux situées sur le tronçon T4 (ligne rouge) du projet Grand Paris Express. Leur gestion est confiée à l'EPADESA (Etablissement Public d'Aménagement de la Défense-Seine-Arche)

Les principaux enjeux et objectif des deux OIN sont présentés ci-dessous :

- Secteur Défense

La volonté de l'EPADESA est de créer un pôle d'attraction fort à partir des orientations stratégiques d'urbanisme définies par l'Etat, pour en faire un « cluster in the city ».

Une ambition dessinée dans le Plan de Renouveau initié en 2006 et s'appuyant sur :

- La rénovation des tours obsolètes en fonction des nouvelles normes de bureaux avec une augmentation minimum des surfaces de 150 000 m²,
- La construction de 300 000 m² de bureaux neufs et de 100 000 m² de logements pour La Défense et un développement maîtrisé pour Seine Arche tous secteurs confondus,
- La mise en œuvre d'une politique de développement durable aussi bien pour les tours que pour le logement, avec notamment la création d'éco-quartiers,
- La promotion d'une véritable ambition architecturale,
- La modernisation et renforcement des transports en commun,
- L'amélioration de la qualité de vie avec l'aménagement des accès et des circulations, la création de places publiques et d'espaces paysagers.
- Secteur Seine-Arche :

La Défense Seine Arche est aujourd'hui en pleine mutation. Cette mutation est celle d'un quartier de vie et d'affaires qui se modernise, se met aux normes du développement durable, accueillant de nouveaux habitants, de nouveaux services et commerces et voit, avec le Grand Paris, l'opportunité de changer profondément son rapport avec l'ouest Parisien, et plus largement avec la métropole (et le monde).

La Défense Seine Arche se prépare à accueillir l'infrastructure de transport du Grand Paris Express qui lui donnera enfin la liaison indispensable aux aéroports, notamment Roissy, première plate-forme européenne, et le lien avec les autres pôles de vie de la région. Le prolongement d'Eole, ainsi que l'automatisation de la ligne 1 et la modernisation du RER A, amélioreront considérablement la desserte et les conditions de transport des habitants et des salariés.

OIN Orly-Rungis-Seine-Amont

L'OIN Orly-Rungis-Seine-Amont, répartie sur le territoire de 12 communes (Ablon-sur-Seine, Alfortville, Chevilly-Larue, Choisy-le-Roi, Ivry-sur-Seine, Orly, Rungis, Thiais, Valenton, Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Vitry-sur-Seine), s'inscrit au niveau du tronçon T0 (ligne rouge). La gestion des actions engagées sur le territoire de l'OIN est confiée à l'EPA ORSA (Orly-Rungis-Seine-Amont).

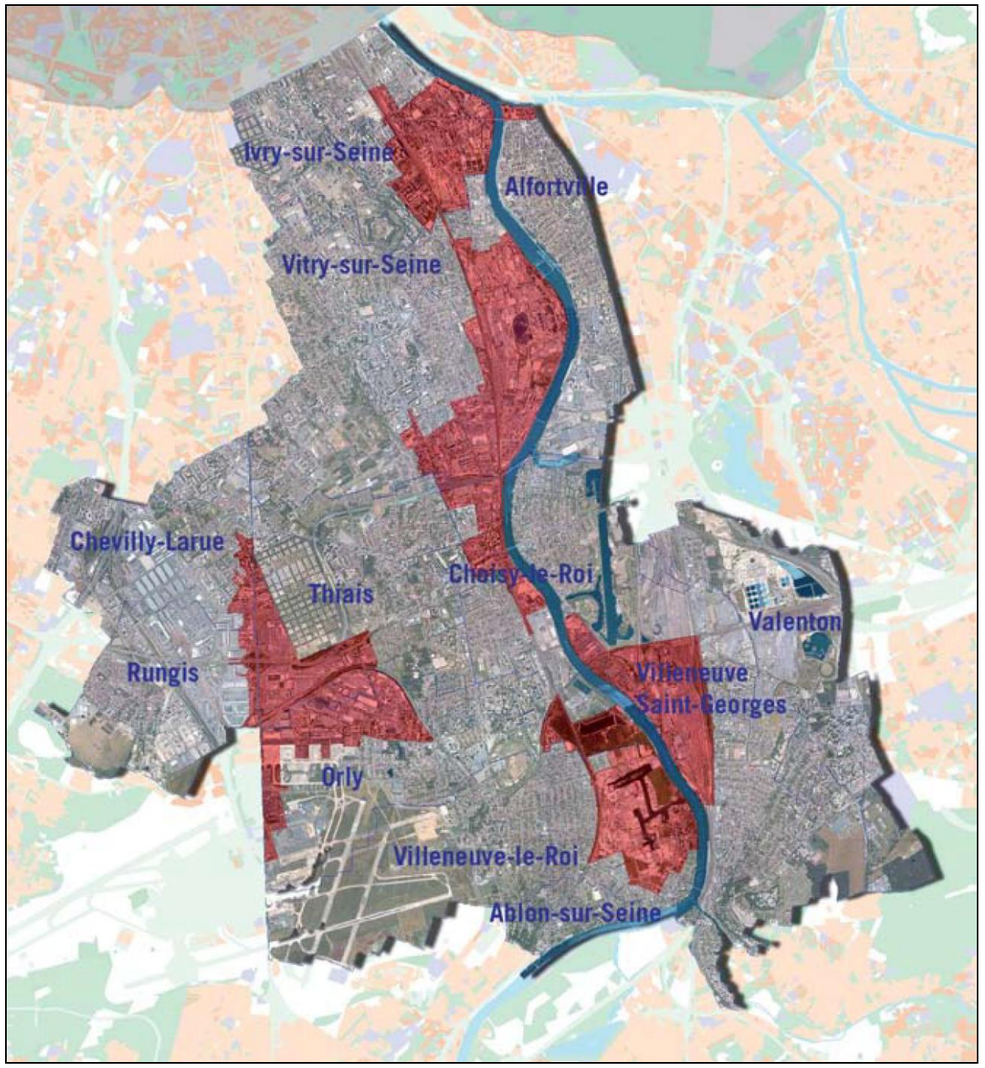


Figure 3.7-29 : Périmètre de l'OIN Rungis-Orly-Seine-Amont

Les enjeux et objectifs poursuivis par l'OIN au niveau de son territoire consistent à :

- Conforter le positionnement et le rôle du territoire dans la structuration de l'agglomération centrale. De par sa position, Orly–Rungis–Seine-Amont peut jouer un rôle de jonction entre Paris et la seconde couronne mais aussi entre les grandes polarités du Sud de l'agglomération centrale.
- Identifier et rendre visible le territoire, au croisement de différentes dynamiques économiques fortes au niveau régional (domaines des biotechnologies, de l'agroalimentaire, de la mécatronique,..) en apportant notamment une contribution décisive aux pôles de compétitivité, et en soutenant la dynamique de ses pôles tertiaires. Territoire d'accueil d'activités et de services métropolitains, il constitue un appui essentiel au développement

des éco-industries en devenir. Ce territoire a vocation à devenir et être reconnu comme un territoire d'économie productive industrielle moderne, dynamique, et attractif.

- et le développement du tissu de PME/PMI, déjà implantées sur le territoire.

- Élargir et renforcer l'offre de logements pour favoriser la mobilité résidentielle au sein du territoire, accueillir les salariés des entreprises actuelles et futures, et mettre en œuvre la « ville des courtes distances ».

- Réaliser une armature urbaine des espaces publics, structurant la ville, qui contribue à une meilleure lisibilité du territoire ; dégager des espaces publics confortables, capables d'accueillir des transports en commun performants et un usage démultiplié des modes de déplacement doux, à la mesure du développement attendu.

OIN « Massy-Saclay-Versailles »

L'OIN « Massy-Saclay-Versailles » couvre le large territoire de 49 communes et de 4 communautés d'agglomération étalées sur deux départements. C'est l'EPPS qui assure l'aménagement du territoire de l'OIN Massy-Saclay-Versailles.

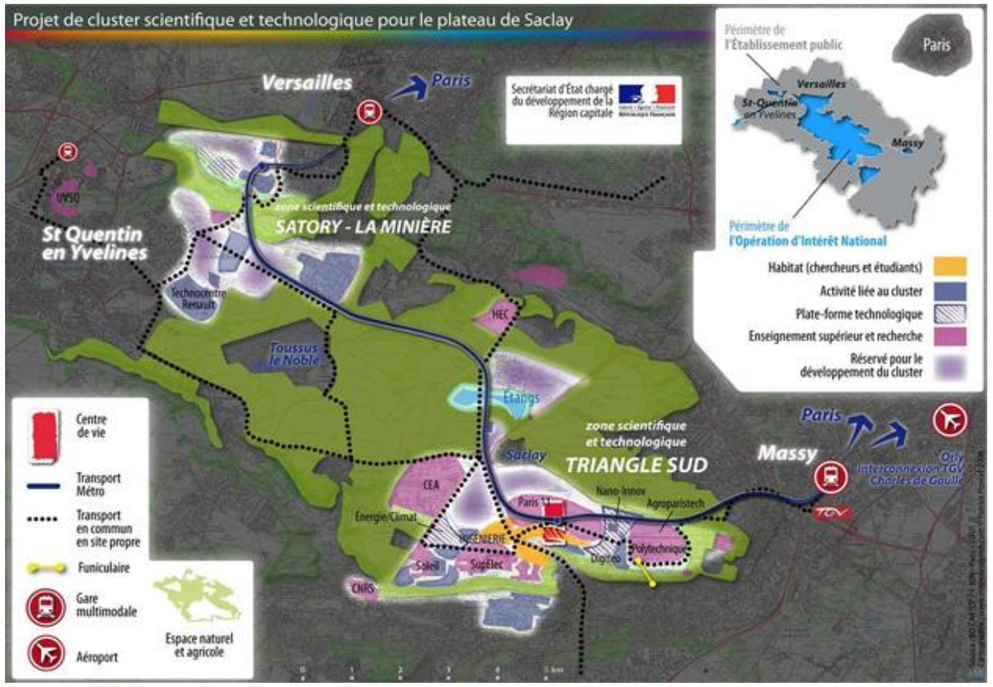


Figure 3.7-30 : Périmètre de l'OIN Massy-Saclay-Versailles

Les enjeux et objectifs poursuivis par l'OIN au niveau de son territoire consistent à :

- Accompagner et participer au développement du « cluster scientifique » et technologique de rang mondial en créant les conditions d'attractivité,

- Augmenter le rythme actuel de construction et diversifier l'offre de logements,

- Développer les transports collectifs entre les Agglomérations, améliorer la performance des réseaux existants, et diversifier les modes de déplacement alternatifs,

- Répondre aux enjeux socio-économiques et accompagner les entreprises notamment en dynamisant les pôles économiques,

- Pérenniser l'activité agricole,

- Réduire les nuisances sonores et gérer les problématiques liées à la gestion de l'eau,

- Développer l'offre en matière d'équipements structurants (culturels, sportifs,…),

- Développer la desserte en très haut débit.

OIN du « Val de Maubuée »

Le territoire stratégique de Marne-la-Vallée s'étend sur le territoire de 12 communes réparties sur les secteurs II, III et IV. Le secteur II du Val-de-Maubuée y constitue une OIN à part entière.

C'est EPA Marne qui assure l'aménagement du secteur de la ville-nouvelle de Marne-la-Vallée.

Aujourd'hui, l'aménagement du secteur II arrive à son terme. Aussi, l'OIN du Val-de-Maubuée est en passe d'être clôturée (en attente d'un décret de l'Etat fixant la date d'achèvement des opérations).

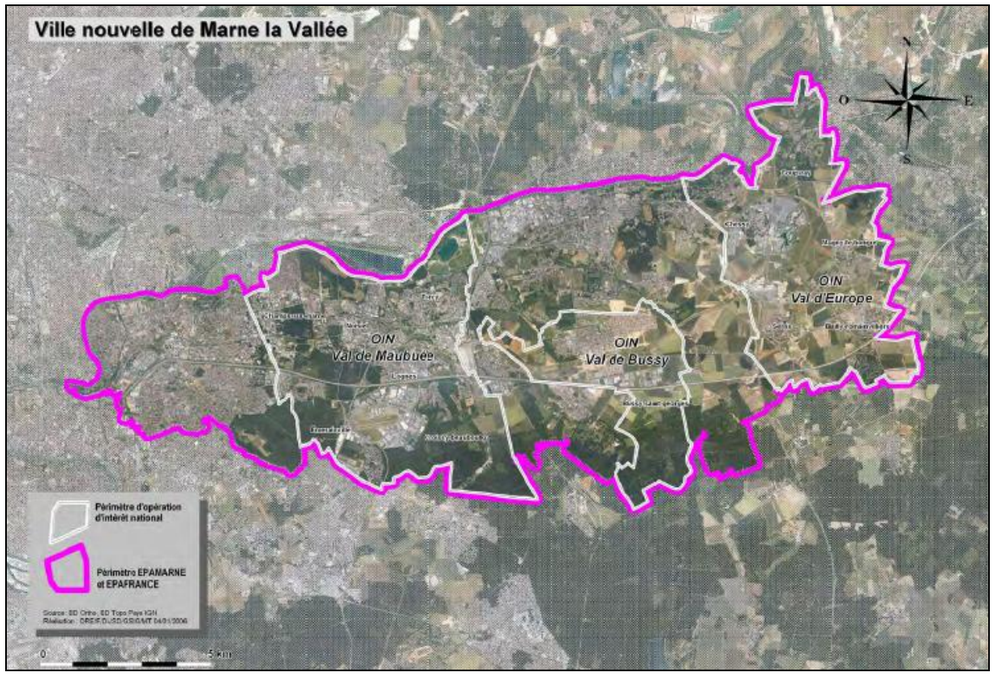


Figure 3.7-31 : Périmètres des OIN constituant la ville nouvelle de Marne-la-Vallée

Secteur d'OIN au sein de Marne-la-Vallée, le Val-de-Maubuée a achevé son aménagement, dans des logiques cohérentes avec celles des secteurs limitrophes de la ville nouvelle, mais aussi en continuité avec les franges Sud et Nord sur la base du renforcement de la trame verte générale. Le

renforcement des pôles majeurs structurants, en particulier sur l'axe de l'infrastructure RER (Cité Descartes, Le Luzard, Centre urbain de Torcy) y a constitué une priorité. En particulier la Cité scientifique Descartes qui doit poursuivre son développement (et notamment celui du seul pôle universitaire d'importance à l'Est de la région) et permettre d'attirer des entreprises de haute technicité sur la ville nouvelle. La requalification et le développement des sites d'accueil d'activités existants, pour maintenir les entreprises installées et en attirer de nouvelles, et la mise en œuvre d'opérations nouvelles en termes d'habitat, concernant prioritairement les zones restant à urbaniser au cœur ou à proximité des centres existants, avec une attention particulière portée aux continuités urbaines, demeurent également des objectifs à poursuivre après clôture de l'OIN.

Territoire stratégique de « Roissy-Plane de France »

Le territoire stratégique de Roissy-Plaine de France correspond à l'ensemble des 40 communes situées entre la Plaine-Saint-Denis, l'aéroport du Bourget, l'aéroport Paris-CDG et la frontière de l'Oise.

Figure 3.7-32 : Périmètre du territoire stratégique de Roissy-Plaine de France

Défini au sein du CPER 2007-2013, le développement du secteur repose sur :

- une démarche de développement durable dotée d'un dispositif de veille et d'évaluation,
- une densification urbaine autour des pôles de transports collectifs (pôles gare).
- la maîtrise des déplacements routiers,
- la maîtrise de l'eau, en favorisant la mise en place d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) interdépartemental,
- la production d'ici à 2013 de 4500 à 6000 logements, selon possibilité,
- le développement du cœur du territoire, en favorisant notamment le développement de projets d'immobilier d'entreprises,
- la poursuite du développement de l'attractivité des pôles de Roissy et de la Plaine Saint Denis par la récupération des friches industrielles et la réalisation d'un développement mixte : habitat, tertiaire, services, activités industrielles,
- l'aménagement du triangle de Gonesse, articulé avec le développement de Paris Nord 3 ainsi qu'avec l'extension du Parc des Expositions de Villepinte,
- et la réalisation de la Cité de l'Air et de l'Espace, apportant à l'actuel Musée de l'Air une dimension industrielle, économique et internationale.

Incidences permanentes du projet sur les territoires OIN traversés par le Grand Paris Express

Dans leur réflexion relative au développement des territoires de leur OIN respective, les Etablissements Public d'Aménagement prennent en considération le projet Grand Paris Express comme axe prioritaire :

- De développement de la mobilité et de l'interconnexion de ces secteurs avec le reste du territoire Francilien. De cette manière, le Grand Paris Express participera à la modernisation et au renforcement des TC (Transport en Commun) en proposant de nouvelles liaisons efficaces entre chaque pôle économique, scientifique et/ou technologique de l'Ile-de-France,
- De renforcement de l'envergure des pôles économiques et stratégiques à travers le territoire national et international,
- Par l'intermédiaire d'une connexion rapide vers les infrastructures nationales (gares SNCF) et internationales (aéroports de Roissy-Charles-de-Gaulle, d'Orly et du Bourget), le Grand Paris Express permettra à ces territoires d'accroître leurs envergures régionales au-delà des frontières Franciliennes.
- De promouvoir des territoires durables en plein contexte urbanisé.

Le Grand Paris Express proposera :

- aux populations : un nouveau mode de déplacement propre inter-banlieues et des quartiers repensant pour favoriser la qualité et le cadre de vie des administrés (aux travers des CDT),
- aux collectivités et intercommunalités : de nouvelles opportunités de développement urbain, permettant des réflexions nouvelles aux travers des aménagements des pôles gares (mixités urbaines, contrôle énergétique des bâtiments).

Aussi, le Grand Paris Express intervient donc directement comme support de compétitivité des secteurs OIN et pôles stratégiques, aux travers :

- du réseau de transport proprement dit,
- des projets d'aménagement urbains concomitants à son arrivée, aux travers des pôles gares et plus largement via la mise en œuvre des CDT.

Etant donné que les OIN ne dictent pas en tant que telles les règles d'urbanisme, aucune incompatibilité entre l'aménagement de ces secteurs et le projet Grand Paris Express n'est identifiable.

Par ailleurs, l'arrivée de l'infrastructure participe à renforcer les enjeux et objectifs de développement de ces territoires

3.7.3.2 Compatibilité du projet avec le Schéma Directeur d'Ile-de-France

Le SDRIF couvre l'ensemble du territoire Francilien. De ce fait, il s'impose à l'ensemble des autres documents de planification (SCOT et PLU) par un lien de compatibilité.

Le SDRIF de 1994 se présente aujourd'hui comme le document opposable en termes d'urbanisme sur l'ensemble du territoire d'Ile-de-France.

Le projet de SDRIF 2008 a été mis en révision afin d'intégrer les évolutions découlant de l'approbation de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris et de la loi dite Grenelle II. La révision du SDRIF devrait aboutir à la fin 2013.

Par ailleurs, la loi n° 2011-665 du 15 juin 2011 visant à faciliter la mise en chantier des projets des collectivités locales d'Ile-de-France, dite « loi Bricq », prévoit explicitement que la mise en révision du SDRIF porte sur la prise en compte su Schéma d'Ensemble du Grand Paris en disposant que la mise en révision « porte au moins sur la mise en œuvre du décret prévu au II de l'article 2 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 ».

Aussi, in-fine, **la compatibilité du projet Grand Paris Express avec le futur SDRIF sera un élément implicite**, ce dernier prenant en compte toutes les composantes des projets en cours.

Cependant, au moment de l'enquête publique régissant le présent document, le projet de SDRIF 2008 restera au stade de la révision.

SDRIF de 1994

Il s'agit donc pour l'heure d'évaluer la compatibilité du projet avec les objectifs du SDRIF de 1994.

Les 3 grands objectifs du SDRIF, déjà présentés au sein du volet « Etat initial du site et de son Environnement », sont succinctement rappelés ci-dessous :

1er objectif : Un environnement protégé

Le SDRIF se fixe comme objectifs dans le domaine de l'environnement :

- respect de la nature et des paysages,
- réduction de 30% de la consommation des espaces agricoles par rapport à la tendance passée,
- faire entrer la nature dans la ville pour pallier les carences dans certains secteurs urbanisés. Des liaisons entre les espaces verts sont déjà affirmées,
- réduire les nuisances qui affectent la vie quotidienne des habitants par la limitation du bruit, l'amélioration du traitement des déchets et des eaux usées.

2ème objectif : Des solidarités renforcées

Pour offrir des logements plus nombreux, l'objectif du SDRIF est de construire en moyenne annuelle 53 000 logements diversifiés en taille, en localisation et en prix.

La mise en œuvre des anciens schémas d'aménagement a eu des effets positifs sur l'équilibre habitat – emploi.

la réduction des déséquilibres habitat-emplois s'appuie sur le dispositif de régulation basé sur des conventions entre l'Etat et les communes,

la lutte contre les exclusions et la réinsertion dans la ville des quartiers en crise sont réaffirmées...

3ème objectif : Des échanges facilités

Le SDRIF a pour ambition de favoriser l'adaptation de l'offre de transports à l'évolution de la région. Les habitants de la région doivent se déplacer facilement tant pour les échanges avec l'extérieur de la région que pour les déplacements internes à l'Ile-de-France.

Les objectifs que se fixe le SDRIF sont :

- de multiplier les choix des modes de déplacement,
- de fluidifier les échanges,
- d'améliorer le réseau routier
- de rendre plus performants les transports en commun.

Incidences permanentes du Grand Paris Express sur le SDRIF de 1994

Le projet de transport public du Grand Paris est en cohérence avec les 3 objectifs précédemment rappelés : il répond ainsi pleinement à l'objectif 3 et, indirectement à l'objectif 2 par l'aménagement des territoires connexes où l'infrastructure s'inscrit (au travers des projets des CDT en cours).

Par la prise en compte systématique de l'environnement au sein des projets d'aménagement du territoire, l'objectif 1 est également largement considéré.

Dans sa conception même, le Grand Paris Express permettra :

- d'augmenter de près de 70% la taille du réseau du métro actuel, en proposant un service rapide (moyenne de 65km/h), efficace (fréquence de passage modulable avec 1 train toutes les 85 secondes en heures de pointe ; capacité de 1000 personnes par rame) et confortable (rame climatisée, plus large et plus longue)
- de renforcer le maillage actuel en reliant les villes et les grands centres d'emplois de Paris et de sa périphérie (correspondance avec les lignes de trains, de RER, de métros, de TCSP) et de permettre une connexion efficace et complète avec les différentes gares et aéroports nationaux et internationaux,
- de proposer une réelle alternative à l'usage de la voiture particulière, lorsque l'on sait que 70% des déplacements en Ile-de-France s'effectuent de banlieue à banlieue et que 80% de ceux-ci se font en voiture (le réseau permettra de joindre les différentes banlieues sans passer par Paris),
- de réduire l'affluence des lignes de métro et de RER existantes, souvent saturées en heures de pointe (-25% de passagers sur la ligne 13 ; -30% sur le RER B),
- de rééquilibrer la répartition de population entre l'Est et l'Ouest de la région capitale en cassant la répartition « emplois à l'Ouest, logements à l'Est ».
- de limiter les opérations de voiries lourdes, dans les réalisations et exploitations viendraient compromettre les engagements français en manière de réduction des GES (limitant de cette manière certaines des projets avancés par le SDRIF 1994 : projet ICARE, doublement du boulevard périphérique du Sud à l'Est…)

Avant toute chose, il convient de prendre en considération que le SDRIF de 1994 devrait prochainement être remplacé par celui en cours de révision, dont l'élaboration prend en compte le projet Grand Paris Express.

Quoi qu'il en soit, le projet prend en compte et réponds aux orientations du SDRIF opposable (1994) :

- participer à la protection de l'environnement, en proposant un mode de déplacement propre et respectueux des espaces traversés au travers d'une analyse des impacts engendrés et d'une mise en place de mesures adaptées.

- renforcer la solidarité, en désenclavant des territoires fragiles grâce à une nouvelle offre structurante de transport en commun.

- faciliter les échanges par la création de nombreux points modaux au niveau des gares RER, métro,..., existantes

Approche au projet de SDRIF de 2008 et références aux éléments devant évolués pour être en cohérence avec le projet Grand Paris Express

Dans sa version de 2008, le projet de SDRIF propose 3 défis futurs à relever :

- Favoriser l'égalité sociale et territoriale et améliorer la cohésion sociale,

- Anticiper et répondre aux mutations ou crises majeures, liées notamment au changement climatique et au renchérissement des énergies fossiles,

- Développer une Ile-de-France dynamique, au rayonnement mondial.

Ces défis se déclinent au travers de 5 objectifs suivants :

- Offrir un logement à tous les Franciliens, avec un objectif central : construire 60000 logements par an pendant 25 ans et viser un taux de 30% de logement social à terme,

- Doter la métropole d'équipements et de services de qualité (de santé, sociaux, culturels, de formation, commerciaux…),

- Préserver, restaurer, valoriser les ressources naturelles et permettre l'accès à un environnement de qualité,

- Accueillir l'emploi et stimuler l'activité économique, garantir le rayonnement international,

- Promouvoir une nouvelle politique de transports au service du projet régional.

Incidences permanentes du projet

En tant que tel, le projet de Transport Public du Grand Paris répond préférentiellement au 5ème objectif défini ci-dessus.

Cependant, il convient de concevoir que les aménagements urbains accompagnants le projet de transport, déclinés au sein des projets de CDT, permettront de répondre à l'intégralité des 5 objectifs précités.

Dans sa version actuelle et tel qu'adopté le 25 septembre 2008 par l'Assemblée délibérante du Conseil régional, le projet de SDRIF de 2008 propose le projet de « destination générale des différentes parties du territoire » Francilien placé ci-dessous.

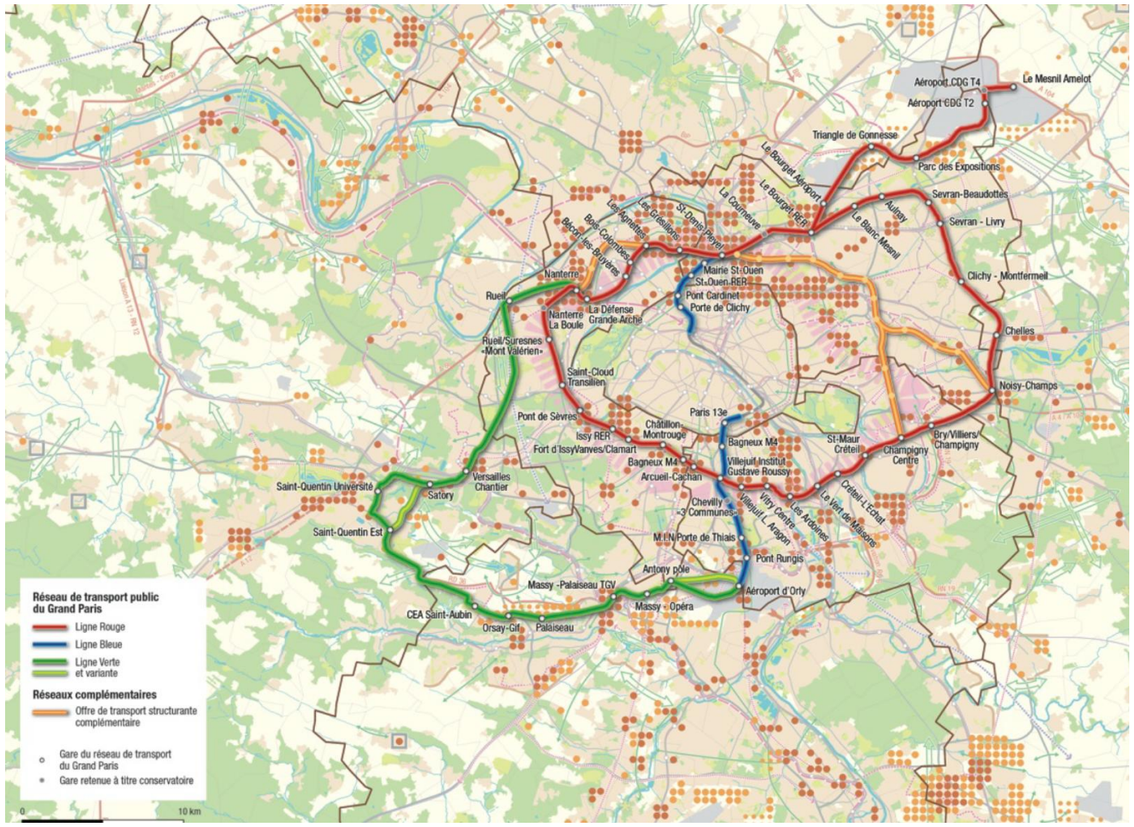


Figure 3.7-33 : Inscription du projet vis-à-vis de la destination des sols du SDRIF 2008 (sources : IAU-ÎdF , document de travail, Conférence territoriale « les grands enjeux de la révision du SDRIF », novembre 2011**)**

Au travers du SDRIF, une action forte est portée sur l'aspect densification du territoire Francilien et limitation de l'étalement urbain. En améliorant l'accessibilité des territoires (nouvelle répartition des populations et des emplois), une densification multifonctionnelle et polarisée autour des gares est recherchée.

En ce sens, le Grand Paris Express associé au CDT, se présente comme un outil de redistribution spatiale des zones urbaines d'Ile-de-France.

En termes réglementaire, il convient de noter que sur la majeure partie du tracé, le Grand Paris Express s'inscrit en souterrain, ce qui limite ses impacts à l'échelle francilienne, mais aussi locale.

Ainsi, **seules les gares**, partie émergées du réseau, ainsi que **les tronçons inscrits en aérien** (dont le linéaire total reste limité) sont susceptibles de présenter des incohérences avec les principes d'aménagement du sol francilien, proposés au sein de la précédente carte :

Implantation des gares du Grand Paris Express

L'ensemble des gares s'implante au sein d'espaces à vocation urbaine, et notamment dans des secteurs où l'optimisation urbaine des sols est un des piliers de l'aménagement francilien. A ce titre, nombre de ces espaces sont qualifiés comme **secteurs à densification ou à optimisation du bâti**.

Aussi, l'aménagement du Grand Paris Express semble en cohérence avec la destination des sols proposée au sein du projet de SDRIF 2008.

L'aménagement des pôles gares, au travers du projet mais également au travers des projets de CDT, participera pleinement à renforcer l'offre bâtie.

Parties aériennes du Grand Paris Express

Sur l'ensemble des 3 lignes, seuls deux segments du tracé sont en aérien. Ces derniers sont situés :

- Au niveau du triangle de Gonesse et de Tremblay-en-France (ligne rouge)

Ce secteur, dont l'occupation du sol est aujourd'hui tournée vers l'agriculture, est destiné à l'ouverture à l'urbanisation au travers de l'aménagement notamment du triangle de Gonesse et de la ZAC « Aérolians » à Tremblay-en-France, qui proposeront à termes de multiples activités tertiaires, qui bénéficieront du réseau routier existant et d'une desserte renforcée en transports en commun.

Sur ce secteur, la densification urbaine est d'ailleurs inscrite au sein du SDRIF 2008.

- Au niveau du plateau de Saclay et à l'approche de Saint-Quentin-en-Yvelines (ligne verte), le fuseau du Grand Paris Express s'inscrit au sein d'espaces agricoles et boisés.

Les espaces agricoles sont en partie qualifiés comme secteurs préférentiels de densification. Toutefois, cette densification devra tenir compte de la Loi du Grand Paris (Chapitre II : Dispositions relatives au développement durable sur le plateau de Saclay) et notamment des 2 300ha inscrits en « zone de protection naturelle, agricole et forestière du plateau de Saclay ».

S'étant déroulée jusqu'au 14 avril 2012 et menée par l'EPPS (Etablissement Public de Paris-Saclay), l'enquête publique définissant les 2 300ha d'espaces agricoles protégés a présenté la carte suivante, prenant en compte le futur projet de Transport Public du Grand Paris (lorsque ce dernier s'inscrit en aérien, hors emprise du domaine public routier).

Les espaces boisés sont identifier « à maintenir », notamment en raison de leur corridors biologiques associés.

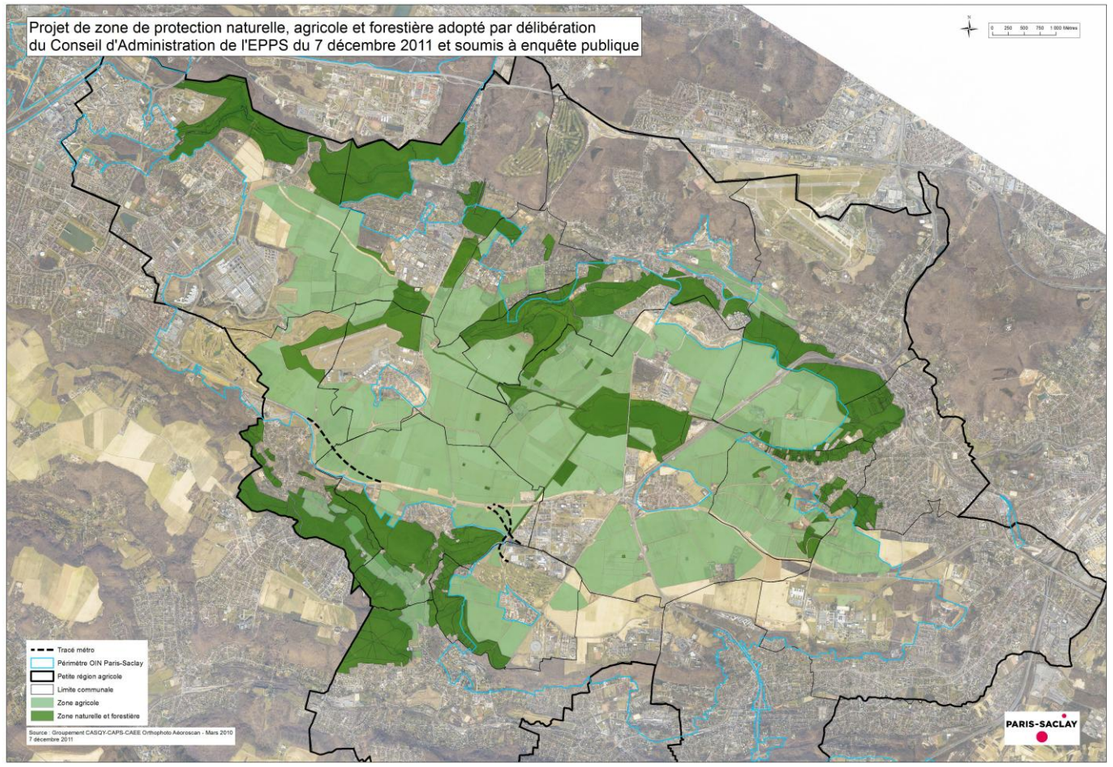


Figure 3.7-34 : Zone de protection naturelle, agricole et forestière du plateau de Saclay (source : EPPS)

3.7.3.3 Compatibilité du projet avec les Schémas Directeurs Locaux et les Schémas de Cohérence Territoriale

Il convient en premier lieu de préciser que les SCoT :

- ne comportent pas de carte de Destination Générale des Sols.
- ne déterminent pas l'utilisation du sol parcelle par parcelle (sauf dans le cas de certains espaces à protéger).
- donnent des orientations générales et ne se substituent pas aux PLU.
- Ne sont en aucun cas une addition de PLU : ils n'ont pas la même vocation et ne s'appliquent pas à la même échelle.

Au regard du contenu réglementaire des SCoT, il est nécessaire de souligner que seuls les éléments contenus dans les SCoT qui relèvent du droit de l'urbanisme doivent être rendus compatibles avec le projet d'infrastructure, tels que les espaces boisés classés ou les zones agricoles.

Il convient plutôt de juger la cohérence du projet vis-à-vis des orientations générales édictées au sein des schémas supra-communaux.

Incidences permanentes du projet sur les SCoT et SD

Approche lié à l'avancement des SCoT et SD

La première approche faite ci-dessous consiste à prendre en compte la date d'élaboration des SCoT ainsi que leur étape de maturation (document prescrit, en élaboration, en révision, arrêté…) à la date de la mise en enquête publique du présent document.

Cette approche permet d'évaluer si le document existait avant l'entrée en vigueur de la Loi du Grand Paris (3 juin 2010). Si tel est le cas, faibles sont les chances que ce dernier évoque l'arrivée du Grand Paris Express.

Le recensement présenté ci-dessous détaille les différents documents dont les territoires sont traversés par le Grand Paris Express, en date du 1er mars 2010 et les réflexions concernant l'éventuelle prise en compte au sein desdits documents :

Tableau 3.7-10 : Incidences potentiels du projet sur les documents supra-communaux

Document	Date d'approbation	Impacts pressentis
SCoT SIEVO SCoT Plaine Commune SCoT Val de Seine	SCoT antérieurs à mars 2010	Les documents ne citent vraisemblablement pas le projet de Transport Public du Grand Paris, ces derniers étant antérieurs à la date d'approbation de la Loi du Grand Paris La notion d'Arc Express peut cependant être identifiée, puisque plus ancienne. Incohérences à envisager
SCoT (en projet)/SD de la Boucle de Montesson SCoT (en projet)/SD de Dammartin/ SCoT de Marne et Chantereine (en projet) /SD Marne Nord SCoT de la CA d'Europ'Essonne (en projet) / SD Nord Centre Essonne	SD antérieurs à 2010 et devenus caducs. SCoT en cours d'élaboration (postérieurs à mars 2010)	Impacts très probables sur le SD existants mais prise en compte du Grand Paris Express dans l'élaboration des SCoT. Pas d'incohérence à envisager
SD Marne-la-Vallée Secteur I SD de la Haute-Vallée-de-Chevreuse	SD antérieurs à 2010 et devenus caducs.	Absence d'incidences du projet

Les Schémas directeurs qui n'ont pas été mis en révision dix ans après l'entrée en vigueur de la loi SRU ou qui ne correspondent pas au territoire d'un EPCI sont devenus caducs. Dès lors, le projet Grand Paris Express n'a pas d'incidences.

Aussi, les cinq territoires où un SCoT est en cours de réalisation devraient pouvoir anticiper l'arrivée du projet et l'intégrer aux réflexions menées sur les PADD et les DOG desdits documents.

Approche lié à l'implantation du Grand Paris Express

Implantation des gares du Grand Paris Express

Pour les territoires où les schémas de planifications datent d'avant mars 2010, une seconde approche a été entreprise. Elle consiste à identifier l'implantation du futur Grand Paris Express vis-à-vis des gares existantes.

Deux cas de figure sont à considérer :

- Inscription d'une gare du Grand Paris Express à l'approche de gares existantes (métro, RER, gares routières) et constitution/extension d'un point modal :

  Dans ce cas, étant donné la présence actuelle d'une gare de TC, **l'aménagement d'un secteur gare est très certainement identifié et qualifié au sein du document existant** (densification éventuelle du bâti, proposition de mixité urbaine, mise en valeur des espaces résiduels…), sans toutefois qu'un règlement strict existe (pas de règlement ni de zonage réglementaire dans le cadre d'un SCoT/SD)

  De ce fait, l'arrivée du Grand Paris Express ne modifiera pas les grands axes d'aménagement et de développement du territoire aux abords de la gare.

  A titre d'exemple, il convient d'analyser la cohérence existante entre le projet Grand Paris Express et le SCoT Plaine Commune. Pour ce, a été placée ci-dessous la carte des objectifs stratégiques du territoire de la Plaine Commune.

  Une des gares du Grand Paris Express (Saint-Denis-Pleyel ; ligne rouge et bleu du tracé de référence, ligne orange du réseau complémentaire) s'implante en proximité :

  - De la gare RER D (Stade de France - Saint-Denis),
  - De la gare du métro 13 (Carrefour Pleyel).

  Aussi, l'aménagement de la gare et de ses abords est déjà identifié au sein du SCoT sous la forme de la mise en œuvre **« d'un pôle d'intensification urbaine »**.

  Dans ce cas très précis, le projet Grand Paris Express semble en cohérence avec le SCoT Plaine Commune.

*[Nota : lors de l'élaboration du SCoT Plaine Commune, le **principe de liaison Arc Express** a été clairement identifié (à son stade d'étude) permettant de ce fait de préparer le développement du territoire en fonction].*

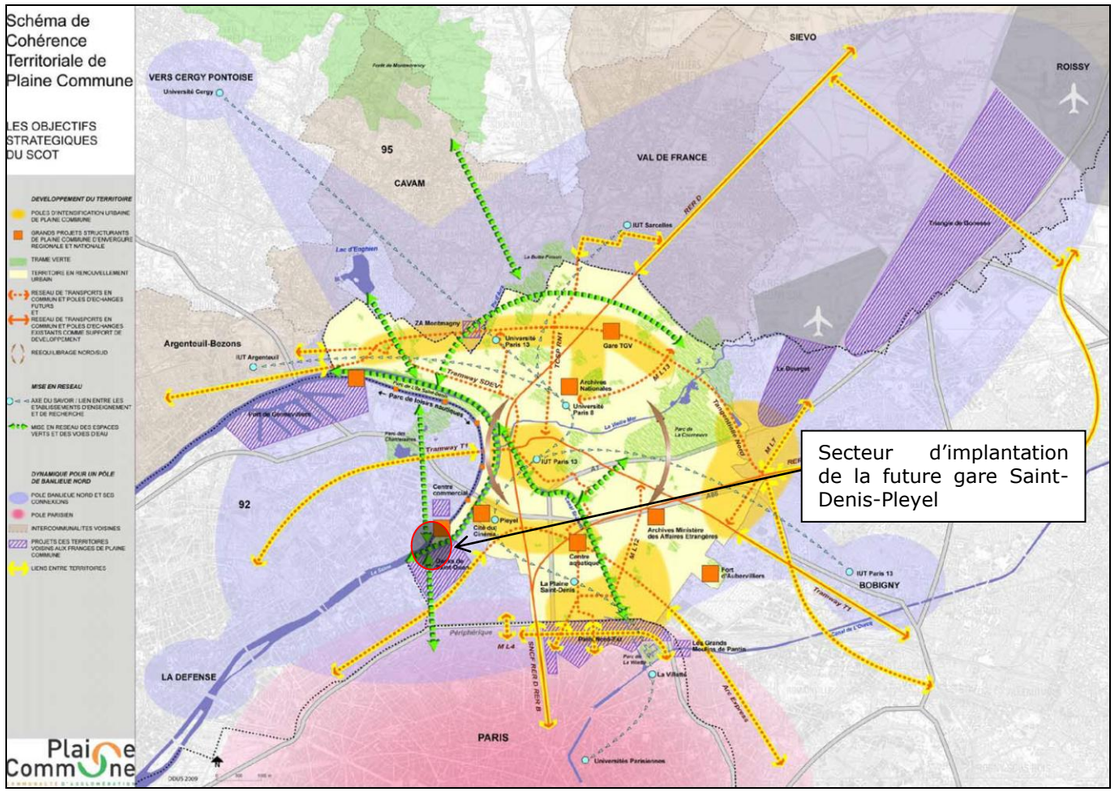


Figure 3.7-35 : Objectifs stratégiques du SCoT (sources : PADD du SCoT Plaine Commune)

- Inscription d'une gare du Grand Paris Express dans un secteur exempté de gares :

  Dans ce cas, des incohérences entre le projet et les orientations d'aménagement et/ou objectifs stratégiques sur le secteur, définies au sein des SCoT, sont possibles.

  Or sauf rares exceptions (gares de Chevilly « Trois communes », d'Aulnay, de Villemomble, d'Antonypôle et Rueil/Suresnes « Mont-Valérien »), l'ensemble des gares du Grand Paris Express s'inscrit aux abords de gares existantes ou projetés de métro, RER ou TCSP.

  Par ailleurs, aucun des cas particuliers cités précédemment n'appartient au territoire des SCoT/SD adoptés avant mars 2010.

Aussi, l'impact potentiel sur les SCoT vis-à-vis de l'implantation des gares du Grand Paris Express semble relativement restreint.

Implantation des parties aériennes

Concernant la partie aérienne du Grand Paris Express, cette dernière s'inscrit sur un secteur concerné par un SCoT, à savoir :

- Sur le SCoT SIEVO, au niveau du triangle de Gonesse et Villepinte :

  Dans ce premier secteur, l'aménagement du territoire est orienté vers l'urbanisation. L'arrivée du projet semble en cohérence avec le développement du secteur.

3.7.3.4 Compatibilité du projet avec les POS/PLU

La réalisation du projet Grand Paris Express suppose une modification de l'occupation du sol au droit du projet. Dès lors, il est nécessaire d'assurer une mise en compatibilité des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) avec les usages du sol nécessaires à la réalisation et à l'exploitation du Grand Paris Express.

De façon générale, la mise en compatibilité des Plans Locaux d'Urbanisme suppose d'intégrer le projet d'infrastructure dans les documents graphiques des PLU et d'adapter les règlements de zone afin de rendre possible la réalisation et l'exploitation du projet.

En effet, les règlements de zone peuvent induire des éléments d'incompatibilité entre le projet et le droit du sol, en interdisant par exemple les usages du sol autres que ceux définis de façon limitative dans les règlements de zone, ou encore en limitant les possibilités d'affouillements. Les documents graphiques des PLU font figurer les servitudes particulières d'urbanisme : dès lors, le Grand Paris Express doit être transposé dans les pièces graphiques des PLU.

Par ailleurs, l'article 4 de la loi du 3 juin 2010 dispose que « *les projets d'infrastructures qui mettent en œuvre le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris sont déclarés d'utilité publique par décret en Conseil d'Etat et constituent, à compter de la date de publication de ce décret, un projet d'intérêt général au sens des articles L. 121-2 et L. 121-9 du code de l'urbanisme*. »

Au regard de ces éléments, il apparaît que les principales pièces constitutives des PLU sont susceptibles d'être concernées par la procédure de mise en compatibilité. Il s'agit notamment des pièces suivantes :

- Le rapport de présentation ;
- Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) ;
- Les orientations d'aménagement et de programmation ;
- Le règlement, les documents graphiques et les annexes.

Finalement, il convient de souligner que la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi « Grenelle II », a apporté des évolutions au contenu et à la portée des PLU. La loi Grenelle II a notamment modifié la portée du PADD, en disposant que celui-ci fixe « des objectifs de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain ».

Pour une meilleure compréhension de ce volet, nous renvoyons le lecteur :

- à la carte P1.G.V-7-3-2-1 : Zones Naturelles (zones N) et espaces Boisés Classés (EBC) pour une meilleure localisation des zones naturelles et forestières interceptées par le fuseau du Transport Public du Grand Paris,

- à la carte P1.G.V-7-3-5 : Vocation des zones à urbaniser des communes du Grand Paris pour une localisation des zones AU et une identification de la destination de ces dernières.

Impacts temporaires

Au sein des documents d'urbanisme, les occupations temporaires du sol ne sont en règle générale pas systématiquement admises, ou le sont sous condition.

Ainsi, outre les espaces dédiés à l'aménagement des gares, des émergences et du réseau, où l'impact peut être qualifié de permanent, la mise en œuvre des installations de chantier, des entrées des tunnels ainsi que des zones logistiques et/ou d'évacuation des déblais relatives aux tunneliers) doit être analysées finement, notamment vis-à-vis :

- Des affouillements et exhaussements de sol, particulièrement au sein des zones riches en termes de patrimoine paysager ou naturel (zone N)

- De la coupure temporaire des accès aux services, commerces et habitations,

- Des rejets au sein des réseaux,

Les impacts sont ainsi à évaluer au cas par cas. A noter que la création d'installations de chantier ne suppose pas automatiquement une mise en compatibilité de documents d'urbanisme, mais peut être entreprise dans le cadre de conventions d'occupation temporaire des emprises privées ou publiques, conclues avec les propriétaires concernés.

Impacts permanents

Dans sa définition actuelle, le projet s'inscrit sur le territoire communal de 123 communes.

Sur ces communes, la situation urbanistique, au 01/09/2011, est la suivante :

- 69 communes couvertes par un POS/PLU approuvé,

- 8 communes couvertes par un POS/PLU arrêté,

- 46 communes couvertes par un POS/PLU en cours d'étude. Il s'agit principalement des communes situées à l'Ouest et au sud-ouest ainsi que les communes situées à l'Est de la capitale.

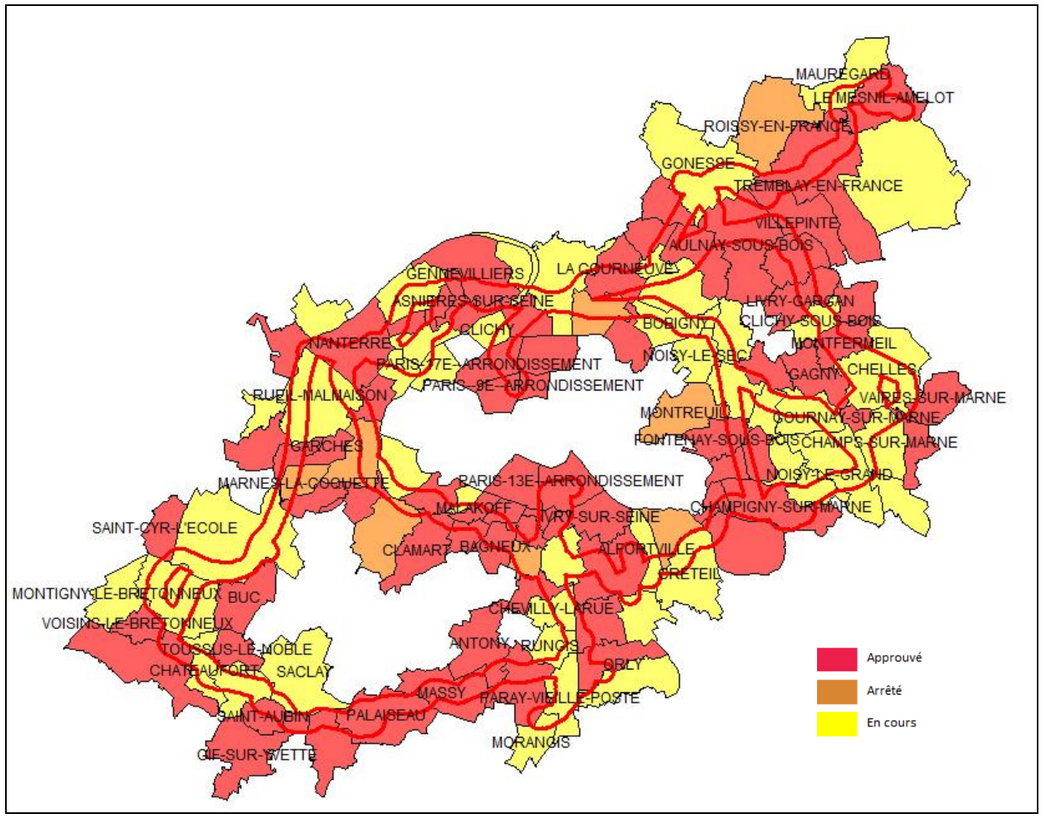


Figure 3.7-36 : Avancement du POS/PLU des communes traversées par le projet

<u>Réflexions sur la base de l'état d'avancement des PLU du fuseau d'étude</u>

La première réflexion menée, tout comme à l'échelle du SCoT, consiste à considérer que :

- Les communes dont le PLU est en cours d'étude ou a été arrêté récemment prennent potentiellement en compte dans leurs orientations générales et dans leur PADD des éléments relatifs aux projets issus de la Loi du 3 juin 2010,

- Les communes dont le PLU est approuvé en date du 01/09/2011 ne mentionnent pas le projet du Transport Public du Grand Paris dans leur document d'urbanisme,

- Les PLU des communes concernées par le prolongement de la Ligne 14 de Saint Lazare à Mairie de Saint Ouen pour désaturer la ligne 13 ont déjà fait l'objet d'une mise en compatibilité avec le projet de transport, dans le cadre de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique de ce prolongement.

Ainsi, en dehors des communes concernées par le prolongement de la ligne 14 à Mairie de Saint Ouen, aucun des PLU de la zone d'étude n'a pu être en mesure d'anticiper la mise en œuvre du Grand Paris Express. En effet, l'état de définition du projet au moment de l'approbation de l'acte motivé précisant le schéma d'ensemble du Grand Paris n'était pas de nature à permettre aux communes l'inscription des mesures conservatoires en anticipation de la réalisation du projet (par

exemple : création d'emplacements réservés pour une infrastructure de transport au sein de leurs PLU).

En conséquence, l'ensemble des communes de la zone d'étude, à lexception de Clichy, seront donc concernées par une mise en compatibilité de leur PLU. Ainsi, les PLU des communes de Saint Denis, de Paris et de Saint Ouen devront faire l'objet d'une mise en compatibilité.

Rappelons que la mise en compatibilité portera autant sur les émergences du réseau que sur les parties souterraines (constructions, installations et ouvrages en tréfonds).

Réflexion sur la base des zones réglementaires d'implantation de l'infrastructure

Au sein du POS/PLU d'un territoire communal, le règlement d'urbanisme et le zonage réglementaire définissent, en application du Code de l'Urbanisme, des zones où l'aménagement est à différencier en fonction de la nature du secteur.

Ces deux documents constituent d'ailleurs des pièces opposables aux tiers. Ainsi, chaque type de zone définit la vocation de l'espace, et au sein de chaque zone s'applique un règlement différent et spécifique valable pour des sous secteurs de chaque zone, qu'il s'agisse :

- D'une zone urbaine, dite zone U,
- D'une zone à urbaniser, dite zone AU,
- D'une zone agricole, dite zone A,
- D'une zone naturelle et forestière (hors agricole), dite zone N.

Les zones U et AU sont généralement dédiés à l'accueil de zones urbaines et de zones à urbaniser à court, moyen ou long terme..

Dans le cadre du projet Grand Paris Express, la majeure partie des éléments composant l'infrastructure et des émergences en surface s'inscrit au sein de ces deux zones (Au et U), d'autant plus lorsque le projet se rapproche de la capitale (en zones urbaines denses).

Toutefois, pour les parties aériennes inscrites aux extrémités Nord-Est et Sud-Ouest du tracé, l'inscription du tracé s'effectue parfois en proximité, voire au sein de zones agricoles et boisées, où les aménagements nouveaux ne sont généralement pas autorisés, sauf s'ils contribuent au maintien d'activités associées type agriculture, élevage ou encore sylviculture….

Par ailleurs, les différentes zones réglementaires des POS/PLU peuvent être concernées par des composantes générales ou particulières applicables à l'ensemble ou à certaines de ces zones, à savoir :

- des secteurs nécessaires au fonctionnement des services publics,
- des secteurs protégés en raison de la richesse du sol et du sous-sol,
- des secteurs où sont recensés les espaces boisés classés (EBC).

Dans ce cas, la définition de l'impact du Grand Paris Express est directement à relier avec la composante réglementaire identifiée.

Par exemple, malgré le caractère « d'utilité publique » du projet à l'étude, ce dernier ne peut remettre en cause l'existence d'EBC, protégés au titre du Code de l'Urbanisme. En l'effet, ce classement interdit tout changement d'affectation du sol de nature à compromettre la conservation, la protection ou la création des boisements.

Les défrichements y sont donc interdits ainsi que tout autre mode d'occupation du sol. Seul un déclassement de l'EBC, nécessitant révision du PLU, peut permettre une affectation nouvelle du mode d'occupation du sol

De cette manière, des incompatibilités entre le projet et les documents d'urbanisme peuvent apparaître au cas par cas suivant les secteurs traversés et leur protection « spécifique »

Réflexion concernant les orientations d'aménagement (générales ou particulières) du PADD

Si le PADD (au travers de ses orientations générales) ne constitue plus un document opposable aux tiers depuis l'adoption de la Loi Urbanisme et Habitat, les orientations particulières d'aménagement à certaines parties du territoire communal gardent une portée normative.

La réalisation du projet Grand Paris Express a donc un impact direct sur les documents d'urbanisme en vigueur. Les impacts du projet relèvent des dispositions en vigueur du code de l'urbanisme, (articles L123-16, L. 122-15 et L. 141-1-2) qui régissent les procédures de mise en compatibilité dans le cadre de l'énquête préalable à la déclaration d'utilité publique d'un projet.

Il convient de souligner que la mise en compatibilité porte uniquement sur la réalisation des éléments d'infrastructure constituant le réseau de transport public du Grand Paris. En effet, les éventuelles modifications du droit du sol qui seront envisagées par les collectivités, dans le cadre de l'évolution de leurs territoires suite à la mise en service du réseau de transport, d'aménagements complémentaires autour de gares, ou dans le cadre de l'approbation des Contrats de Développement Territorial, devront faire l'objet de mises en compatibilités spécifiques de leurs documents d'urbanisme, conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.

3.8 Mobilité

Ce chapitre a pour objectif la description et l'évaluation des impacts du projet sur la mobilité des Franciliens et l'accessibilité de la zone d'étude «Grand Paris». Les impacts d'un projet de cette envergure sont très dépendants des hypothèses considérées concernant l'usage du sol, traitées au chapitre 3.7.2. Une politique de transport ne peut en effet plus se concevoir indépendamment des stratégies d'aménagement du territoire et inversement.

Sont détaillés et analysés ici les impacts sur la mobilité des personnes et leurs conséquences sur l'usage des infrastructures, résultant des phénomènes systémiques déclenchés par l'ajout d'une nouvelle offre de transport. Un projet de l'ampleur du métro automatique modifie l'équilibre actuel entre la demande et l'offre de transport et conduit vers un nouvel état qui ne peut être appréhendé qu'à l'aide de modèles qui intègrent l'ensemble des variables du système. Le schéma de modélisation est résumé dans le chapitre qui suit.

Les résultats présentés ici pourront être complétés par les éléments figurant en partie 2 (« *Etudes de trafic* ») et en partie 3 (« *Création de valeur par fonctionnalité* ») de la pièce H du dossier d'enquête, portant sur l'évaluation socio-économique.

3.8.1 Méthodologie

L'approche méthodologique choisie est basée sur l'estimation de l'évolution du trafic routier et de la fréquentation des transports publics, à l'horizon 2025 de mise en service du métro et 10 ans plus tard en 2035. Les estimations sont réalisées avec et sans projet et pour deux niveaux de demande future (que nous appellerons par la suite hypothèse basse et hypothèse haute).

Pour les besoins de l'évaluation du projet 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 un second outil de modélisation, le modèle GLOBAL développé et exploité par la RATP.

Les deux modèles utilisent comme entrées des données comportementales issues en grande partie de l'Enquête Globale de Transport, et fournissent 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. Le maître d'ouvrage a veillé à ce que les deux modèles utilisés soient systématiquement alimentés par des hypothèses et des données d'entrée identiques ou cohérentes entre elles.

Les modèles 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 de réponse issus du modèle MODUS sont plus spécifiquement donnés dans les points suivants.** En effet, l'analyse comparative a permis d'établir la convergence globale des résultats produits par les deux modèles à l'échelle du réseau Grand Paris Express (voir également la partie 2, « *Etudes de trafic* », de la pièce H du présent dossier d'enquête préalable à déclaration d'utilité publique). Les résultats de modélisation produits par MODUS ont également servi à alimenter en données d'entrée les volets « Air, énergie, climat » ainsi que « Bruit et vibrations » de la présente étude d'impact, garantissant ainsi la cohérence d'ensemble du jeu d'hypothèses utilisé par le maître d'ouvrage.

3.8.1.1 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[35]. 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).

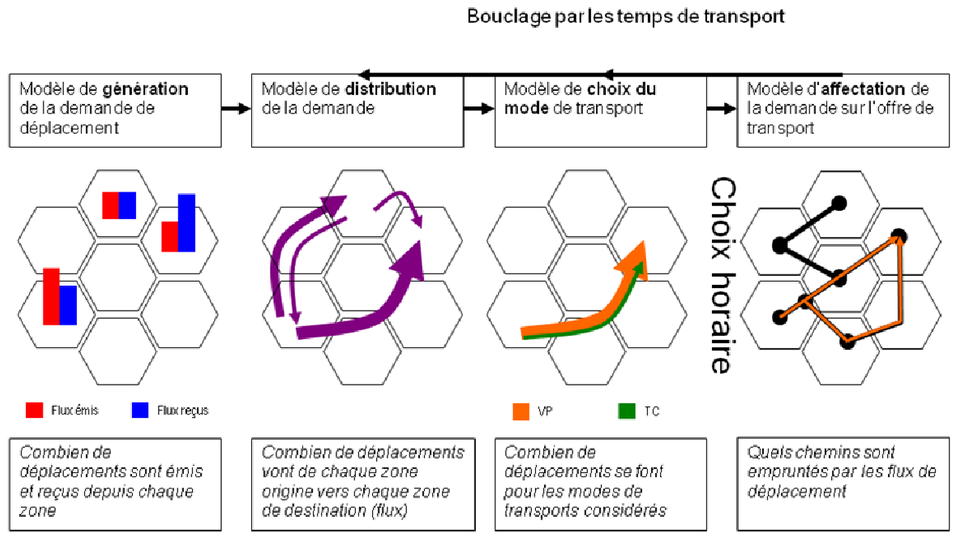


Figure 3.8-1: Chaîne de modélisation utilisée *(Source : DRIEA)*

➢ **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'occurence) entre différentes options[36].

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 ?

35 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). La sortie de l'EGT 2010 (septembre 2012) n'a pas encore été intégrée dans le modèle de déplacements MODUS.

36 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.

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.

3.8.1.2 Scénarios modélisés

Afin d'évaluer un projet de transport, il convient d'étudier et comparer trois situations :

- *la situation actuelle*, point de départ, observable et connue – qui sert également pour valider la pertinence du modèle (cf. 3.8.1.3 ci-après) ;
- *la situation dite « de référence »*, correspondant à la situation optimisée la plus probable en l'absence de projet à l'horizon considéré ;
- *la situation de projet*, correspondant à la situation à l'horizon considéré dans laquelle le projet est réalisé.

Dans les faits, pour simplifier, situations de référence et de projet se différencient par la réalisation ou non du projet.

La comparaison entre situation actuelle et situation de référence ou de projet donne la mesure des évolutions possibles par rapport à l'état connu aujourd'hui.

La comparaison entre situation de référence et situation de projet permet d'évaluer l'impact du projet, toutes choses égales par ailleurs.

Les quatre scénarios futurs présentés dans le tableau suivant ont été modélisés dans le cadre de cette étude. Il s'agit de la situation de référence et de projet pour deux niveaux de population et emploi en 2035 : distribution haute et distribution basse. (cf. chapitre Démographie)

Tableau 3.8-1 : Liste des scénarios testés (Source : Stratec)

Modélisation	P+E	Mode	Offre
1 *Référence haute*	Distribution haute	TC	Sans projet
	Distribution haute	VP	Sans projet
2 *Référence basse*	Distribution basse	TC	Sans projet
	Distribution basse	VP	Sans projet
3 *Projet haut*	Distribution haute	TC	Avec projet
	Distribution haute	VP	Avec projet
4 *Projet bas*	Distribution basse	TC	Avec projet
	Distribution basse	VP	Avec projet

3.8.1.3 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…).

➢ **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 :

- *évolution du volume de déplacements :* par exemple, la croissance de la population et des emplois conduit à une augmentation mécanique du nombre de déplacements[37] ;

37 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-

- *évolution 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 ;

- *évolution 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[38].

- 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).

3.8.1.4 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 :

- Une hypothèse haute, cohérente avec les données exploitées pour l'Etude Stratégique Environnementale

- Une hypothèse basse, qui s'appuie sur des projections qui ont fait l'objet d'un accord entre la Région et l'Etat, et sur lesquelles se base la révision du SDRIF.

Il s'agit de projections à l'horizon 2035 des plans et projets de développement pour le Grand Paris. Les projections de l'hypothèse haute ont été construites en tenant compte des évolutions probables et des volontés politiques exprimées dans la loi sur le Grand Paris en cohérence avec l'étude stratégique environnementale. Les projections de l'hypothèse basse sont le résultat de l'accord Région – Etat qui a conduit à la naissance du projet Grand Paris Express et à une révision du SDRIF. Ces projections font apparaître clairement les pôles de développement ambitionnés par le politique sur lesquels s'appuiera par hypothèse l'étude. Un chapitre sera entièrement dédié à l'analyse méthodique des mesures susceptibles de favoriser la réalisation de ces objectifs (mesures d'accompagnement).

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. Pour les besoins de la modélisation, cette occupation du sol est identique pour les deux scénarios, avec et sans projet. Cette hypothèse d'invariance de l'usage du sol est nécessaire d'un point de vue méthodologique afin d'isoler les impacts de l'infrastructure de transport de ceux résultants du développement urbain ou économique sur l'environnement.

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[39]. Ces éléments sont développés dans le chapitre consacré à l'aménagement du territoire.

3.8.2 Offre de transport

Un projet de la taille de celui du Grand Paris Express aura des impacts induits sur la fréquentation des réseaux de transports. Il y aura des impacts localisés autours des gares suite à l'augmentation de la fréquentation des arrêts par les modes routiers, les transports publics et les modes actifs (cyclistes et piétons) ainsi que des impacts sur la fréquentation du réseau routier et des autres modes de transport en commun concurrents du projet. Pour ce qui est des effets sur le réseau routier, la précision de la modélisation permet de décrire les impacts sur les itinéraires mis en concurrence par le métro automatique. Les impacts liés aux accès aux gares seront étudiés plus en détails dans l'analyse par tronçon.

3.8.2.1 Réseau routier

Actuellement, le réseau routier francilien est un ensemble de voiries d'une longueur totale de 1 100 Km dont 450 Km de voies rapides (autoroutes et routes nationales) auquel se rajoute 8 400 km de routes appartenant au réseau départemental. L'ensemble du réseau, structuré en étoile autour de Paris se structure de manière radioconcentrique autour de cette agglomération. La réalisation de nombreuses autoroutes durant les dernières décennies ont néanmoins permis au réseau d'offrir des itinéraires bis ayant l'avantage de contourner l'agglomération parisienne. De manière globale, on constate qu'à l'échelle régionale, ce réseau est fortement hiérarchisé avec des voies intermédiaires (routes nationales, voies express) et les voiries rapides urbaines (rocades, radiales) jouent un rôle prépondérant en formant au final un réseau qui se définit par un maillage intense et une connectivité forte.

Même si la route continuera nécessairement à jouer un rôle primordial dans la mobilité future, on constate néanmoins que les projets d'infrastructures routières pour les années à venir sont limités, la priorité étant en effet donnée aux transports en commun. On constate en effet une relative stabilité du réseau routier francilien. De fait, quasiment aucune nouvelle infrastructure routière ne verra le jour dans Paris intra-muros, les projets sont généralement des barreaux manquants ou des réaménagements ponctuels destinés à améliorer la liaison au reste du réseau de certaines localités. A l'intérieur du fuseau, elles se situent majoritairement à l'Ouest, à l'échelle régionale, ces nouvelles infrastructures se situent principalement au Nord et à l'Ouest de l'Ile-de-France.

La politique routière à venir aura effectivement plutôt comme objectif d'améliorer la qualité du réseau tout en intégrant les enjeux du développement durable (réduction des nuisances sonores,

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.

38 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.

39 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.

remise aux normes de certaines voiries et des tunnels, amélioration de l'insertion urbaine et des conditions de circulation, amélioration de la qualité des rejets des eaux…).[40]

Pour l'exercice de modélisation, le réseau routier est considéré comme identique entre la situation avec et sans projet. Cette hypothèse permet d'éviter de noyer les impacts du métro automatique dans ceux des aménagements routiers.

3.8.2.2 Réseau TC

Le réseau de transport public modélisé à l'horizon 2035 a été établi sur la base d'un scénario compilant les principaux projets régionaux de transport complémentaires du métro automatique, tels que connus à ce jour, sans préjuger des conditions et modalités de leur réalisation.

La modélisation prend en compte, pour la situation de référence, les autres projets de développement du réseau de transport en commun cités au schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, qui correspondent pour l'essentiel à ceux inscrits au Plan de mobilisation pour les transports de la Région Ile-de-France.

L'offre apportée par le projet est décrite dans le tableau ci-dessous. Pour chaque itinéraire de ligne sont indiqués le nombre de rames par heure, la fréquence de passage et la vitesse commerciale. Les fréquences sont particulièrement élevées sur la ligne bleue (85s). Sur les autres lignes, les fréquences sont généralement de l'ordre d'un métro toutes les 120 secondes sur les tronçons centraux et toutes les 240 secondes sur les branches. Les vitesses commerciales sont particulièrement élevées pour un métro: elles dépassent les 80km sur certains tronçons de la ligne verte.

Tableau 3.8-2 : Offre du Grand Paris Express, telle que modélisée

Nom de la ligne	Itinéraire	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	Fréquence (s)	Rames
Ligne Bleue	Orly <--> Pleyel	28	42	85	42
Ligne Orange	Nanterre <--> Champigny	32	51	240	15
Ligne Orange	Nanterre <--> Noisy	32	51	240	15
Ligne Rouge	Noisy <--> Noisy	80	56	240	15
Ligne Rouge	Noisy <--> Le Mesnil	77	56	240	15
Ligne Verte	Orly <--> Nanterre	51	75	240	15
Ligne Verte	StQEst <--> Nanterre	25	80	240	15

3.8.3 Impacts

La mise en œuvre d'une infrastructure de grande envergure perturbe fortement les équilibres mis en place. Pour bien comprendre les causes et les effets, nous isolerons les impacts selon le mode et les origines / destinations des déplacements.

La première analyse consiste à étudier la variation d'accessibilité induite par le projet indépendamment de sa fréquentation (isochrones). Ensuite, il s'agira d'observer le report modal qu'il génère et sa localisation. L'étape suivante consistera à analyser la fréquentation des réseaux qui résultent du report modal mais également du report d'itinéraire (concurrence entre les modes de transport public).

3.8.3.1 Variation d'accessibilité : gains de temps moyens pour quelques relations marquantes

Des isochrones ayant pour origine six grands pôles métropolitains (Châtelet, Opéra, la Défense, Gare du Nord, Orly et Roissy) ont été tracées à l'heure de pointe du matin. Les gains de temps entre la situation de référence et celle avec projet sont exposés sur les cartes ci-après.

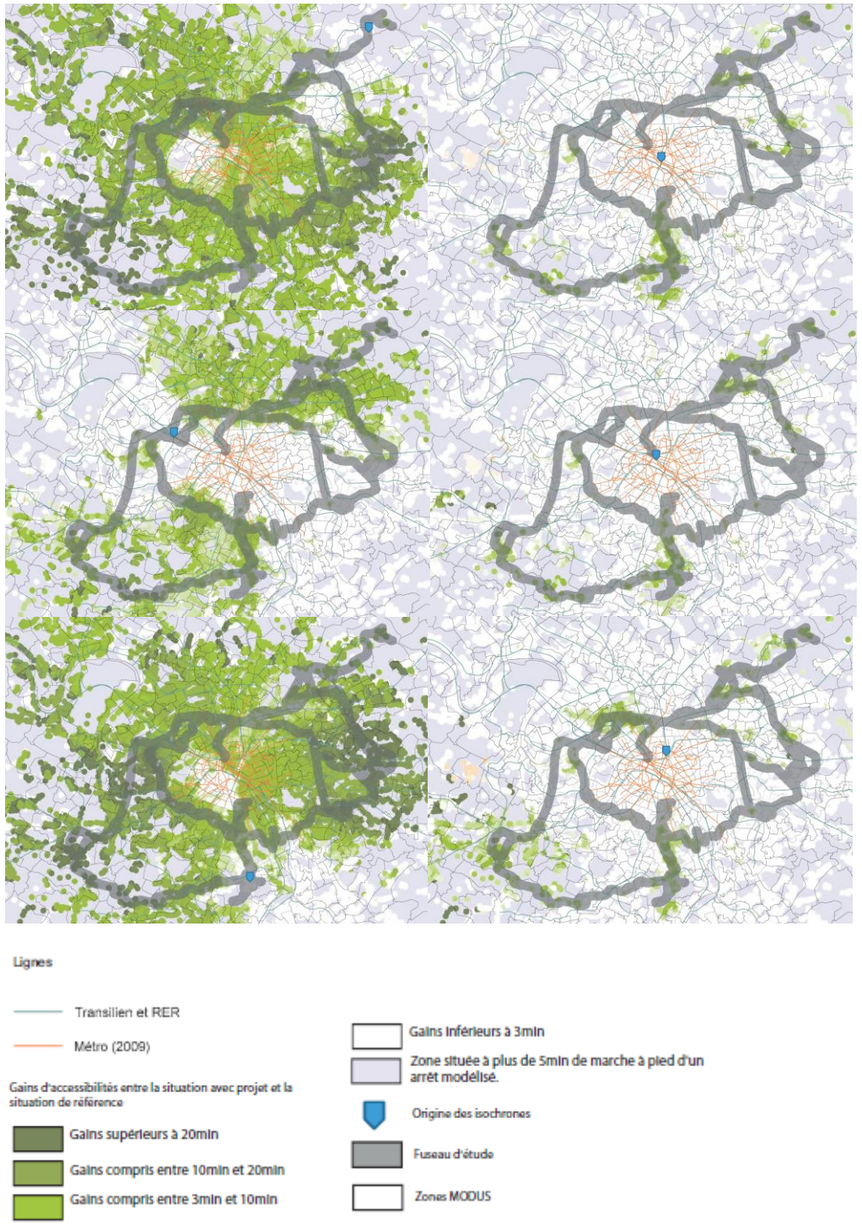


Figure 3.8-2: Gains de temps avec projet par rapport à la référence, en 2035 et au départ de 6 pôles métropolitains

40 Direction des Routes d'Ile de France, http://www.dir.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/les-operations-d-amenagement-r9.html.

Le tableau ci-dessous indique les temps nécessaires pour relier quelques pôles clés de la zone d'étude.

Tableau 3.8-3 : Durée, en minutes, de quelques relations importantes avec et sans projet, en 2035. Ces durées sont d'arrêt à arrêt et ne prennent pas en compte le temps d'attente au point de départ.

DE / VERS	DUREE AVEC PROJET (min)						DUREE SANS PROJET (min)						GAINS APPORTES PAR LE PROJET (min)					
	LA DEFENSE	ORLY	G NORD	OPÉRA	CHATEL.	CDG	LA DEFENSE	ORLY	G NORD	OPÉRA	CHATEL.	CDG	LA DEFENSE	ORLY	G NORD	OPÉRA	CHATEL.	CDG
Belle Epine Sud	37	10	32	30	25	60	50	18	39	42	37	79	13	7	7	12	12	19
CEA Saint-Aubin	29	18	45	43	43	61	60	55	60	63	61	104	31	37	15	20	18	43
Château De Versailles	26	42	43	40	43	57	38	62	50	40	43	80	12	20	7	0	0	24
Chatelet	18	27	10	4	0	35	18	42	10	4	0	43	0	15	0	0	0	8
Ecole Polytechnique	36	16	42	46	41	67	63	43	50	54	51	89	27	28	8	8	10	22
Gare Du Nord	17	35	0	12	10	25	18	42	0	12	10	36	0	8	0	0	0	12
IGR	26	11	23	20	16	51	52	36	41	36	34	78	26	24	18	16	19	28
Issy Val De Seine	19	27	25	17	20	50	28	47	25	17	20	57	9	20	0	0	0	8
La Défense	0	42	18	13	18	33	0	53	18	13	18	43	0	11	0	0	0	9
Le Bourget - Musée De l'Air Et De l'Espace	19	50	14	24	24	11	47	73	27	37	38	41	27	23	13	14	13	31
Marché De Rungis	39	12	34	32	27	62	57	15	45	45	43	83	18	3	10	13	16	21
Massy-Palaiseau	41	15	38	42	39	65	49	32	38	42	39	76	8	17	0	0	0	10
Noisy Champs	35	35	27	27	24	26	35	59	28	27	24	51	0	23	1	0	0	25
Opéra	14	32	11	0	4	35	14	43	11	0	4	36	0	11	0	0	0	2
Orly Sud	39	0	35	32	27	62	54	0	43	44	41	70	15	0	8	11	12	7
Parc Des Expositions	26	56	21	30	31	4	45	71	24	39	36	8	19	15	4	9	6	5
Pleyel - Saint-Denis Stade De France	11	39	4	14	14	19	23	50	4	16	14	32	11	10	0	2	0	14
Pont De Sèvres	12	26	30	23	27	43	21	54	36	28	29	59	9	28	6	5	2	16
Roissy CDG 2	30	61	25	34	35	0	44	72	34	34	41	0	13	12	9	0	6	0
St Cloud	10	29	28	23	27	41	12	59	28	24	27	55	3	30	0	1	0	15

Les gains les plus importants sont observés au départ des pôles situés hors de Paris : les deux aéroports et la Défense. Des secteurs jusqu'alors mal reliés au reste de l'agglomération voient leur accessibilité bien améliorée. On peut citer l'Institut Gustave Roussy, le Marché International de Rungis, le CEA et l'aéroport du Bourget. Les gares de Saint-Denis Pleyel et de Pont de Sèvres se retrouvent, avec le projet, à moins de 14min de la Défense, temps nécessaire pour y accéder depuis le centre de Paris (Opéra). Il ne faut plus que 26min pour relier la Défense à l'IGR, contre 52min sans projet, et 30min à Roissy, contre 44min.

Pour les pôles bien desservis par le réseau radial, les gains sont nettement moins marqués (Gare du Nord, Opéra, Châtelet) et surtout localisés sur les axes Villejuif-Orly et Orly-Saint Quentin.

De manière générale, on observe une importante amélioration de l'accessibilité de territoires jusqu'alors enclavés (Saclay, IGR, Rungis, Montfermeil) et des plateformes aéroportuaires (Orly, Roissy et le Bourget). L'accessibilité au centre de l'agglomération (gare du Nord, Châtelet, Opéra) est renforcée pour les territoires encore mal desservis par les lignes radiales actuelles. Les temps d'accès à la Défense sont grandement améliorés pour le sud et le nord du fuseau d'étude, là où aucune liaison structurante n'existe pour le moment.

3.8.3.2 Accessibilité des gares à l'horizon 2035 avec projet

a) Typologie des gares du réseau TC (2035 avec projet) en fonction des modes qui les desservent et de leur fréquence

La carte ci-dessous présente l'ensemble des arrêts et stations compris dans la zone d'étude selon un classement qui prend en compte les modes qui les desservent et leur fréquence à l'horizon 2035 avec projet.

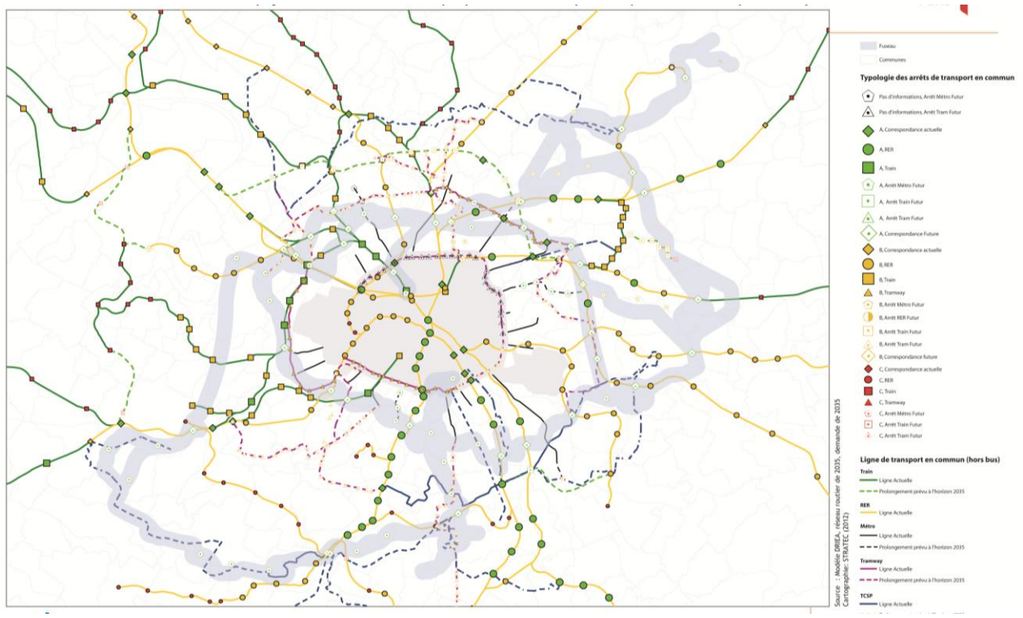


Figure 3.8-3: Typologie des gares du réseau TC (2035 avec projet) en fonction des modes qui les desservent et de leur fréquence

La carte ci-dessus illustre ce classement des arrêts et gares RER, Train, Métro et Tramway *à l'horizon 2035 avec projet*. Les arrêts de métro situés dans Paris intra-muros ne sont pas illustrés.

Une distinction a été faite entre gare actuelle et gare future. Les gares futures correspondent aux arrêts construits ou modifiés entre la situation actuelle et la situation avec projet en 2035. Enfin, un classement a été réalisé selon la fréquence de passage : catégorie A (vert), B (jaune) ou C (rouge).

- Les gares de type A correspondent aux gares par lesquelles passeront plus de 60 véhicules par heure (hors bus) en 2035.
- Les gares de type B correspondent aux gares par lesquelles passeront entre 20 et 60 véhicules par heure (hors bus) en 2035.
- Les gares de type C correspondent aux gares par lesquelles passeront moins de 20 véhicules par heure (hors bus) en 2035.

Une part de l'efficacité et de la qualité d'un réseau de transport en commun en milieu urbain se détermine par son taux de maillage. Cet indice, rapport entre les stations maillées (en correspondance avec au moins une autre ligne de transport collectif) et le nombre total de stations, est un indice garant d'un maillage relativement dense ainsi que de la présence d'interconnexions avec d'autres réseaux de transport. Le réseau de métro francilien comprend ainsi actuellement 301 stations de métro dont 73 sont maillées, soit un taux de maillage de 25 % (chiffre qui atteint 29 % pour Paris).
Le métro automatique a l'ambition d'augmenter considérablement le taux de maillage (nombre de stations avec correspondance, sur nombre de stations total) du réseau de transport public. Le tracé en rocade permet de croiser un maximum de lignes, puisque la majorité du réseau de transport en commun francilien est structuré radialement. On constate donc que sur les 57 gares du réseau de transport public du Grand Paris, plus de 40 permettent à terme une correspondance avec des modes structurants existants ou futurs, soit *un taux de maillage de plus de 70 %*. Il s'agit de nœuds de correspondances entre le RER, le train (Transilien ou TGV), le métro ou le tram. La ligne de rocade valorise donc les lignes pénétrantes (train, RER, tramway et autres TCSP) actuellement peu reliées entre elles, facilitant par la même les déplacements quotidiens de banlieue à banlieue, peu aisés dans la situation actuelle. Pour certaines zones moins bien desservies sans projet (Saclay, Clichy) la ligne de rocade joue également un rôle de rabattement vers les axes radiaux à destination du centre de la région.

b) Typologie des gares en fonction de leur gain d'accessibilité suite au projet

Afin d'évaluer le gain d'accessibilité entre le scénario de référence et le scénario avec projet, les gares ont été classées selon un indicateur de gain d'accessibilité, calculé selon la formule ci-dessous, pour une zone modus M:

$$G_{acc} = \frac{\sum_{i=1}^{NbM} tMpro_i - \sum_{i=1}^{NbM} tMref_i}{NbM}$$

Avec

$tMpro_i$: Le temps de parcours en transport en commun de la zone Modus M vers la zone modus i dans le scenario avec projet (en min)

$tMref_i$: Le temps de parcours en transport en commun de la zone Modus M vers la zone modus i dans le scenario de référence (en min)

NbM : le nombre de zone Modus de la zone d'étude étendue[41] par le projet (294 zones)

Ce facteur G_{acc} nous donne donc un gain d'accessibilité en transport en commun en Île-de-France par zone modus entre le scenario 2035 avec projet et le scenario 2035 sans projet. L'indicateur de gain d'accessibilité d'un arrêt est alors défini comme égal à celui de la zone Modus dans laquelle il se trouve.

Les arrêts de transport en commun en Île-de-France sont répartis en trois catégories :

0 : Les arrêts bénéficiant de gains d'accessibilité modérés à nul (G_{acc}<5min)

1 : Les arrêts bénéficiant de gains d'accessibilité « moyen » (entre 5 et 15min)

2 : Les arrêts bénéficiant de gains d'accessibilité « élevés » (>15min)

41 Pour visualiser la taille de la zone d'étude étendue, voir Figure 3.8-6: Augmentation de la part modale des TC (sur la somme des déplacements TC et VP) par macrozone entre le projet et la référence, à l'origine, dans le cas de l'hypothèse basse (gauche) et de l'hypothèse haute (droite), à l'heure de pointe du matin et en points, la zone d'étude étendue est subdivisée en 11 macrozones.

La carte ci-dessous présente les arrêts et stations en fonction de leur gain d'accessibilité suite à la mise en œuvre du projet à l'horizon 2035.

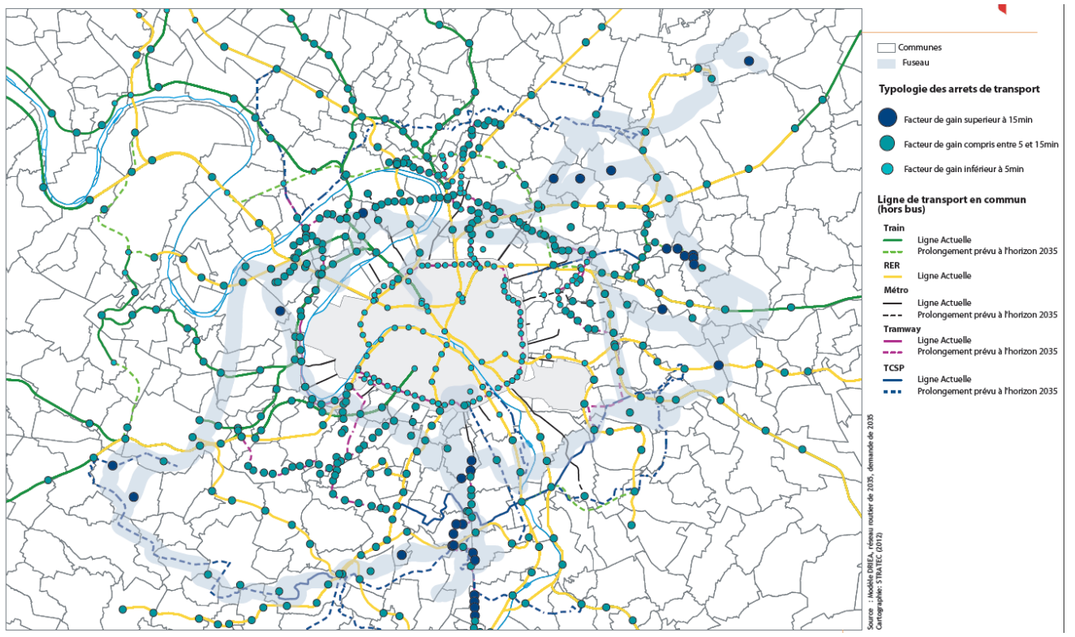


Figure 3.8-4: Typologie des gares en fonction de leur accessibilité

Les gains les plus importants sont observés pour les arrêts du projet, et de manière plus marquée encore pour les arrêts du projet qui, en situation sans projet, sont mal reliés au réseau de transport en commun. Un gain moyen d'accessibilité de 6min est observable depuis l'ensemble des gares d'Île-de-France vers les arrêts de la zone d'étude élargie.

La carte ci-dessus est une illustration du renforcement du maillage. En effet, les gains d'accessibilité ne concernent pas seulement les arrêts du Grand Paris Express. La carte montre clairement que des gains d'accessibilité importants sont observés sur toutes les radiales intersectant le projet. C'est l'expression de l'effet maillage qui est d'autant plus fort pour les gares de la seconde et troisième couronne qui, hors projet, se trouvaient en déficit d'interconnexion. A l 'approche de Paris intra-muros, l'effet s'estompe rapidement car le réseau est déjà très bien maillé en situation sans projet.

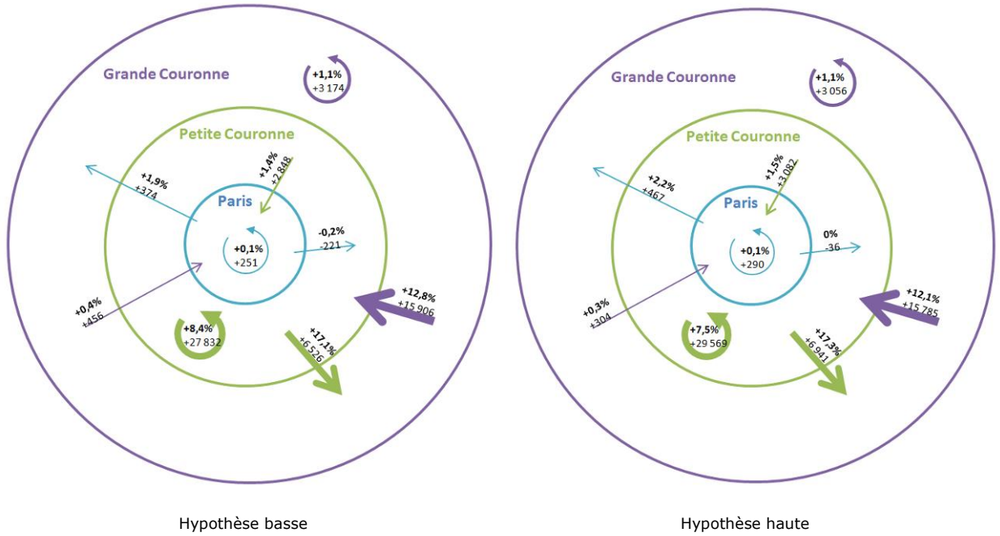
L'accessibilité des gares Roissy-CDG, du plateau de Saclay, du Bourget de Clichy-Montfermeil mais aussi de Villejuif est fortement augmentée (plus de 15 min). L'accessibilité d'Orly à partir de la zone d'étude étendue s'améliore en moyenne de plus de 20 minutes.

En complément de ces éléments, la partie 3 (« *Création de valeur par fonctionnalité* ») de la pièce H du présent dossier d'enquête illustre les gains d'accessibilité associés à la réalisation du réseau Grand Paris Express au travers du nombre d'habitants ou d'emplois supplémentaires atteints depuis tout point de la région Ile-de-France.

3.8.3.3 Variation de la répartition modale

La phase 1 de la présente étude a mis en évidence le fait que les transports publics, bien que très sollicités dans les déplacements radiaux de et vers Paris, restent peu utilisés dans les relations

inter-couronnes. Le projet entraine des changements importants sur l'usage des modes pour les déplacements au sein de la région. Avec le projet, l'utilisation des transports publics pour les grands mouvements de rocade augmente sensiblement. Les deux figures qui suivent présentent les variations du nombre de déplacements en TC d'une couronne à l'autre, à l'heure de pointe du matin, entre le projet et la situation de référence, pour les deux hypothèses d'usage du sol.



Hypothèse basse Hypothèse haute

Figure 3.8-5: Evolution du nombre de déplacement TC par couronne dans le cas des hypothèses basse (gauche) et haute (droite)

On observe tout d'abord que dans l'ensemble, les résultats obtenus pour l'hypothèse haute et pour l'hypothèse basse sont très comparables en termes de variation. En absolu, l'augmentation la plus forte est celle des déplacements intra-Petite couronne (environ 28 000 déplacements en plus en HPM, +8.4%). En relatif, ce sont les déplacements entre la Petite couronne et la Grande couronne qui augmentent le plus fortement (+17%, +6 500 déplacements).

Ces résultats sont directement imputables à l'amélioration de la desserte de ces deux couronnes par la nouvelle offre de rocade. Comme il a été montré dans l'analyse de l'état initial de la présente étude (phase 1), l'absence de liaisons TC en rocade impose, pour les liaisons internes à la Petite Couronne et avec la Grande couronne, un passage par Paris en utilisant les axes radiaux structurants largement saturés, ce qui décourage certains usagers. L'offre nouvelle apportée par le projet améliore le maillage de la Petite Couronne et permet de mieux relier cette dernière à la Grande couronne et d'éviter le passage par Paris Intra-muros lorsqu'il s'agit d'un détour; la compétitivité des transports publics s'en voit augmentée, ce qui se traduit par du report modal localisé sur ces relations de périphérie à périphérie.

On observe dans le tableau ci-dessous le nombre de déplacements par mode et par scénario à l'heure de pointe du matin à l'échelle de l'Ile-de-France. Entre le projet et la référence, le nombre de déplacements en transports publics augmente fortement (augmentation de plus de 60 000 en 2035 pour l'heure de pointe du matin avec les hypothèses basse et haute) au détriment des autres modes et du mode routier en particulier (presque 20 000 déplacements de véhicules en moins à l'heure de pointe avec les hypothèses basse et haute) et grâce à une part de déplacements supplémentaires induits. Le modèle montre également que le report modal vers les transports publics a tendance à se concentrer sur la pointe (ce que permet la capacité de la nouvelle offre TC, à l'inverse du réseau routier saturé sur cette même période). A l'horizon d'étude, les besoins en déplacement à l'heure de pointe restent très importants, notamment pour les motifs domicile-travail et domicile-école.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats des simulations en termes de déplacements à l'heure de pointe du matin avec et sans projet, actuels et futurs, pour les hypothèses de demande basse et haute.

Tableau 3.8-4 : Synthèse de déplacements selon le scénario et le mode Source : Etude d'évaluation socio-économique dans le cadre de la préparation du débat public sur le Grand Paris, 2010.

Scénario	Déplacements TC (voy.) HPM		Déplacements VP (véh.) HPM	
	2005	2035	2003	2035
Situation actuelle	1.189.061	/	1.529.799	/
REF. "hyp. basse"	/	1.511.243	/	1.383.033
REF. "hyp. haute"	/	1.557.517	/	1.396.361
PROJ. "hyp. basse"	/	1.573.655	/	1.364.344
PROJ. "hyp. haute"	/	1.622.495	/	1.376.879

Scénario	Déplacements TC (voy.) HPM		Déplacements VP (véh.) HPM	
	2005	2035	2003	2035
REF. "hyp. basse" - Situation actuelle	/	322.182	/	-146.766
REF. "hyp. haute" - Situation actuelle	/	368.456	/	-133.438
PROJ. - REF. "hyp. basse"	/	62.412	/	-18.689
PROJ. - REF. "hyp. haute"	/	64.978	/	-19.482

L'augmentation des déplacements en TC et la diminution sur la route entraine une augmentation notable de la part modale des transports publics. Les deux figures suivantes permettent de visualiser, par macrozone, l'augmentation de la part modale des TC (sur la somme des déplacements en TC et en VP) qu'apporte le projet dans les deux hypothèses de modélisation (l'unité est le point de part modale). Les trois macrozones pour lesquelles la part modale augmente le plus sont, par ordre décroissant, Villejuif, Chelles-Clichy-Monfermeil et le Bourget-Gonesse. Sans projet, ces zones sont soit desservies par des lignes ferroviaires radiales, soit enclavées (Clichy-Montfermeil), alors que le réseau routier y est bien maillé. Avec le projet, elles voient leur accessibilité tant au centre de l'agglomération (nouveaux segments radiaux) qu'aux grands centres d'emploi périphériques (segments transversaux) considérablement améliorée. Pour Villejuif et Le Bourget, l'accessibilité est d'autant améliorée que les zones se situent à l'intersection de deux lignes du Grand Paris Express. Il s'ensuit une forte augmentation de la part modale des TC (+3,4 à

+4 points). Les secteurs déjà bien desservis en TC (Petite Couronne) connaissent une augmentation moins forte.

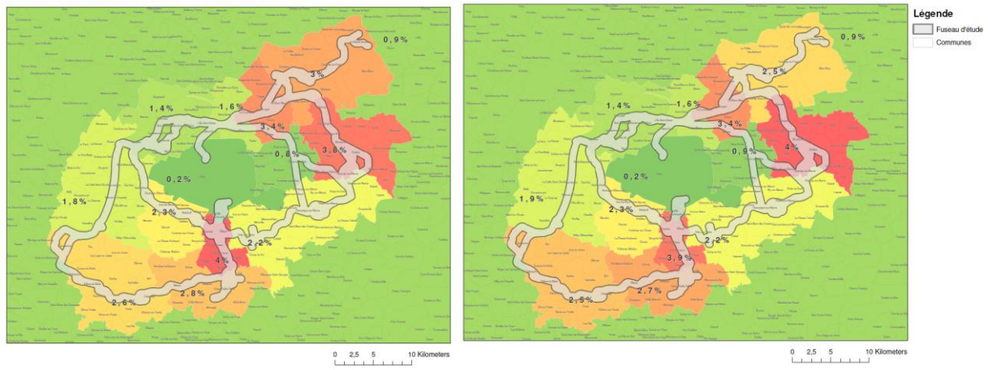


Figure 3.8-6: Augmentation de la part modale des TC (sur la somme des déplacements TC et VP) par macrozone entre le projet et la référence, à l'origine, dans le cas de l'hypothèse basse (gauche) et de l'hypothèse haute (droite), à l'heure de pointe du matin et en points

3.8.3.4 Fréquentation des réseaux, gains de temps pour les usagers

a) Augmentation de la fréquentation des réseaux TC

L'augmentation des déplacements en transports publics se traduit par une plus grande fréquentation des réseaux TC. Les deux cartes ci-dessous présentent, pour les deux hypothèses, l'augmentation de cette fréquentation (embarquements de voyageurs) par macrozone et à l'origine, à l'heure de pointe du matin.

On observe que dans les deux cas, des augmentations supérieures à 10% sont relevées pour 3 macrozones : Villejuif, Clichy-Chelles et Le Bourget.

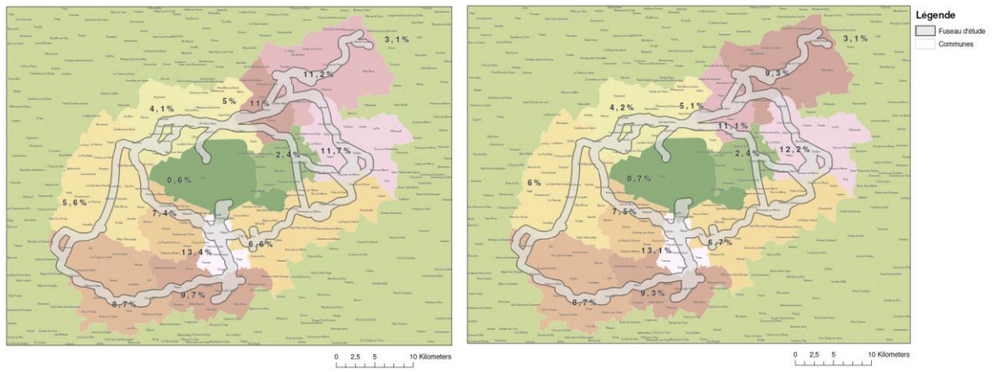


Figure 3.8-7: Augmentation de la fréquentation des TC par macrozone entre le projet et la référence, à l'origine, dans le cas de l'hypothèse basse (gauche) et de l'hypothèse haute (droite), à l'heure de pointe du matin

3.8.3.4.1.1 Hypothèse basse

On s'intéresse ici à l'évolution de la fréquentation du réseau TC entre le projet et la référence à l'heure de pointe du matin pour l'hypothèse basse.

Globalement, en situation de projet à l'horizon 2035, le nombre de voyageurs-km et de voyageurs-h sur les réseaux de transport en commun est plus élevé (respectivement de 9% et 2%) qu'en situation de référence sans réseau Grand Paris Express. Les résultats sont plus variables selon le mode, en fonction des opportunités d'itinéraires complémentaires ou alternatifs qu'offre le projet. Aussi observe-t-on, par rapport à la situation de référence sans réseau Grand Paris Express, une diminution relative de ces deux indicateurs pour les principaux modes existants.

A l'horizon de sa mise en service, le réseau Grand Paris Express conduit ainsi en pratique à une utilisation plus équilibrée de l'ensemble des lignes de transport en commun de la région Ile-de-France. L'allègement relatif du trafic sur les lignes existantes, au bénéfice du nouveau métro automatique, constitue l'un des avantages majeurs du projet en matière de déplacements, ce qui lui permet de profiter à l'ensemble des voyageurs utilisant les transports publics dans le centre de l'agglomération, que ceux-ci empruntent ou non le réseau Grand Paris Express

Le nombre de voyageurs-km pour le métro, y compris le projet, double (+105%), pour atteindre presque 7 millions de voyageurs-km dont 61% sur le Grand Paris Express. Le nombre de voyageurs-heure augmente moins rapidement (+49%), pour atteindre 182 000 voyageurs-heure dont 45% sur le Grand Paris Express. La vitesse moyenne des voyageurs sur le métro (y compris le Grand Paris Express) passe de 27 km/h sans projet à 37 km/h avec projet ce qui est une augmentation considérable. Sur le Grand Paris Express, la vitesse moyenne du voyageur à la pointe du matin est de 51 km/h. A l'échelle du réseau de l'Ile-de-France, la vitesse moyenne des voyageurs à l'HPM passe de 35 km/h à 38 km/h ce qui compte tenu du nombre de déplacements en jeu représente un gain de temps considérable, de l'ordre de 36 000h/ HPM économisées pour les usagers TC, soit une économie moyenne par trajet de l'ordre de 7 minutes.

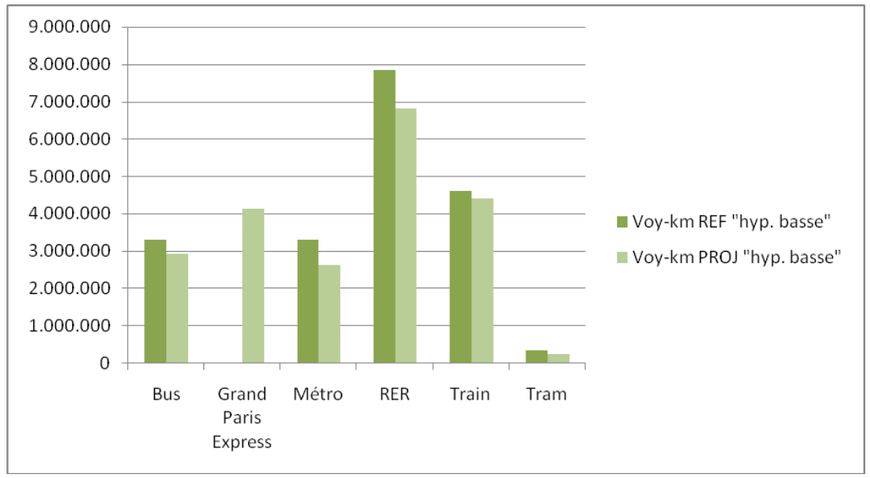


Figure 3.8-8: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-km dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse basse

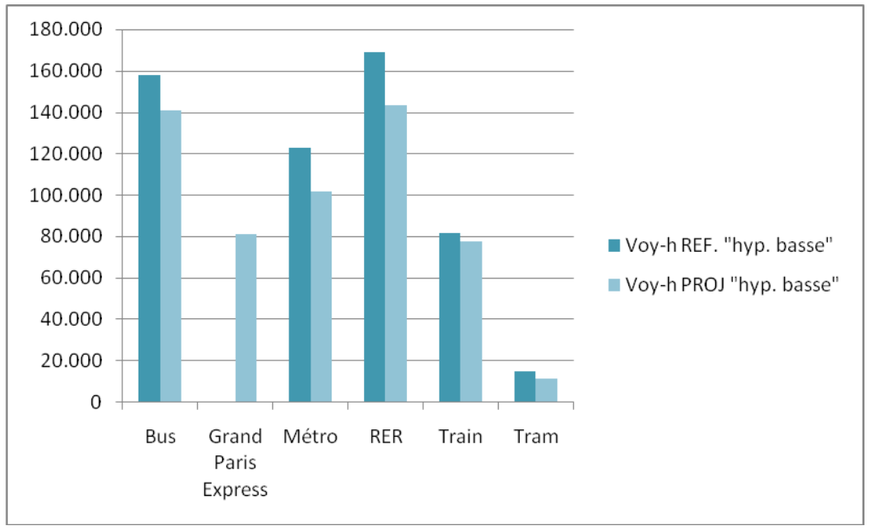


Figure 3.8-9: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-h dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse basse

3.8.3.4.1.2 Hypothèse haute

Les commentaires émis dans le cadre de l'hypothèse basse sont également valables pour l'hypothèse haute. Les chiffres de progression sont tous du même ordre de grandeur. Les impacts sont proportionnels à la demande (plus élevée). Globalement, une variation des indicateurs de 3.5% est observée. Le nombre d'heures économisées pour les usagers TC déjà présents avant projet s'élève à 38 000h/HPM (36 000h/HPM dans l'hypothèse basse). Le gain moyen en temps par déplacement empruntant le Grand Paris Express est, comme pour l'hypothèse basse, de l'ordre de 7 minutes.

Les graphes ci-dessous présentent les voyageurs-km et voyageurs-heures par mode de transport, à la pointe du matin et pour l'hypothèse haute.

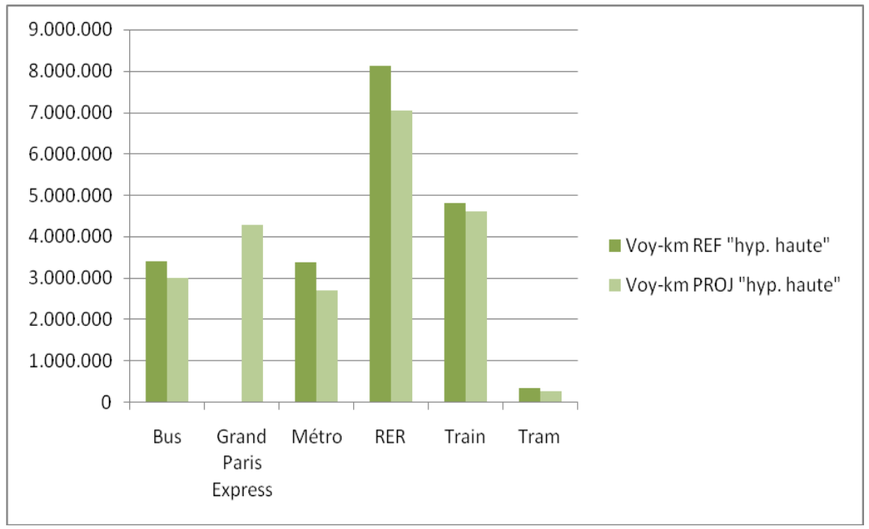


Figure 3.8-10: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-km dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse haute

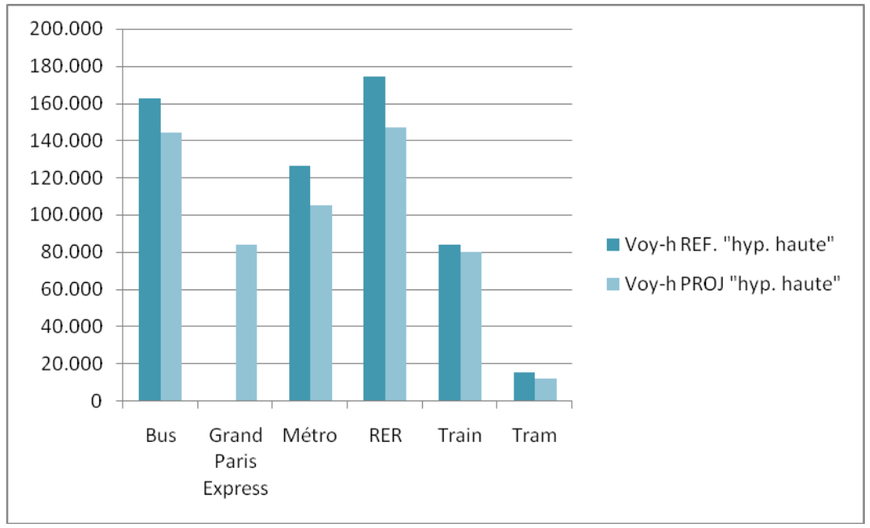


Figure 3.8-11: Graphe comparatif du nombre de voyageurs-h dans le cadre du projet et de la référence, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse haute

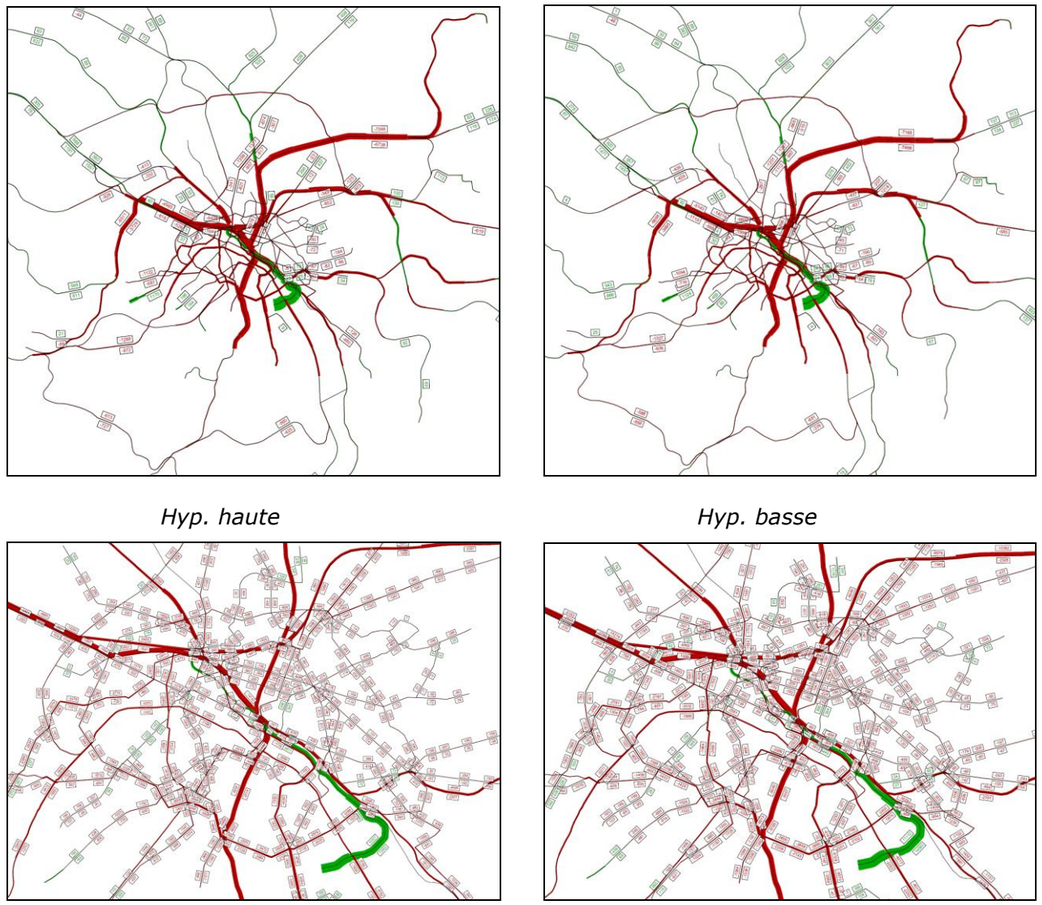
Les cartes suivantes présentent les variations de charge sur le réseau TC suite à la mise en œuvre du projet. Par rapport à une situation de référence dans laquelle le réseau Grand Paris Express ne serait pas réalisé, la réduction des charges sur les axes radiaux et les pénétrantes RER a été identifiée comme un des enjeux majeurs du projet lors de l'analyse de l'état initial. Les cartes qui suivent présentent l'augmentation (vert) et la diminution (rouge) de la charge sur le réseau préexistant à l'échelle de l'agglomération (haut) et de Paris (bas) en 2035, entre le projet et la

référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute (première série) et basse (deuxième série). Alors que le nombre de déplacements en transports en commun augmente de manière significative (la charge sur le Grand Paris Express n'est pas représentée), on observe une diminution importante de la charge sur les principaux axes radiaux du RER et du Transilien, notamment au centre de Paris.

Dans Paris intramuros, l'unique augmentation significative de charge est observée sur la ligne 14 (intégrée au Grand Paris Express). Entre gare de Lyon et Chatelet où se situe le pic de charge, l'augmentation approche les 30% (+9 000 voyageurs/h/sens).

Des baisses significatives sont observées sur les tronçons centraux du RER A (jusqu'à -14 000 voyageurs/h/sens, de l'ordre de -19% entre la Défense et Etoile) et du RER B (-10 000 voyageurs/h/sens, de l'ordre de -40% à Aulnay sous Bois).

Le projet Grand Paris Express joue donc bien un rôle de soulagement des axes radiaux du RER et dans une moindre mesure du métro. Cela est d'autant plus intéressant que la plupart de ces lignes n'ont que des perspectives limitées d'amélioration de leur capacité.



Hyp. haute *Hyp. basse*

Figure 3.8-12 : Augmentation (vert) et diminution (rouge) de la charge sur le réseau sans projet à l'échelle de l'agglomération (haut) et de Paris (bas) en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute (gauche) et de l'hypothèse basse (droite).

b) Fréquentation des gares

Les deux cartes qui suivent permettent d'observer la fréquentation des gares, en 2035 et pour les deux hypothèses d'occupation du sol. Les données présentées sont, pour chaque gare, la somme du nombre de voyageurs arrivant ou partant en voiture, à pied ou en deux roues avec le nombre de voyageurs effectuant une correspondance de ou vers un autre mode de transport public (autrement dit, il s'agit de la somme des mouvements en gares).

En 2035, avec le projet, les gares de Saint-Denis-Pleyel et de la Défense possèdent des fréquentations très importantes, semblables à celles des grands pôles du centre de Paris (Gare de Lyon, Saint Lazare, Gare du Nord, Châtelet-les-Halles).

La majorité des gares des lignes rouge, bleue et orange ont des fréquentations élevées, comparables à celles observées aux stations Saint-Michel-Notre-Dame ou Denfert-Rochereau.

Enfin, des fréquentations plus faibles sont observées sur la ligne verte et sur la branche du Mesnil Amelot de la ligne rouge.

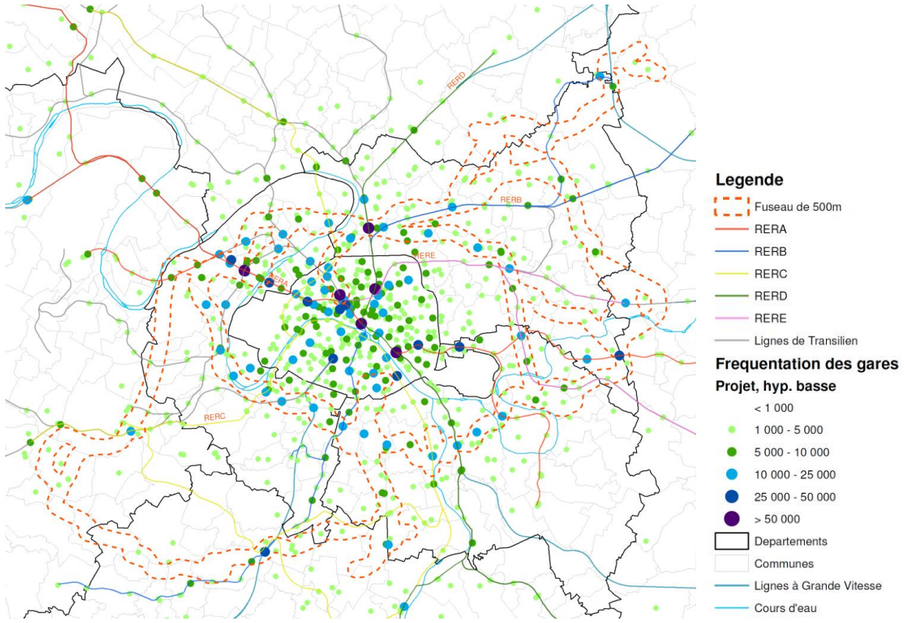


Figure 3.8-13 : Fréquentation des gares en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse.

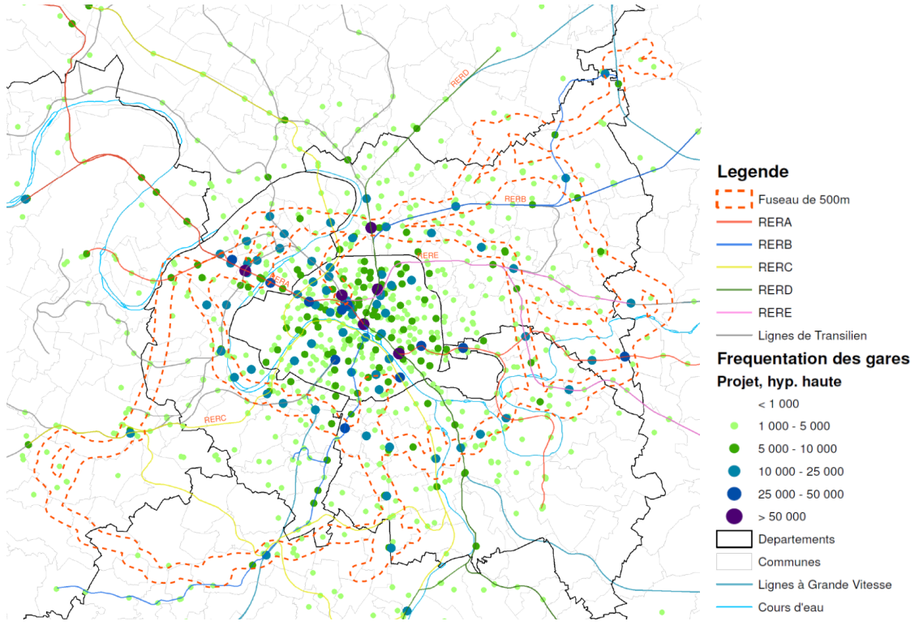


Figure 3.8-14 : Fréquentation des gares en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute.

Sur la carte suivante, la fréquentation des gares a été calculée uniquement pour les points d'arrêt du Grand Paris Express, à l'heure de pointe du matin et pour l'hypothèse basse (seuls les mouvements qui empruntent le Grand Paris Express sont pris en compte).

Les résultats de modélisation mettent en avant la fréquentation importante des gares de maillage, au sein du réseau Grand Paris Express comme avec les grandes radiales ferroviaires existantes : Saint Denis Pleyel, Nanterre-la-Folie, La Défense, Noisy-Champs, Orly, Le Bourget, Arcueil-Cachan….

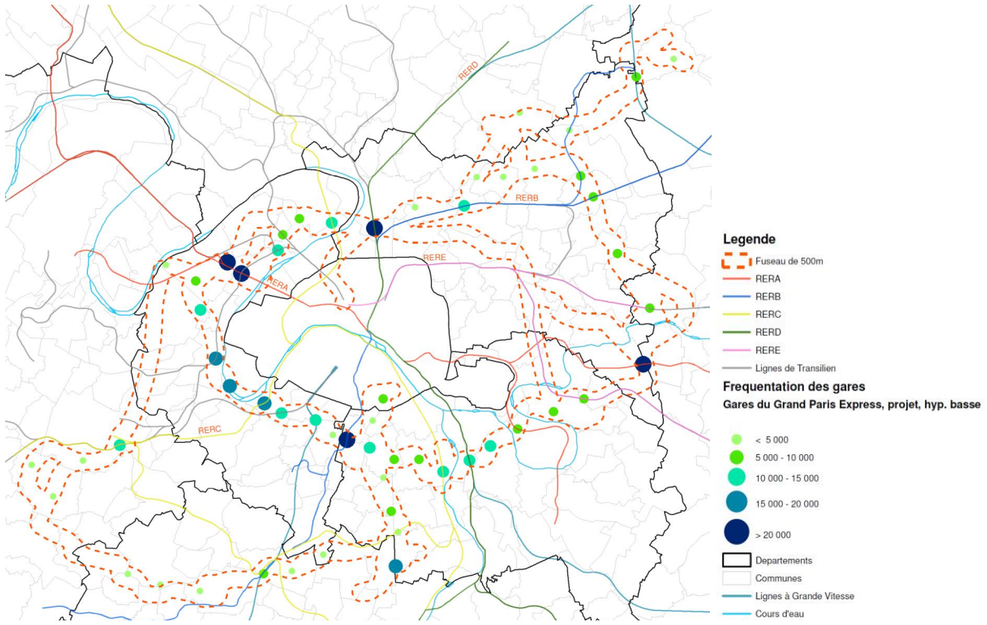


Figure 3.8-15 : Fréquentation des gares du Grand Paris Express en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse.

Les deux cartes suivantes représentent la variation de fréquentation de chaque gare entre le projet et la référence dans le cas des deux hypothèses. On constate dans un premier temps que les pôles chargés que sont Gare du Nord, Saint Lazare et Châtelet les Halles sont fortement soulagés. La gare Montparnasse et le pôle de la Défense voient également leur fréquentation baisser par rapport à la situation de référence. Des augmentations de fréquentation importantes sont observées sur les gares du projet en Petite Couronne (ligne rouge, section ouest), particulièrement à Saint-Denis-Pleyel, Arcueil-Cachan, Issy et Nanterre-la-Folie.

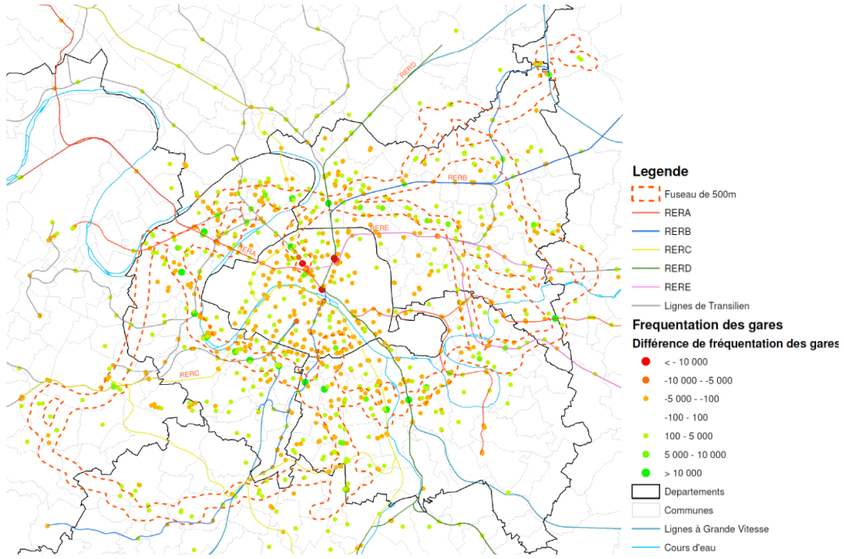


Figure 3.8-16 : Différence de fréquentation des gares en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse.

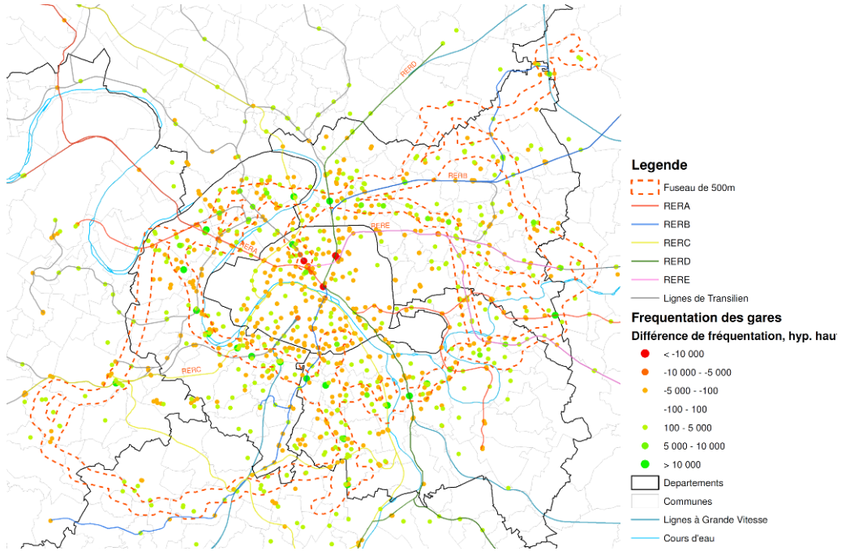


Figure 3.8-17 : Différence de fréquentation des gares en 2035, entre le projet et la référence, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute.

Le tableau qui suit présente, pour chaque hypothèse, le nombre de déplacements en TC, le nombre de correspondances effectuées et le nombre de correspondances moyen par déplacement.

Que l'on soit dans le cadre de l'hypothèse basse ou de l'hypothèse haute, le nombre de correspondances par trajet est de 1,09 sans projet, et de 1,14 avec projet. Le développement de l'offre en rocade tend ainsi à augmenter le nombre de correspondances par trajet. Les liens de rocade réalisés entre des axes radiaux peuvent en effet, en théorie, générer plus de correspondances : un déplacement nécessitant, sans projet, une seule correspondance entre deux lignes radiales au centre de Paris évolue, avec projet, en un déplacement nécessitant deux correspondances : une entre la première ligne radiale et la ligne de rocade, puis une autre entre la ligne en rocade et la deuxième ligne radiale. Le facteur principal d'explication de l'augmentation du nombre de correspondances est la vitesse commerciale élevée du Grand Paris Express qui en fait un mode de premier choix, même si cela implique de faire une correspondance supplémentaire pour le rejoindre. Un mode structurant ayant un pouvoir de rabattement élevé (comme c'est le cas ici) génère souvent plus de correspondances : les gains réalisés sur le temps de parcours et, dans une moindre mesure, sur le temps d'attente (grâce à une offre de service attractive), permettent en effet de compenser le temps réservé à la correspondance.

Ces résultats démontrent l'importance, pour garantir le succès du projet, de prévoir des correspondances de qualité ainsi qu'un rabattement généralisé et efficace.

Tableau 3.8-5 : Nombre de correspondances par déplacement selon le scénario, en 2035 à l'heure de pointe du matin

Scénario		Nombre de déplacements TC	Nombre de correspondances	Nombre de correspondances par déplacement
Hyp. Basse	Réf.	1.511.243	1.644.474	1.09
	Proj	1.573.655	1.799.166	1.14
Hyp. Haute	Réf.	1.557.517	1.694.486	1.09
	Proj	1.622.495	1.855.938	1.14

c) Charge sur le réseau VP

L'importante charge en véhicule particuliers sur le réseau régional de voies rapide a été décrite dans le cadre de l'état initial de cette étude. Elle met le système routier à ses limites de capacité et génère une forte congestion qui a tendance à se généraliser à la pointe du matin.

Tableau 3.8-6 : Synthèse des indicateurs de charge sur le réseau VP en 2035 à l'heure de pointe du matin

Scénario		Distances parcourues HPM *(véh*km)*	Evolution		Temps écoulé HPM *(véh*h)*	Evolution		Vitesse moyenne *(km/h)*	Linéaire chargé > 80% *(total : 12.619 km)*	% du total	Evolution	
			Absolue	%		Absolue	%				Absolue	%
Hypothèse haute	Référence	17.391.224			643.442			27.0	1.347 km	11%		
	Projet	17.194.625	-196.599	-1%	616.394	-27.048	-4%	27.9	1.306 km	10%	-41 km	-3%
Hypothèse basse	Référence	17.240.092			600.632			28.7	1.269 km	10%		
	Projet	17.058.144	-181.948	-1%	579.424	-21.208	-4%	29.4	1.214 km	10%	-55 km	-4%

Les deux cartes suivantes présentent, pour les deux hypothèses et avec projet, la charge sur le réseau routier à l'heure de pointe du matin.

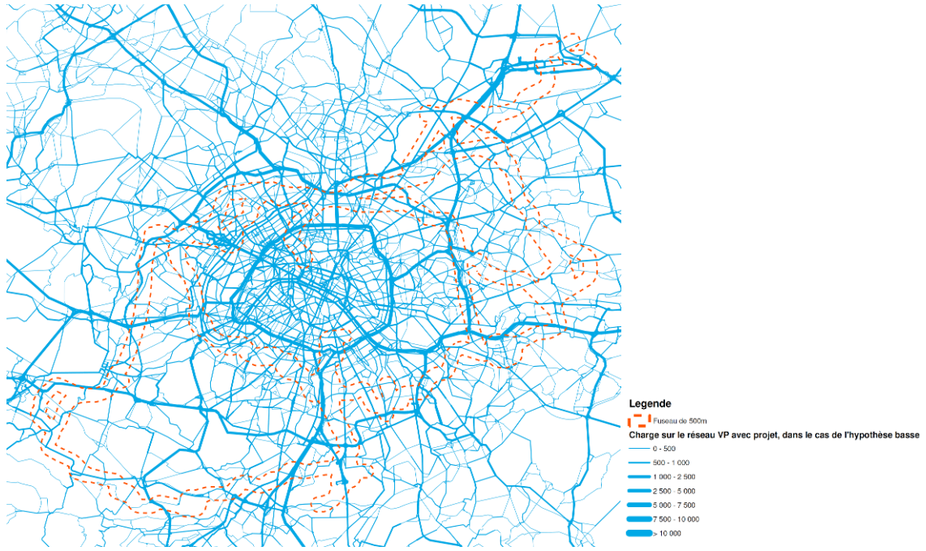


Figure 3.8-18 : Charge sur le réseau routier en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse.

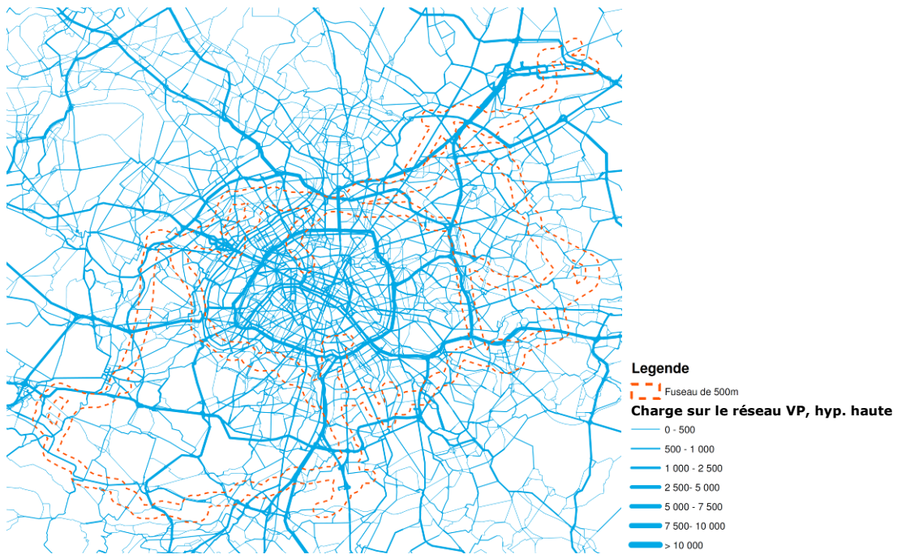


Figure 3.8-19 : Charge sur le réseau routier en 2035, avec projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute.

On observe toujours d'importants pics de charge sur les grands axes autoroutiers, tant radiaux qu'en rocade. Le projet apporte cependant une amélioration significative : comme le montrent les cartes suivantes, la charge diminue sur la quasi-totalité des axes (en vert).

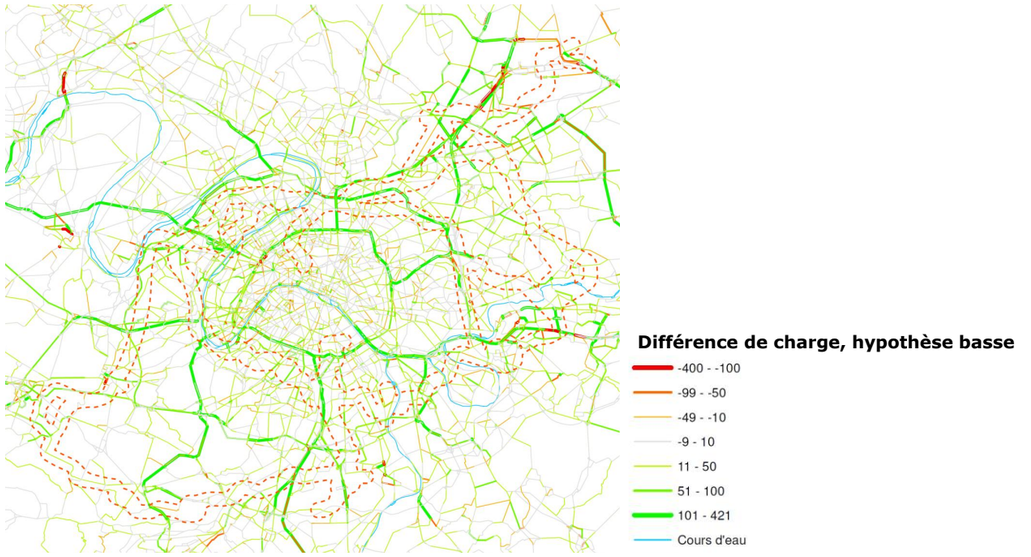


Figure 3.8-20 : Différence de charge sur le réseau routier en 2035, entre la référence et le projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse basse.

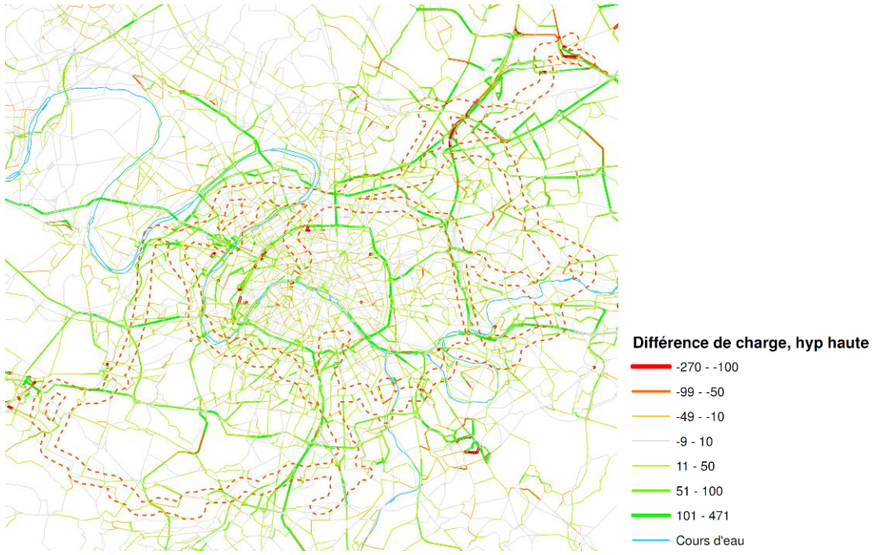


Figure 3.8-21 : Différence de charge sur le réseau routier en 2035, entre la référence et le projet, à l'heure de pointe du matin et dans le cadre de l'hypothèse haute.

d) Saturation du réseau routier

Le calcul du linéaire de voirie chargé à plus de 80% (« taux de saturation »[42]) à l'heure de pointe du matin est repris dans le tableau précédent.

Dans le cas de la référence et du projet, pour les deux hypothèses, ce sont entre 1 200 km et 1 350 km de voirie (sur les 12 619 km modélisés) qui sont chargés à plus de 80% à l'heure de pointe du matin. Dans le cas de l'hypothèse haute, le projet entraine une diminution de 3% de ce linéaire, soit 41 km d'axes. Dans le cas de l'hypothèse basse, il diminue de 4%, soit 55 km d'axes.

Avec le projet, la vitesse sur l'ensemble du réseau routier augmente de presque 1 km/h ce qui n'est pas négligeable et pourra avoir un impact positif sur les émissions de polluants et de GES (voir les chapitres dédiés).

3.8.4 Impact de la phase chantier

Le chantier du Grand Paris aura un impact significatif mais localisé sur la mobilité en Ile-de-France 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 conduits simultanément génèrent des effets qui se cumulent, voire s'amplifient en fonction de la localisation géographique.
- des localisations des origines et destinations des matériaux. Plus les déplacements sont longs, plus le risque de perturber le trafic est grand. Plus les origines et destinations sont situées en zones congestionnées plus l'impact sera prépondérant.
- du mode de transport utilisé. Les réseaux routiers sont déjà largement congestionnés, ce qui n'est pas le cas de la voie d'eau et du rail.
- Des axes empruntés et des fenêtres temporelles. Un plan de circulation tenant compte des particularités locales peut permettre de réduire les incidences.

Le charroi induit par le transport des déblais et des matériaux est étudié dans le chapitre sur les risques technologiques. Pour aller plus loin dans l'estimation des impacts sur la congestion routière, il est recommandé de réaliser des simulations du trafic routier à l'aide du modèle Modus, en y intégrant la matrice des déplacements générés par les chantiers.

Les emprises des chantiers constitueront également autant d'obstacles ponctuels pour la circulation automobile, des transports en communs et surtout des modes actifs (vélo et piétons) plus sensibles aux déviations d'itinéraires. La suppression temporaire de places de stationnement est également susceptible d'impacter négativement l'accessibilité des zones concernées. Ces impacts seront développés plus en détails dans l'analyse par tronçon.

[42] *« Taux de saturation » = charge/capacité*

3.8.5 Effet des bilans des migrations

3.8.5.1 Méthodologie

Les scénarios d'occupation du sol exploités dans le cadre de l'analyse précédente s'appuient sur l'hypothèse d'une somme population + emploi constante avec et sans projet (pour les deux hypothèses haute et basse). Cette hypothèse permet d'isoler les effets du projet sans y mêler l'impact des migrations de et vers l'Ile-de-France.

Or il est prévu que le projet génère un accroissement de P+E en Ile-de-France par migration (voir chapitre démographie). Il importe dès lors dans un bilan global de prendre en compte les bilans de ces mouvements, notamment lorsqu'il s'agira d'en déduire les impacts sur la mobilité et sur l'environnement. Ce chapitre s'attache à estimer l'impact de ces migrations sur les véhicules x km.

Il sera fait l'hypothèse que le total P+E reste constant avec et sans projet mais cette fois sur le territoire français métropolitain dans son intégralité. Les P+E en Ile-de-France de référence sont basés sur les projections du SDRIF étendues à l'horizon 2035. Les différences des P+E entre les scénarios haut et bas et la référence SDRIF donnent les bilans des soldes migratoires haut et bas en faveur de l'Ile-de-France.

On rappelle les hypothèses de population et d'emploi dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.8-7 : Population et emploi selon le scénario en 2035

Population et emploi en Ile de France selon le scénario en 2035		
Hyp Haute	Population	13.233.326
	Emploi	6.560.919
Hyp Basse	Population	13.120.918
	Emploi	6.320.448
Référence SDRIF	Population	13.051.748
	Emploi	6.180.692

On a vu que le modèle de déplacement donne, pour chacun des scénarios, le nombre de déplacements. Par soucis de continuité avec le reste de l'étude, on travaillera ici à l'heure de pointe du matin et en 2035. Le tableau suivant récapitule ces chiffres :

Tableau 3.8-8 : Indicateurs de déplacements selon le scénario et le mode, à l'heure de pointe du matin

Matrices OD pour l'Ile de France en 2035 à l'HPM		Sans projet	Avec projet
Hyp. Haute	TC (déplacements)	1.557.517	1.622.495
	VP (déplacements)	1.815.269	1.789.943
	UVP (véhicules)	*1.396.361*	*1.376.879*
Hyp. Basse	TC (déplacements)	1.511.243	1.573.655
	VP (déplacements)	1.797.943	1.773.647
	UVP (véhicules)	*1.383.033*	*1.364.344*
Référence SDRIF	TC (déplacements)	1.508.738	
	VP (déplacements)	1.782.677	
	UVP (véhicules)	*1.371.290*	

L'impact des flux migratoires indépendamment du projet est évalué en comparant les déplacements tous modes confondus sans projet à la référence SDRIF.

En première approche, la contribution au nombre de déplacements tous modes confondus qu'apportent les migrants à l'heure de pointe du matin en Ile de France est donc, pour chacune des hypothèses, la différence du nombre de déplacements tous modes avec la référence SDRIF. Ce résultat est présenté ci-après.

Tableau 3.8-9 : Nombre de déplacements tous modes effectués par les migrants à l'heure de pointe du matin et en Ile de France.

Nombre de déplacements tous modes, hyp. Basse - référence SDRIF 2035	17.771 déplacements
Nombre de déplacements tous modes, hyp. haute - référence SDRIF 2035	81.371 déplacements

Les impacts de cette migration vont s'ajouter aux impacts déjà identifiés du projet. Si ces migrants étaient restés en province, les caractéristiques de leurs déplacements seraient différentes : choix modal davantage en faveur de la voiture, déplacements en voiture plus courts… En partant du principe que le nombre de déplacements (tous modes confondus) qu'ils effectuent est le même en province qu'en Ile de France, on se propose de calculer un indicateur en véhicule x km quantifiant cette différence de comportements.

3.8.5.2 Hypothèses

Les hypothèses retenues pour le calcul sont les suivantes :

Tableau 3.8-10 : Hypothèses de calcul des migrations

	Province	Ile-de-France
Longueur moyenne des déplacements VP à l'HPM	11,0km[43]	13,0km[44]
Part modale de la voiture pour les déplacements en voiture et en TC (HPM)	80%[45]	54%[46]
Taux d'occupation de la voiture	1,3[47]	1,3[48]

43 Résultat obtenu sur base des déplacements domicile-travail en province. CGDD, *La mobilité des Français, Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements,* 2008

44 Données issues du modèle de déplacement

45 Part modale des déplacements motorisés en 2008, hors Ile de France, dans les déplacements domicile-travail. CGDD, *La mobilité des Français Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements*, décembre 2010

46 Données issues du modèle de déplacement

47 Résultat obtenu dans l'Enquête Globale Transport de 2001

48 Idem

De plus, on suppose que la part modale des déplacements motorisés est la même en Ile-de-France et en province.

3.8.5.3 Résultats

On calcule en premier le nombre de déplacements que les migrants auraient effectués en voiture s'ils étaient restés en province.

Tableau 3.8-11 : Déplacements en voiture des migrants selon l'hypothèse

	S'ils étaient restés en province	En ayant migré vers l'Ile-de-France
Déplacements en voiture des migrants, hyp. Basse 2035	14.217 déplacements	9.596 déplacements
Déplacements en voiture des migrants, hyp. Haute 2035	65.097 déplacements	43.941 déplacements

On en déduit les distances parcourues, présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.8-12 : Résultats du calcul des migrations à l'heure de pointe du matin, en 2035

Véhicules km à l'HPM en 2035	S'ils étaient restés en province	En ayant migré vers l'Ile-de-France	Δ
Hyp. Basse	120.295	95.963	24.332
Hyp.haute	550.821	439.405	111.416

Dans le cas de l'hypothèse basse, à l'heure de pointe du matin, le projet entraine donc une diminution supplémentaire de 24 300 véhicules-km en France qui s'ajoute au gain du report modal à P+E constant en Ile-de-France de 182 000 véhicules-km pour donner un total de 206 300 véhicules-km économisés.

Dans le cas de l'hypothèse haute, qui se caractérise principalement par des hypothèses plus volontaristes en termes de migrations vers l'Ile-de-France, ce chiffre monte à 111 400 véhicules-km supplémentaires, qui s'ajoutent au gain de 197 000 véhicules-km du report modal en Ile-de-France pour donner un total de 308 000 véhicules x km.

3.9 Air, énergie, climat

L'objectif de la partie « air, énergie et climat » est d'évaluer l'impact du projet Grand Paris Express sur les émissions de polluants atmosphériques, les besoins énergétiques ainsi que la production de gaz à effet de serre.

3.9.1 Air

3.9.1.1 Introduction

L'objectif est ici de prendre en considération les impacts du projet de métro automatique sur les émissions de polluants atmosphériques. La principale source d'émissions en relation avec l'infrastructure de transport provient du trafic routier, le métro automatique n'émettant que peu de polluants atmosphériques. Les émissions directes du métro qui concernent principalement les particules fines métalliques seront cependant prises en considération dans les gares et à proximité des puits de ventilation où les concentrations peuvent atteindre des niveaux importants.

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 (III.1) et au logiciel COPERT IV. Les calculs d'émissions ont ainsi permis de quantifier et de cartographier les émissions et concentrations à l'horizon 2035 en situation de référence et en situation de projet sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France. En ce qui concerne les concentrations de particules fines présentes dans les gares et aux alentours des puits de ventilation, l'analyse est qualitative et se base sur les observations réalisées dans les infrastructures existantes. Les résultats sont présentés dans le chapitre traitant de la thématique « santé ».

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 sont de bons indicateurs des émissions du trafic routier. Par ailleurs, ces polluants constituent un enjeu important pour le projet Grand Paris Express car les concentrations de certains d'entre eux (en particulier le NO_2 et les PM) dépassent régulièrement les valeurs limites annuelles[49] à proximité des grands axes routiers. Enfin, ces polluants ont été retenus pour être en accord avec la législation, plus particulièrement la circulaire interministérielle du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières (études de niveau II).

3.9.1.2 Méthodologie générale

L'objectif de cette analyse est d'évaluer en situation de référence et de projet à l'horizon 2035, le bilan annuel des émissions de polluants atmosphériques associées au trafic routier, à savoir les NO_x, le CO, le SO_2, le benzène, les COVNM, le cadmium, le nickel et les PM.

Comme mentionné ci-dessus, les bilans annuels des émissions en situation de référence et de projet ont été réalisés grâce au modèle de transport de la DRIEA et au logicile COPERT IV. Le processus de modélisation (cf Figure 3.9-1) permet ainsi de calculer à partir des données d'entrée (parc roulant estimé et trafic routier estimé) d'obtenir les émissions induites par le réseau routier.

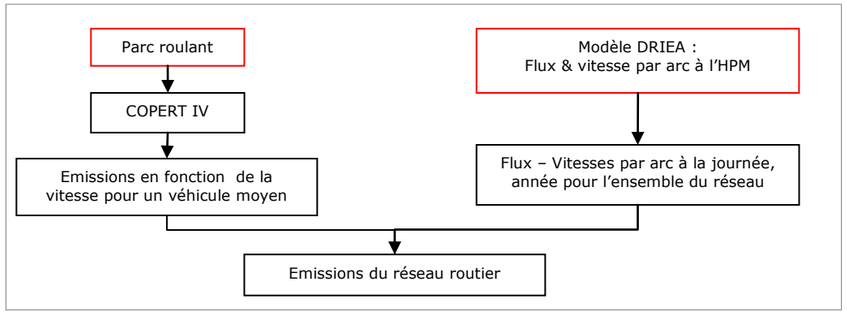


Figure 3.9-1 : Méthodologie schématique d'évaluation des émissions liées au réseau

Les points présentés ci-dessous sont les suivants :
- le modèle COPERT IV, qui permet de modéliser les émissions de polluant en fonction du parc automobile roulant et des caractéristiques du réseau (température, distance moyenne parcourue par trajet, etc.)
- la constitution des parcs automobiles franciliens pour 2005 (situation initiale) et 2035,
- l'émission des polluants en fonction de la vitesse et du trafic, ces derniers étant issus du modèle de la DRIEA.
- le modèle de dispersion des polluants

Le modèle COPERT IV

COPERT (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions de polluants du transport routier. Cette méthodologie a été élaborée dans le but d'aider les experts à estimer la pollution causée par le trafic routier dans les inventaires d'émissions nationaux. Développée pour réaliser des inventaires annuels à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT peut, sous certaines conditions, être appliquée à des résolutions spatio-temporelles beaucoup plus fines et permettre ainsi d'effectuer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier.

Ce programme est fondé sur une base de données des fonctions d'émissions pour les différents types de véhicules, permettant de calculer les émissions de polluants, sur base de paramètres influents (vitesse, température du moteur…).
Le principe méthodologique général du calcul des émissions de polluants repose sur l'équation de base suivante :

$E = A \times FE_{vpt}$

où :
E est l'émission de polluant, exprimée en masse,
A représente l'activité des véhicules (distance parcourue par chaque catégorie de véhicule, exprimée en véhicules.kilomètres),
FE est un facteur d'émission unitaire (g/km) lui-même fonction de la vitesse des véhicules (v), la pente (p) et la température (t).

Les émissions totales du trafic routier se calculent en pondérant les émissions unitaires de chaque classe de véhicule par la part de cette classe dans le trafic considéré. Cette formule permet de tenir

[49] La qualité de l'air en Ile-de-France en 2008, AIRPARIF, avril 2009

compte des variations d'activité dans l'espace et au cours du temps, élément essentiel pour l'étude de scénarios d'émissions.

Le facteur d'émission unitaire d'un véhicule spécifique, exprimé en grammes par kilomètre, définit la quantité de polluants émis par ce véhicule sur une distance d'un kilomètre à une vitesse donnée. Un facteur d'émission est associé à chaque polluant et pour chaque catégorie de véhicules. Il est fonction du type de véhicules (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers, poids lourds, bus et autocars, deux roues), de sa cylindrée (ou de son PTAC (poids total autorisé en charge) pour les poids lourds, bus et autocars), de son mode de carburation (essence, diesel) et de sa date de mise en circulation (afin de prendre en compte les normes d'émission, en particulier les normes Euro, et l'âge du véhicule). Il est par ailleurs fonction de la vitesse moyenne du véhicule considéré et de la charge (pour les poids lourds uniquement).

Le modèle COPERT IV permet de calculer plusieurs types d'émissions :

- les émissions de polluants à chaud : émissions produites lorsque les organes du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement stable. Ces émissions dépendent directement de la vitesse du véhicule.
- les émissions de polluants à froid : émissions produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les organes du véhicule sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. COPERT IV estime ces surémissions pour les véhicules légers uniquement. Ces surémissions dépendent de la fraction de déplacement parcourue à froid (facteur β), fonction de la longueur moyenne de trajet parcouru et de la température ambiante.
- les surémissions liées à la pente et à la charge pour les poids lourds ne sont pas étudiées ici (pentes relativement faibles et données insuffisantes concernant la charge des poids lourds).

Il intègre également :

- les corrections liées aux améliorations des carburants.
- les pertes par évaporation pour les véhicules fonctionnant à l'essence. Ces pertes représentent une source importante d'émissions de composés organiques volatils (COV). Elles dépendent essentiellement de la température et de la volatilité de l'essence (RVP : Reid Vapor Pressure). On distingue trois causes d'émissions de COV par évaporation :
- les « diurnal losses » : pertes par évaporation durant le stationnement du véhicule, causées par des variations de température ambiante.
- les « running losses » : pertes par évaporation lorsque le véhicule circule.
- les « hot soaks » : pertes par évaporation ayant lieu immédiatement après l'arrêt du moteur.
- Les émissions hors échappement : particules fines produites notamment par l'usure des pneumatiques, des freins, des pièces mécaniques du véhicule et du revêtement de la chaussée.

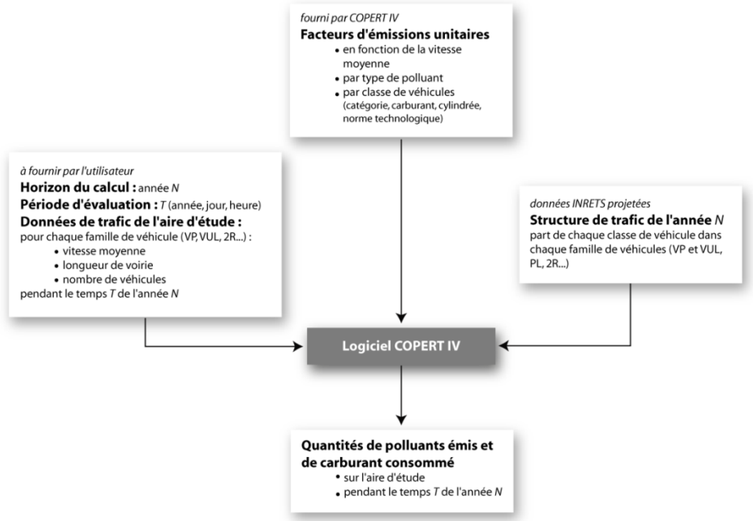


Figure 3.9-2 : Méthodologie d'évaluation de la consommation de carburant et des émissions de polluants mise en œuvre dans le logiciel COPERT IV (Source : schéma adapté de la méthodologie du logiciel COPERT IV).

Les catégories de véhicules prises en compte pour la constitution du parc francilien et utilisées dans COPERT sont reprises dans la Figure 3.9-3.

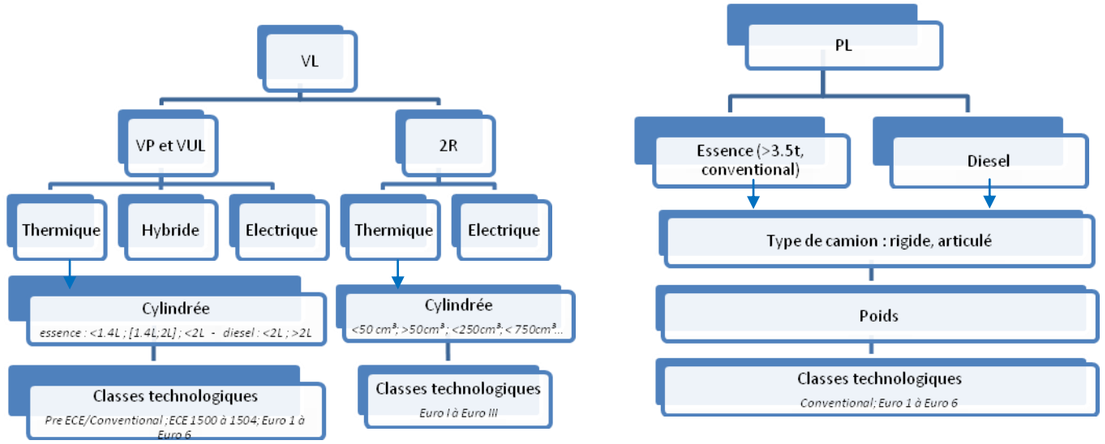


Figure 3.9-3 : Catégories de véhicules prises en compte dans COPERT IV (Source : logiciel COPERT IV). *VL : Véhicules Légers ; VP : Véhicules Particuliers, VUL : Véhicules Utilitaires Légers (<3.5t) ; 2R : 2 roues ; PL : Poids Lourds. Pre ECE/Conventional : véhicules antérieurs aux premières normes d'émission. ECE 1500 à 1504 : normes successives des années 1970 au début des années 1990. Euro 1 à Euro 6 : normes successives de 1993 (Euro 1) à 2015 (Euro 6).*

Emissions unitaires de polluants atmosphériques

Les émissions unitaires de polluants atmosphériques représentent la quantité de polluants émise, par un véhicule moyen du parc en circulation, sur une distance d'un kilomètre. Pour obtenir les émissions unitaires d'un véhicule moyen, les émissions unitaires propres à chaque catégorie de véhicule (voir la Figure 3.9-4) doivent être pondérées par la part de cette catégorie dans le parc roulant. A partir de la méthodologie COPERT IV, il est possible d'établir des courbes d'émissions de polluants en fonction de la vitesse de circulation des véhicules. La Figure 3.9-4 représente, à titre d'exemple, les résultats obtenus pour les émissions de NO_x en fonction des différentes catégories de véhicules.

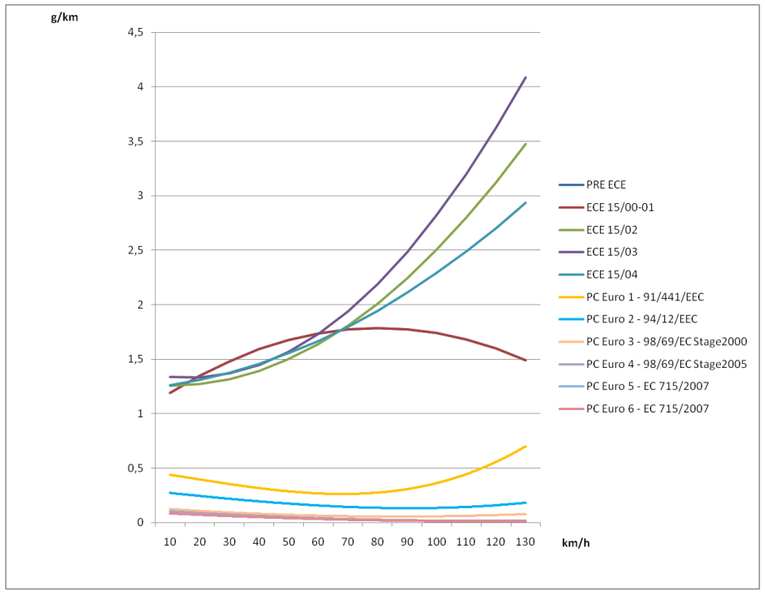


Figure 3.9-4 : Comparaison des facteurs d'émission de NOx (en g/km) en fonction de la vitesse (en km/h) pour les véhicules essence de cylindrée <1,4 L (Source : Stratec, basé sur COPERT IV)

Il est donc nécessaire de connaitre la part de ces catégories de véhicule dans le parc afin d'obtenir des courbes représentant un véhicule moyen du parc.

Constitution du parc automobile francilien

Il est important de différencier les notions de « parc statique » et de « parc roulant ». Le premier est l'ensemble des véhicules présents sur un territoire, qu'ils roulent ou non. Le second, le parc roulant, correspond aux distances parcourues par les différents types de véhicules. Ainsi un véhicule peu utilisé correspondra à la même proportion du parc statique qu'un véhicule utilisé intensivement alors qu'un véhicule peu utilisé correspondra à une part moins importante du parc roulant que son homologue utilisé intensivement.
Il faut alors définir, pour la situation initiale (2005) et à l'horizon 2035, la répartition des véhicules en circulation en termes de catégorie (Véhicules Légers (VL) et Poids Lourds (PL)), de cylindrée, de carburant, de classe technologique[50], de poids et de kilométrage moyen annuel par type de voirie pour les deux scénarios. On parle ainsi de parc automobile roulant. L'unité utilisée est le véhicule x kilomètre.
Les principaux documents référents en matière de définition et de projection du parc automobile sont ceux publiés par l'INRETS[51] . La méthode employée par l'INRETS consiste en un travail prospectif basé sur les données nationales d'immatriculation des véhicules ainsi que sur des lois de survie permettant d'apprécier le rythme de mise à la casse d'une classe d'âge de véhicules en fonction du temps. Ces extrapolations ont permis de modéliser le parc automobile français entre 1970 et 2025 et de mettre en évidence les évolutions technologiques. On entend ici par évolutions technologiques les efforts réalisés par les constructeurs sur les véhicules conventionnels (essence ou diesel) pour respecter les normes antipollution toujours plus exigeantes.

La présente méthodologie s'appuie largement sur ces travaux. Elle comporte néanmoins des adaptations afin de tenir compte de l'émergence des nouvelles technologies et de pouvoir extrapoler ce parc roulant à l'horizon 2035. Les principales hypothèses retenues pour la constitution du parc roulant 2035 sont les suivantes :

- la répartition en sous-catégories (carburant, cylindrée, poids) évolue en suivant une extrapolation linéaire des données projetées entre 2020 et 2025 ;
- la répartition par classes technologiques (normes Euro) évolue selon les prévisions de l'INRETS jusqu'en 2025 puis sont modélisées à l'aide d'une fonction de type linéaire à partir des prévisions de 2020 – 2025 ;
- les classes qui n'étaient pas visées par les estimations de l'INRETS (hybrides, électriques…) suivent une croissance linéaire entre la situation actuelle et la situation 2050 estimée à: 40% thermique, 40% hybride et 20% électrique en 2050[52] (pour les VP).

Concernant les deux-roues, les projections se limitent à la norme Euro 3, les valeurs réglementaires d'émissions pour les normes futures n'étant pas encore définies de manière précise.

Concernant l'évolution technologique des véhicules, les hypothèses sont les suivantes :

Véhicules hybrides

Le parc hybride sera considéré comme fonctionnant la moitié du temps en mode électrique (émissions seules de particules fines PM dues aux frottements pneus/routes/freins) et la moitié du temps en motorisation thermique.

Véhicules gaz et hydrogènes

Selon les tendances actuelles, en 2035, la part de marché de ces véhicules devrait être encore faible et peut être considérée comme nulle.

[50] Ensemble de véhicules homogènes au regard de leurs émissions, c'est-à-dire soumis aux émissions limites réglementaires normalisées en vigueur à leur date de mise en circulation. La norme Euro actuellement en vigueur porte notamment sur des restrictions d'émissions de NOx, de CO et de PM.
[51] Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, France.
[52] PREDIT : www.predit.prd.fr/predit4/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde=42100

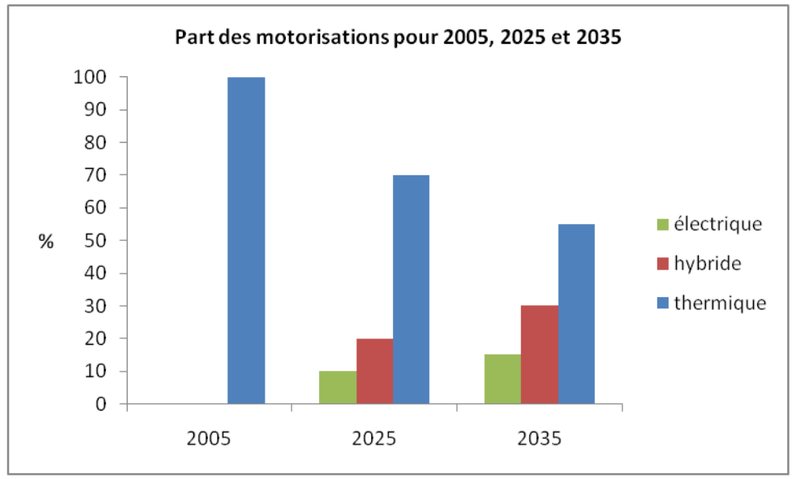


Figure 3.9-5 : Evolution de la part de des motorisations au sein du parc des VL, graph Stratec, source des données : www.predit.prd.fr/predit4/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde=42100

Comme le montre la Figure 3.9-5, la part des moteurs thermiques baisse, laissant place pour une part plus importante des véhicules électriques et hybrides.

A titre d'exemple de résultats obtenus, la Figure 3.9-6 présente l'évolution 2005-2035 de la répartition des Véhicules Particuliers (VP) selon la classe technologique.

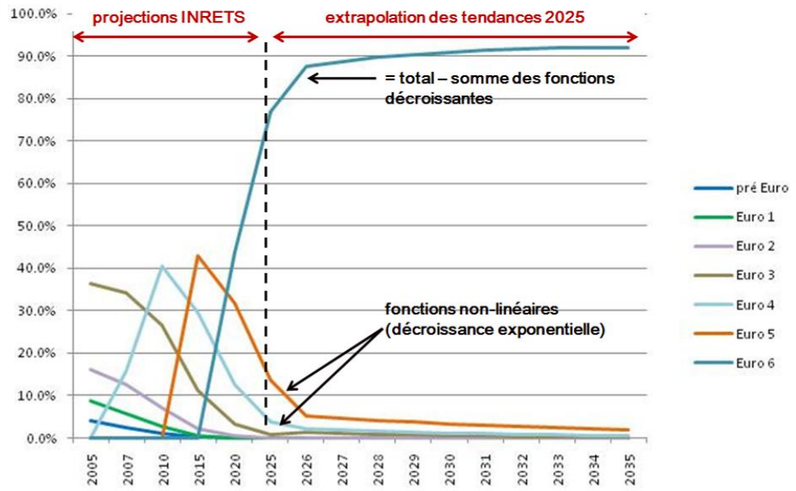
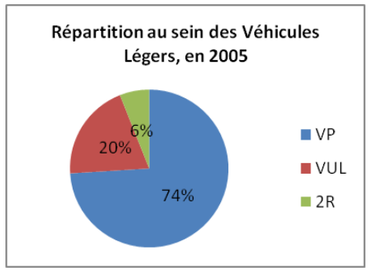
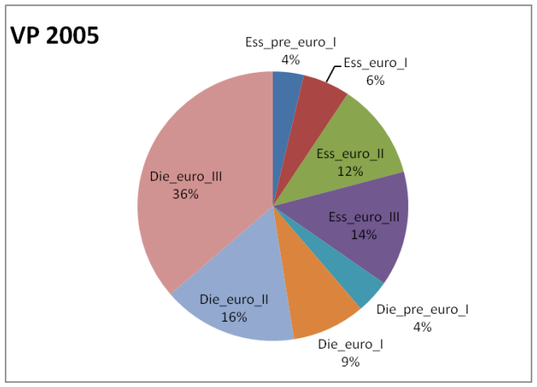
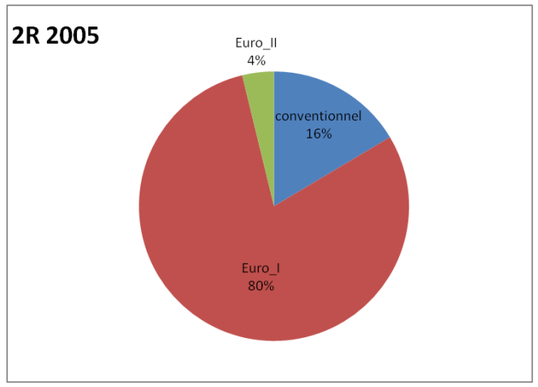


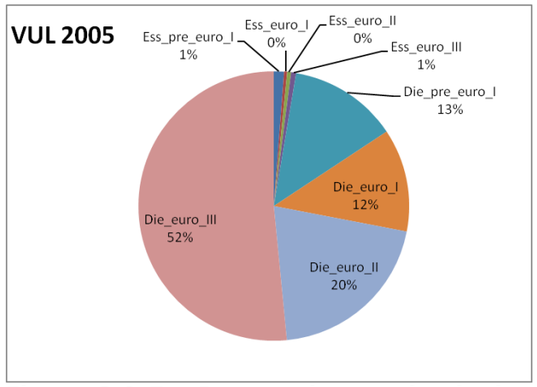
Figure 3.9-6 : Evolution du parc roulant VP selon la classe technologique entre 2005 et 2035 (Source : projections des données INRETS)

Le parc automobile roulant francilien obtenu, en pourcentage des véhicules.kilomètres parcourus par chaque « famille », est le suivant :









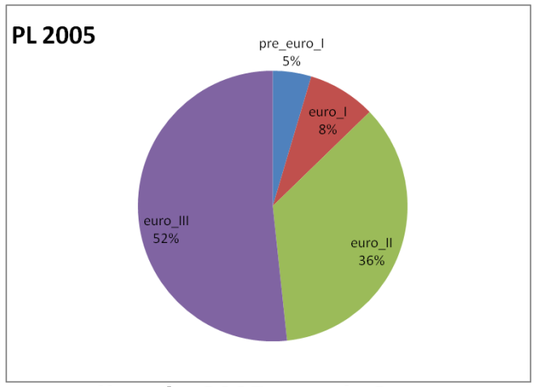
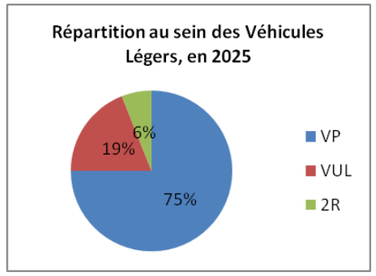
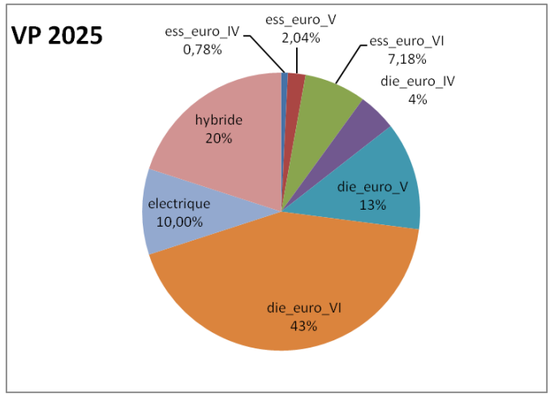
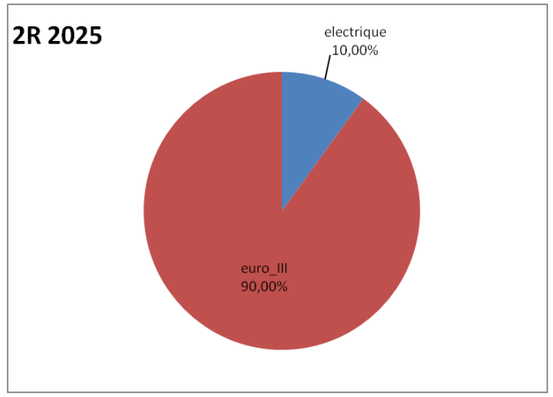
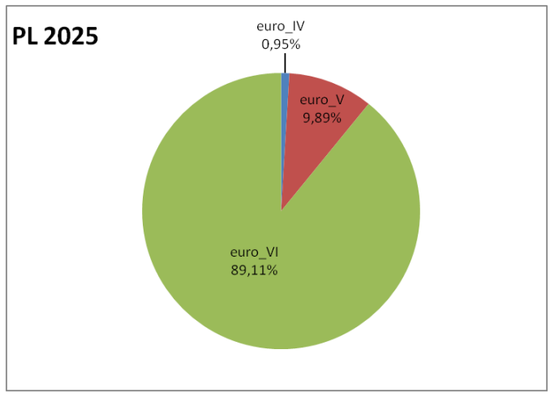


Figure 3.9-7 : Parc roulant technologique pour l'année 2005, graph Stratec, source des données, INRETS, ess = essence, die = diesel









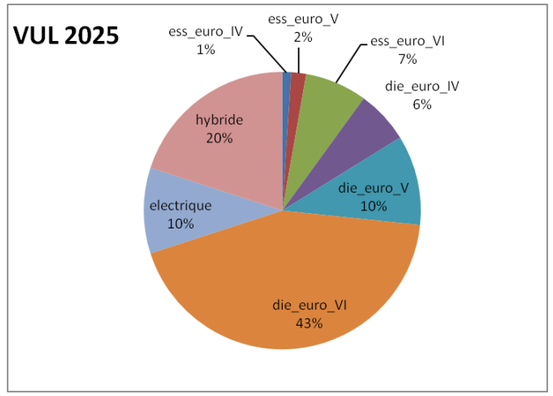
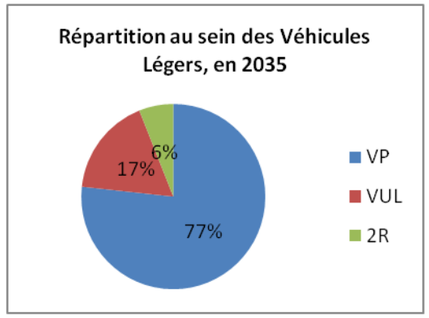
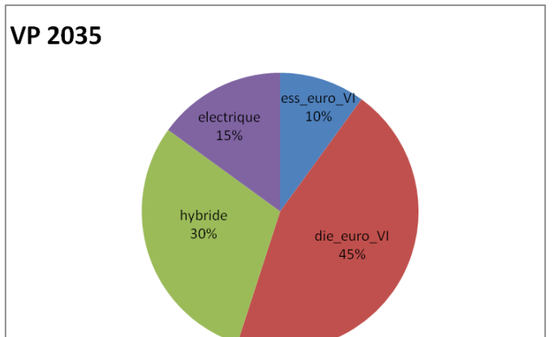
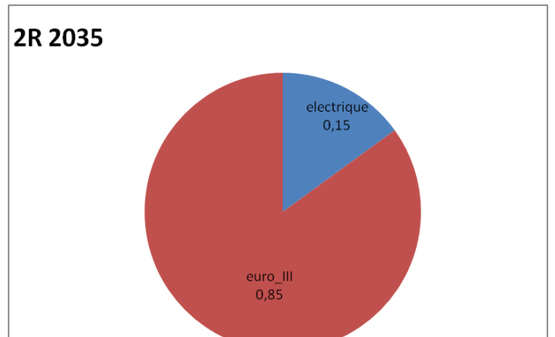
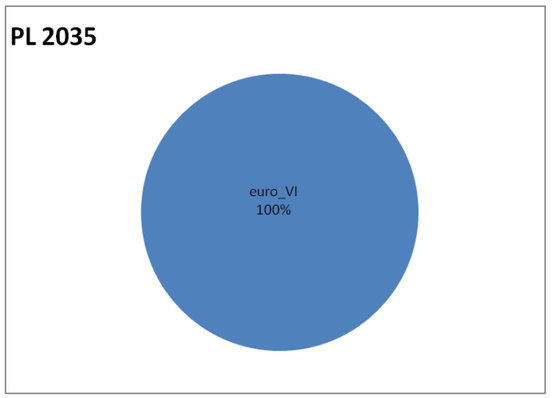


Figure 3.9-8 : Parc roulant technologique pour l'année 2025 (graph et projections : Stratec, source données : INRETS), ess = essence, die = diesel









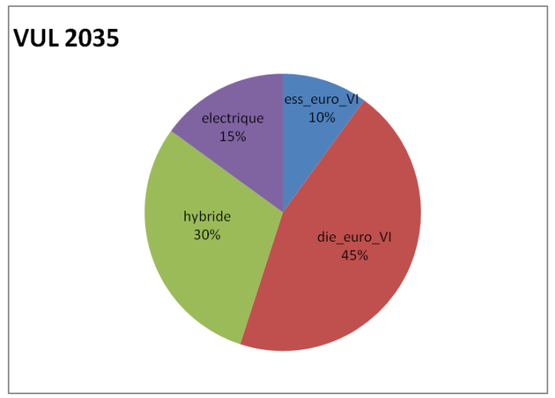


Figure 3.9-9 : Parc roulant technologique pour l'année 2035 (graph et projections :Stratec, source données : INRETS), ess = essence, die = diesel

Emissions des polluants

Les émissions de polluants sont facteurs de deux paramètres ; les émissions unitaires (fonction de la catégorie du véhicule) et la vitesse. La variation des émissions d'un véhicule moyen en fonction de sa vitesse peut donc être calculée pour les différents polluants retenus (NO_x, CO, SO_2, benzène, COVNM, cadmium, nickel et PM). A titre illustratif, les fonctions émissions/vitesse pour les NO_x et PM (<10µm) sont détaillées ci dessous :

Emissions de NO_x

La Figure 3.9-10 présente les émissions unitaires (g/km) de NO_x en fonction de la vitesse, émises par un véhicule léger moyen, selon trois horizons d'étude : 2005, 2025, et 2035.
Les émissions sont maximales pour les basses vitesses et les hautes vitesses et minimales pour une vitesse de l'ordre de 65 à 70 km/h. Les émissions de NO_x sont approximativement 2 fois plus faibles à 70 km/h qu'à 130 km/h. Les progrès technologiques, et plus précisément la propagation des pots catalytiques, sont clairement visibles : les émissions du parc roulant futur baissent significativement.

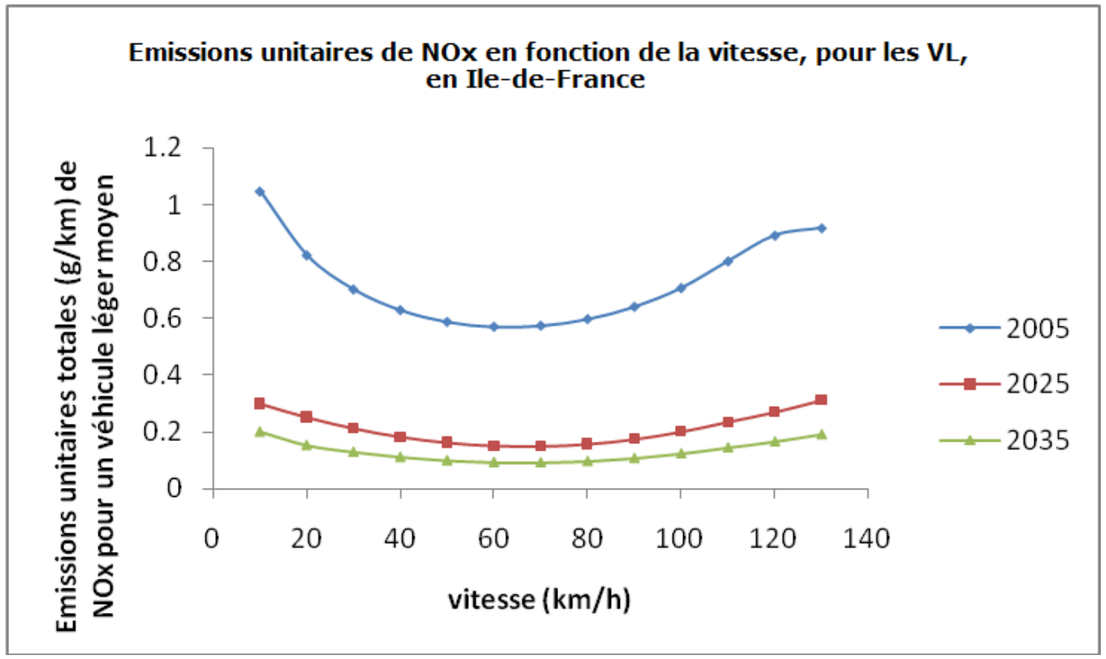


Figure 3.9-10 : Emissions unitaires totales de NOx (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger moyen, en fonction des parcs automobile roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV).

En ce qui concerne les poids-lourds, du fait de leur inertie, les émissions unitaires de polluants sont maximales pour les basses vitesses et diminuent lorsque la vitesse augmente. Les émissions sont évidemment largement supérieures à celles des véhicules légers. L'effet des progrès technologiques au sein du parc roulant apparaît de la même manière que pour les véhicules légers (Figure 3.9-11).

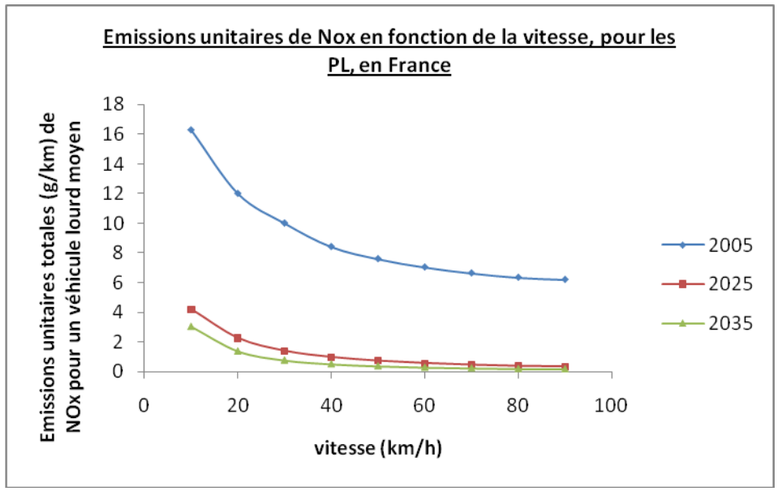


Figure 3.9-11 : Emissions unitaires totales de NO_x (g/km) en fonction de la vitesse, pour un poids lourd moyen, en fonction des parcs PL roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV).

Emissions de particules fines (PM)

Le trafic routier est responsable d'une part importante des émissions de particules fines (ex : 28 % des émissions franciliennes en 2007) dont la quasi-totalité des émissions à l'échappement est imputable aux véhicules diesel[53]. L'usure des routes, des pneus et des plaquettes de freins est, quant à elle, responsable d'approximativement 25 % des émissions routières de PM_{10} en Ile-de-France[54].

La Figure 3.9-12 représente les émissions unitaires (ou « facteurs agrégés », g/km) de PM_{10} en fonction de la vitesse, émises par un véhicule léger moyen en 2005, 2025 et 2035. La forme de la courbe ressemble à celle des NO_x avec néanmoins une influence plus prononcée des hautes vitesses. Suite à la généralisation des filtres à particules dans les années à venir, l'effet du parc roulant se fait ressentir dans les années suivantes, comme on peut le constater pour les années 2025 et 2035 qui sont en nette diminution et dont les émissions sont moins influencées par la vitesse (ces courbes ne représentent pas les seules émissions dues au moteur, mais aussi aux frottements…).

[53] *Note d'information du Setra - Série Economie Environnement Conception n°92, « Emissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence, Setra, CETE Lyon, CETE Normandie-Centre, novembre 2009.*
[54] *AIRPARIF - Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France : Bilan des émissions 2005 de polluants atmosphériques en Ile-de-France, Paris, 2005.*

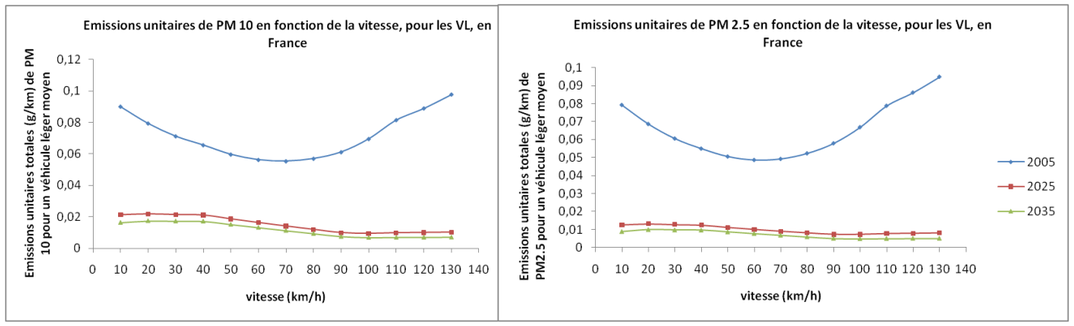


Figure 3.9-12 : Emissions unitaires totales de PM (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger moyen, en fonction des parcs automobiles roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV).

La courbe relative aux émissions de particules fines des Poids Lourds (Figure 3.9-13) a la même allure que celle relative aux oxydes d'azote (NO_x). Cependant, on peut noter que la différence entre les émissions des Véhicules Légers et des Poids Lourds est moins importante que pour les NO_x.

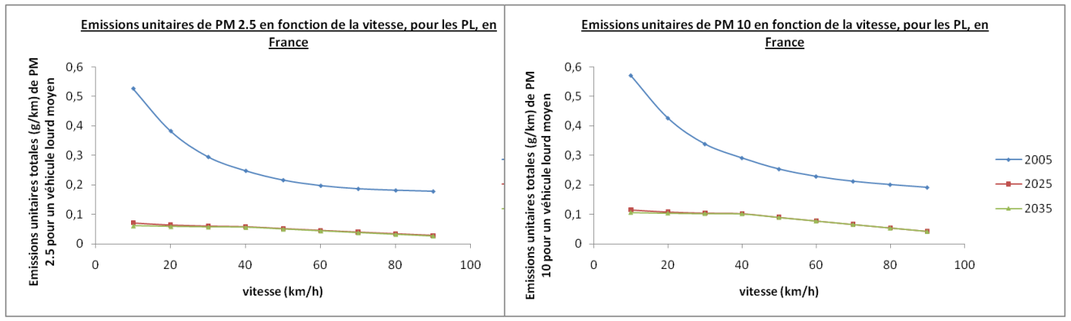


Figure 3.9-13 : Emissions unitaires totales de PM (g/km) en fonction de la vitesse, pour un poids lourd moyen, en fonction des parcs PL roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV).

Evaluation des données de trafic journalières et annuelles

Les résultats directement issus du modèle MODUS de la DRIEA correspondent à l'Heure de Pointe du Matin (HPM) (voir partie mobilité). Les flux journaliers et annuels ont donc dû être estimés à partir des flux HPM à l'aide d'une méthodologie de passage détaillée ci-dessous :

Passage des flux de l'heure de pointe du matin à la journée

A partir des flux à l'heure de pointe du matin, il est possible de déterminer les flux pour chaque heure de la journée (Figure 3.9-14). Chaque tronçon de voirie ayant sa propre « sensibilité » aux variations journalières, une clé de passage a été utilisée. Cette clé a, de plus, été calée sur base d'observations réelles du réseau Sirius en 2010.

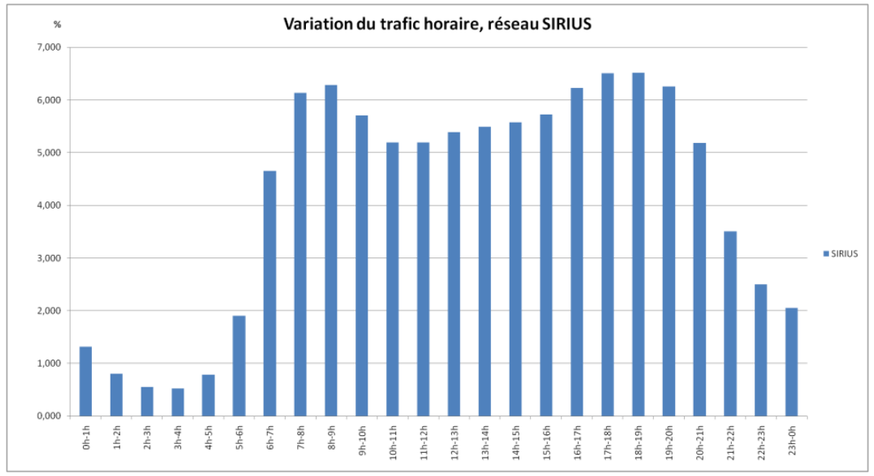


Figure 3.9-14 : Répartition journalière du trafic (source : réseau SIRIUS)

Passage des flux de la journée à l'année

Un coefficient a été défini pour passer d'une journée ouvrable moyenne à une année complète. Ce coefficient a été défini sur base des variations de trafic moyen journalier selon les jours de la semaine et des variations du trafic moyen mensuel en Ile-de-France[55] Selon ces hypothèses, le trafic annuel correspond à 341 fois le trafic d'un jour ouvrable moyen.

L'évolution du trafic

Dans la Figure 3.9-15, les évolutions du trafic total entre 2005 et 2035 (toutes catégories confondues), sont présentées pour les 2 scénarios de référence considérés.

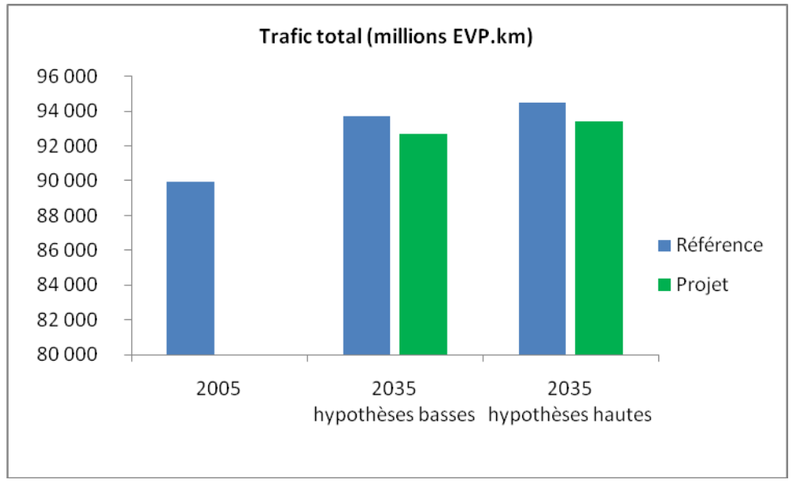


Figure 3.9-15 : Evolution du trafic total

[55] Source : www.airparif.fr, 2010

On remarque que le trafic augmente entre la situation initiale (2005) et la situation future, quels que soient les scénarios considérés. En 2035, comme développé plus en détails dans la partie mobilité, on remarque l'effet positif de l'arrivée du métro qui induit une réduction de 1,010 milliards d'EVP.km par an selon le scénario d'hypothèses basses et de 1,082 milliards d'EVP.km par an selon le scénario d'hypothèses hautes

Dispersion des polluants

Modéliser la dispersion des polluants permet d'évaluer les zones qui seront les plus influencées par les variations d'émissions du trafic routier. Pour ce faire, la région étudiée a été maillée, et pour chaque maille les émissions totales ont été calculées. A l'aide d'un modèle de dispersion, les polluants peuvent alors être répartis sur l'ensemble du territoire en fonction de divers paramètres (vitesse et sens du vent, stabilité atmosphérique,…). A titre illustratif, la Figure 3.9-6 présente différent profils de dispersion en fonction des paramètres météorologiques. Cette méthode permet ainsi d'évaluer pour chaque maille les concentrations moyennes de polluants issus du trafic routier.

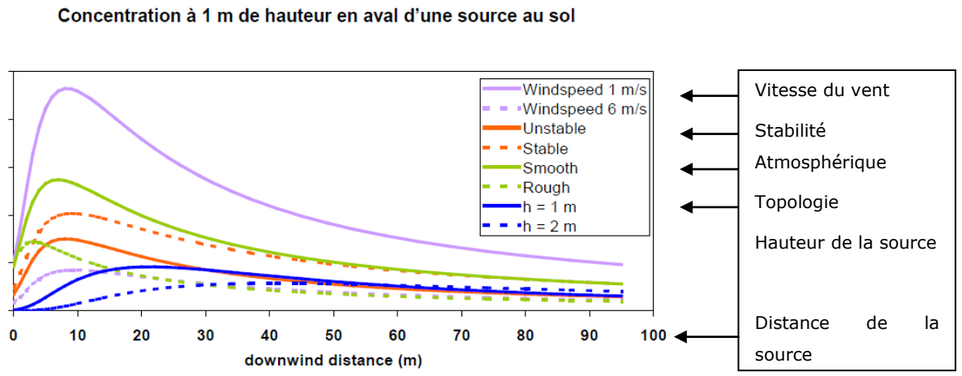


Figure 3.9-16 : Profils de dispersion. Modèle de dispersion, concentration des polluants à partir de la source d'émission et sens de dispersion pour la cartographie (illustration INRA : www-egc.grignon.inra.fr)

La zone d'étude étant très large, un système simplifié de dispersion des polluants a été utilisé[56]. Ce modèle prend en compte principalement les données d'occupation du sol (pour définir la rugosité du terrain) et les données de vitesse et de direction du vent en Ile-de-France[57].

Les concentrations ainsi obtenues ont été croisées avec les données de population afin d'évaluer l'impact du métro sur l'exposition des franciliens aux polluants atmosphériques issus du trafic routier.

[56] Le logiciel utilisé est le raster module du projet européen PRPOPOLIS, Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability.
[57] données de Météo-France, station Paris Montsouris, pour 2005 (situation initiale) et 2009 (horizon 2035)

3.9.1.3 Impacts

Résultats des émissions

L'objectif de ces résultats est de déterminer l'impact du projet de métro automatique sur la pollution de l'air.

Rappel des objectifs réglementaires

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[58]: en l'occurrence le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)[59] et le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA)[60]. Ces deux documents fixent des objectifs chiffrés en termes de concentration de polluants visant à améliorer la qualité de l'air.

Cartographie des résultats

Globalement, les émissions sont en diminution entre la situation de référence et la situation avec projet, que ce soit pour les scénarios d'hypothèses basses ou hautes.

Tout d'abord, les Figure 3.9-17 et Figure 3.9-18 représentent les différences de trafic entre le projet et la situation de référence, en hypothèses basses et hautes.

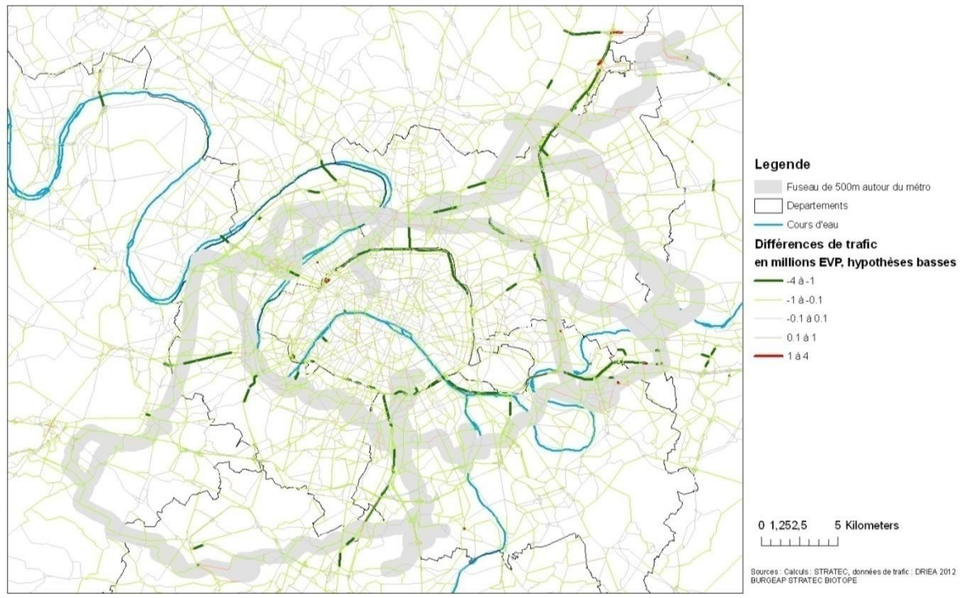


Figure 3.9-17 : Différence des trafics routiers en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses

[58] Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, 1996
[59] Plan de Protection de l'Atmosphère, Ile-de-France, Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
[60] Plan Régional de la Qualité de l'Air, Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

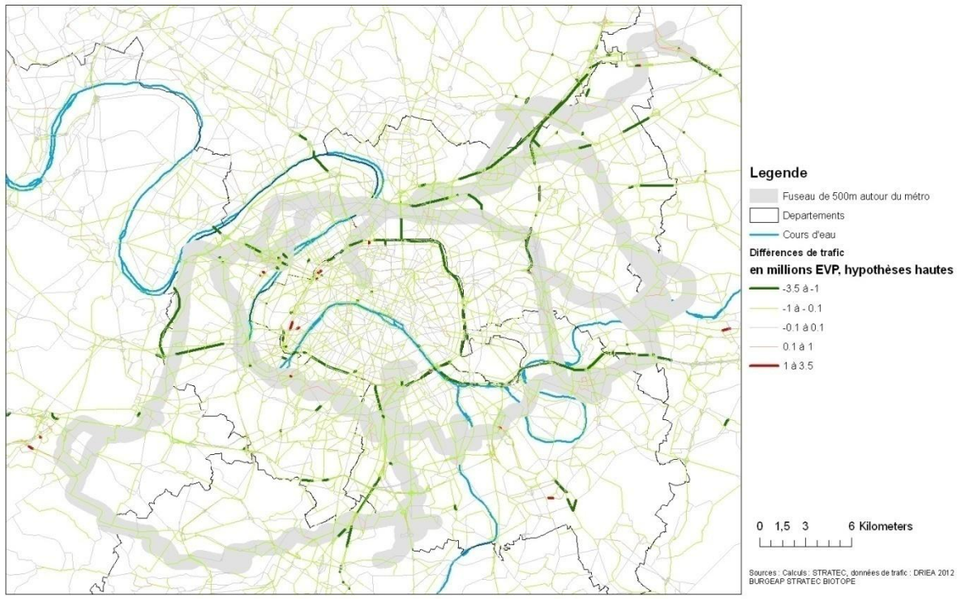


Figure 3.9-18 : Différence des trafics routiers en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes

On peut y observer l'impact du projet de métro qui tend à diminuer le trafic sur les grands axes (notamment le boulevard périphérique, l'A1, l'A15, l'A12, l'A6…) ainsi que les axes reliant 2 zones qui sont maintenant reliées ensemble via le métro automatique du Grand Paris Express (exemple au sud-ouest de Paris, avec l'A12 entre Orly et Versailles ou Saint-Quentin-en-Yvelines…). En revanche, les hausses de trafic, souvent modérées, concernent les axes transversaux, qu'ils soient au centre ou à l'extérieur de Paris.

Dans Paris intra muros où les concentrations de polluants atmosphériques sont particulièrement élevées, on observe une diminution du trafic de 80 et 98 millions de véh.km par an selon les hypothèses basses et hautes ce qui correspond à une diminution de 0.84% et 0.51% du trafic total annuel de cette zone. Cette diminution est donc légèrement plus faible que pour l'Ile-de-France (-1.08 et -1.15%) mais l'impact du projet reste positif.

Les figures suivantes représentent les différences de densité d'émissions routières de polluants, PM_{10} et NO_x. On remarque que globalement, les différences négatives (traduisant une amélioration) prédominent, et sont localisées sur les axes ou les gains en termes de trafic (évoqués précédemment) sont aussi localisés.

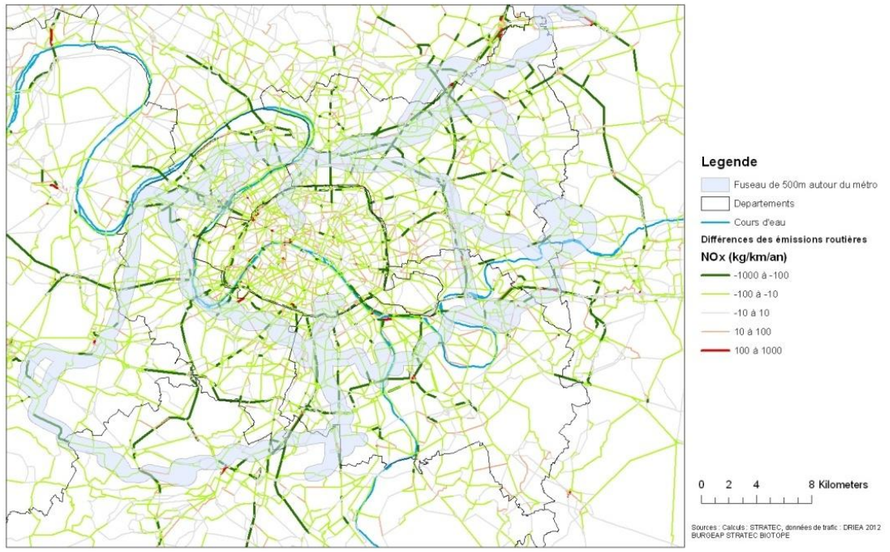


Figure 3.9-19 : Différence de densité d'émissions routières de NO_x en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses

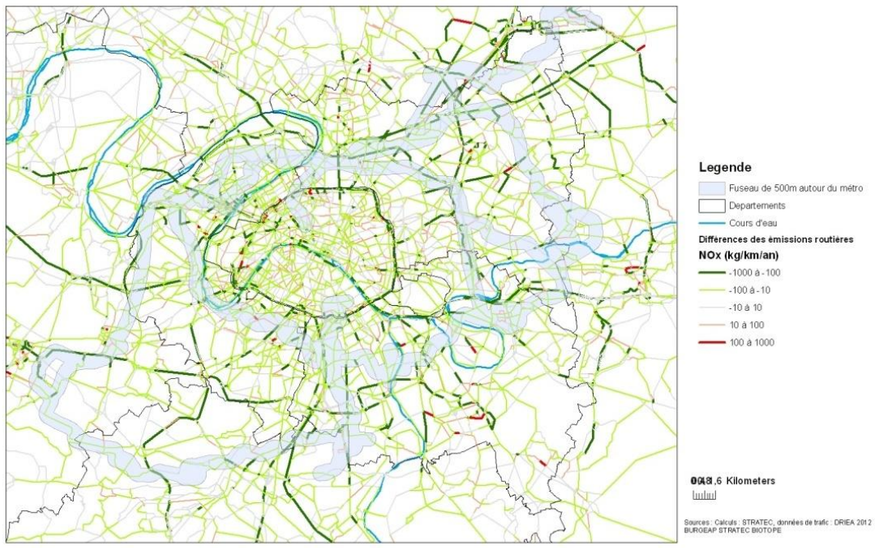


Figure 3.9-20 : Différence de densité d'émissions routières de NO_x en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes

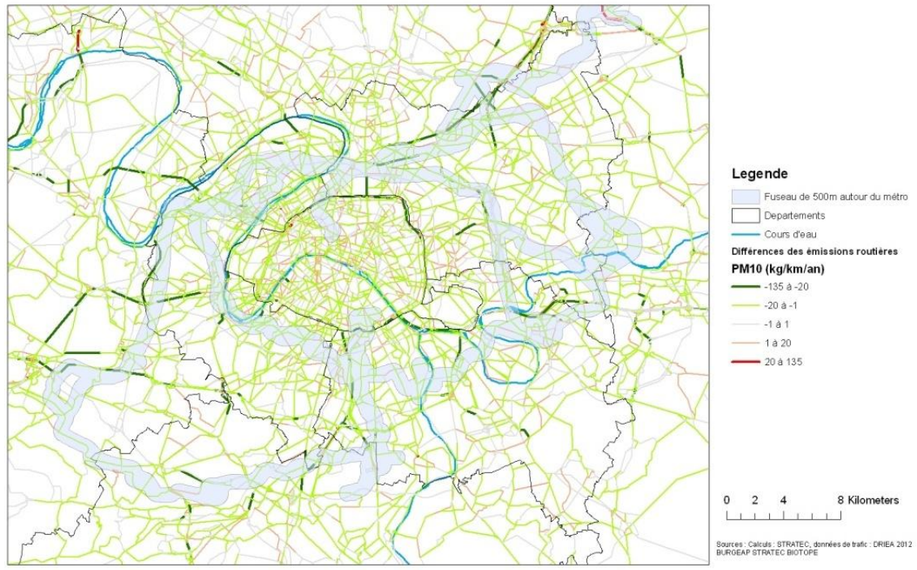


Figure 3.9-21 : Différence de densité d'émissions routières de PM_{10} en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses basses

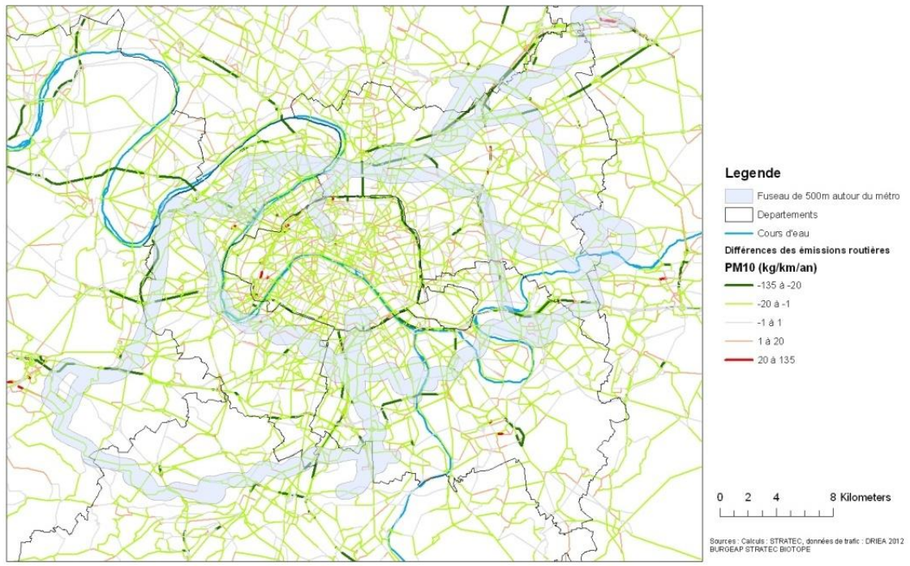


Figure 3.9-22 : Différence de densité d'émissions routières de PM_{10} en 2035, entre le projet et la référence, hypothèses hautes

Analyse

Emissions de la situation de référence

En 2035, globalement, la pollution est en forte diminution (cf Tableau 3.9-1) grâce, principalement, à l'amélioration du parc (voir sous partie « méthodologie : constitution du parc automobile francilien »). En Ile-de-France, les émissions de NO_x diminuent de 82 % entre 2005 et 2035. 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, on constate une diminution de 73 % sur cette période. Cela est dû à la généralisation des filtres à particules dans les années à venir. On observe donc bien des diminutions très importantes et ce, malgré la progression du trafic automobile entre 2005 et 2035 (entre + 4% et + 5% selon les scenarios). Le CO, les COVNM et le benzène réagissent sensiblement de la même façon, avec respectivement 79%, 85% et 86% d'émissions en moins. En revanche, les émissions de nickel et cadmium, des métaux lourds, augmentent. Ces derniers sont essentiellement dus à l'usure des véhicules (parties métalliques, plaquettes de freins, moteurs…) qui ne sont pas influencées par les normes mais dépendent directement de la quantité de trafic, globalement en croissance entre 2005 et 2035.

Les émissions de SO_2 sont considérées comme nulles, le carburant (source du soufre) se voyant progressivement désulfuré (l'hypothèse a été faite que le soufre aura totalement disparu du carburant en 2035).

On distingue donc entre la situation initiale et la situation de référence trois profils d'évolution différents :

- pour les PM, les NO_x, le CO, les COVNM et le benzène, les émissions entre 2005 et 2035 sont diminuées grâce à l'évolution du parc roulant (objectifs réglementaires, volonté des constructeurs…) (catégorie 1 Tableau 3.9-1) ;

- pour le SO_2, cas particulier, les émissions seront nulles en 2035 grâce à la volonté de désulfurer au maximum le carburant lors de la production (catégorie 2 Tableau 3.9-1) ;

- enfin, pour les métaux lourds (nickel et cadmium), les émissions résultent essentiellement des frottements : leurs émissions augmentent d'ici 2035, car d'une manière générale, le trafic augmente (catégorie 3 Tableau 3.9-1) .

Emissions en situation de projet

En situation avec projet, les émissions des divers polluants diminuent par rapport à la situation de référence entre -1,4% et -2% selon les polluants et les scénarios (cf Tableau 3.9-1). La réduction de trafic que crée l'arrivée de l'infrastructure du Grand Paris Express a donc des conséquences globalement positives en termes d'émissions de polluants atmosphériques.

Ainsi, les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier sont réduites de 23 tonnes par an selon les hypothèses basses et de 24 tonnes selon les hypothèses hautes. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 205 et 224 tonnes par an selon les hypothèses basses et hautes, respectivement.

Ces variations sont non négligeables mais relativement petites par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale 2005 et la situation 2035, comme le montre la figure ci-dessous pour chacune des trois catégories de polluants identifiées précédemment.

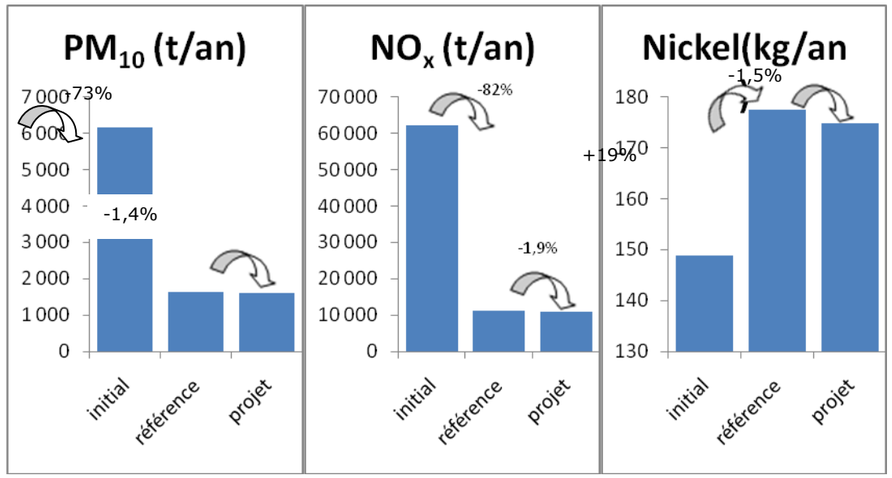


Figure 3.9-23 : Comparaison des émissions annuelles 2005, 2035 en situation de référence et en situation avec projet, pour les PM_{10}, le NO_x et le Nickel, hypothèses basses

Tableau 3.9-1 : Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2035 pour les PM_{10}, NO_x, CO, COVNM, benzène, SO_2, Nickel et Cadmium.

		PM_{10}	NO_x	CO	COVNM	benzène	SO_2	Ni	Cd
		t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	kg/an	kg/an
Initial[61]		6158	62248	123406	22441	1320	0	149	48
Hypothèses basses	Référence[62]	1639	11081	25424	3285	186	0	178	57
	réduction des émissions 2005 -> 2035 (ref)	73%	82%	79%	85%	86%	0	-19%	-19%
	projet[63]	1616	10876	24960	3226	183	0	175	56
	réduction des émissions référence ->projet	-1,4%	-1,9%	-1,8%	-1,8%	-1,7%	0	-1,5%	-1,6%
Hypothèses hautes	référence	1661	11331	26009	3358	190	0	180	58
	réduction des émissions 2005 -> 2035 (ref)	73%	82%	79%	85%	86%	0	-21%	-21%
	projet	1637	11107	25484	3291	186	0	177	57
	réduction des émissions référence -> projet	-1,5%	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-1,9%	0	-1,6%	-1,6%

1 2 3

[61] Valeurs 2005
[62] Valeurs du scénario de référence, 2035
[63] Valeurs du scénario avec projet, 2035

Effets des migrations sur les émissions de polluants atmosphériques

De manière similaire à ce qui a été fait dans le chapitre sur la mobilité, les scénarios utilisés dans l'analyse précédente se basent sur des hypothèses de population et d'emploi constantes avec et sans projet. Cette analyse permet d'apprécier les effets du projet sur les émissions de polluants liées au trafic routier sans y inclure l'impact des migrations entre l'Ile-de-France et le reste du territoire (analyse à population et emploi constants à l'échelle de l'Ile-de-France).

Comme expliqué dans le chapitre sur la démographie, il est prévu que le projet génère un accroissement de la population et de l'emploi en Ile-de-France. Il est donc important de prendre en compte ces migrations lors de l'analyse globale des impacts du projet sur l'environnement.

Pour cette raison, le chapitre sur la mobilité a évalué, sur base des projections des augmentations de population et d'emplois et des déplacements réalisés en province et en Ile-de-France, les distances parcourues par les migrants, s'ils étaient restés en province et au contraire lorsqu'ils ont migré vers l'Ile de-France.

Le tableau suivant reprend ces résultats :

Tableau 3.9-2 : Véhicules.km parcourus par les migrants à l'HPM en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF.

Véhicules km à l'HPM en 2035	S'ils, étaient restés en province	En ayant migré vers l'Ile-de-France	Différence
Hyp. Basses	120 295	95 963	24 332
Hyp. Hautes	550 821	439 405	111 416

Le projet entraîne donc une diminution supplémentaire de 24 300 véh.km en France selon les hypothèses basses, et une diminution de 111 400 véh.km selon les hypothèses hautes.

Ces diminutions supplémentaires doivent donc être considérées dans le bilan global des émissions. Cependant, il est important de noter que les émissions moyennes d'un véhicule circulant en centre ville est supérieure à celle d'un véhicule circulant en banlieue ou en zone rurale. Ainsi, avec le modèle COPERT IV, on peut estimer les facteurs unitaires d'missions des différents polluants en fonction du type de circulation.

L'enquête nationale transports et déplacements a montré que la vitesse moyenne des trajets en voiture est d'approximativement 30km/h en banlieue parisienne et dans le centre de Paris contre 45 km/h en couronne périurbaine[64]. Sur base de ces vitesse et en utilisant le modèle COPERT IV, nous avons ainsi calculé les émissions de polluants réalisées par ces migrants à l'horizon 2035 dans le cas où ils seraient restés en province et lorsqu'ils ont migré en Ile-de-France. Ces résultats sont repris dans le tableau ci-dessous :

[64] ENTD 2008 SOeS-Insee-Ifsttar, dans La Revue du CGDD, Urbanisation et consommation de l'esapce, une question de mesure, CGDD, 2012

Tableau 3.9-3 : émissions des migrants à l'année en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF.

Hyp basse	PM_{10} (t)	NO_x (t)	CO (t)	COVNM (t)	benzène (t)	nickel (kg)	cadmium (kg)
Migrants en IDF	10,32	60,35	116,46	22,94	1,85	1,083	0,315
Ayant migré de Province	12,15	60,66	132,22	24,44	1,66	1,259	0,342
Emis (IDF-province)	-1,83	-0,31	-15,77	-1,50	-0,19	-0,176	-0,027
Hyp haute	PM_{10} (t)	NO_x (t)	CO(t)	COVNM (t)	benzène (t)	nickel (kg)	cadmium (kg)
IDF	47,26	276,33	533,25	105,04	8,49	4,960	1,441
Province	55,62	277,74	605,45	111,91	7,62	5,766	1,566
Emis (IDF-province)	-8,36	-1,41	-72,20	-6,87	-0,86	-0,805	-0,125

Les résultats montrent que les gains sont faibles. En effet, la diminution des distances parcourues est compensée par l'augmentation des émissions causée par le passage d'une circulation périurbaine à une circulation urbaine. Les migrations n'auront donc qu'un impact modéré sur les quantités de polluants atmosphériques émises globablement. Les migrations auront cependant un impact sur la répartition spatiale des émissions puisque d'avantage de polluants seront émis en zone urbaine dense là où les concentrations sont déjà élevées tandis que moins de polluants seront émis dans les zones rurales où les concentrations sont peu élevées.

Impacts du métro sur les concentrations de polluants atmosphériques issus du trafic routier

Les concentrations de polluants atmosphériques issus du trafic routier sont peu impactées ou réduites sur la majeure partie du territoire de l'Ile-de-France entre la situation avec projet et la situation de référence. Globalement, les concentrations suivent les émissions calculées précédemment, et donc sont en lien direct avec la quantité de trafic (les axes où une diminution importante du trafic est observée sont ceux à proximité desquels les concentrations en polluants diminuent le plus).

Les figures suivantes représentent les différences de concentrations en PM_{10} et NO_x entre la situation de référence et la situation de projet selon les hypothèses basses et hautes. Les zones vertes correspondent à une amélioration entre les situations de projet et de référence, le jaune à une différence faible à nulle, et le rouge à une dégradation. La répartition est sensiblement la même pour tous les polluants, les cartes relatives aux autres polluants (CO, COVNM, benzène, Ni et Cd) sont disponibles dans l'atlas cartographique.

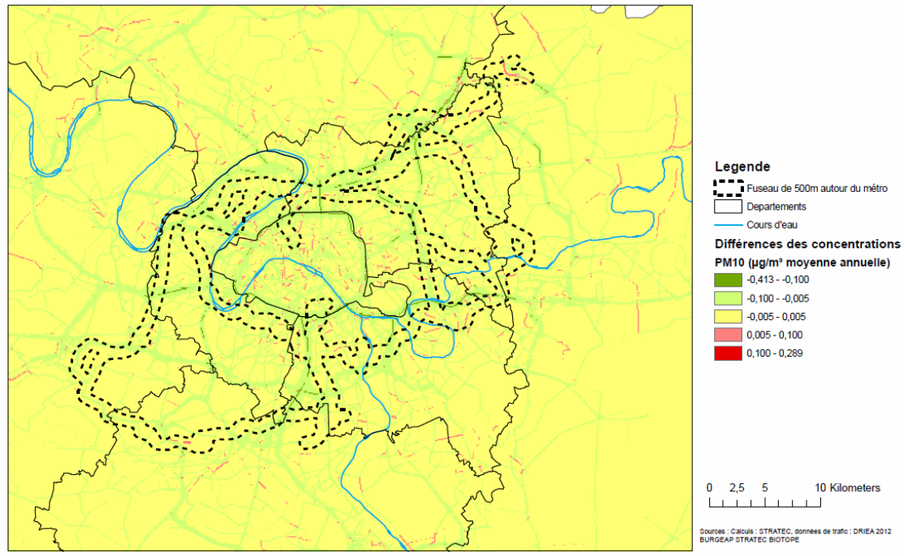


Figure 3.9-24 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour les PM_{10}, hypothèses basses

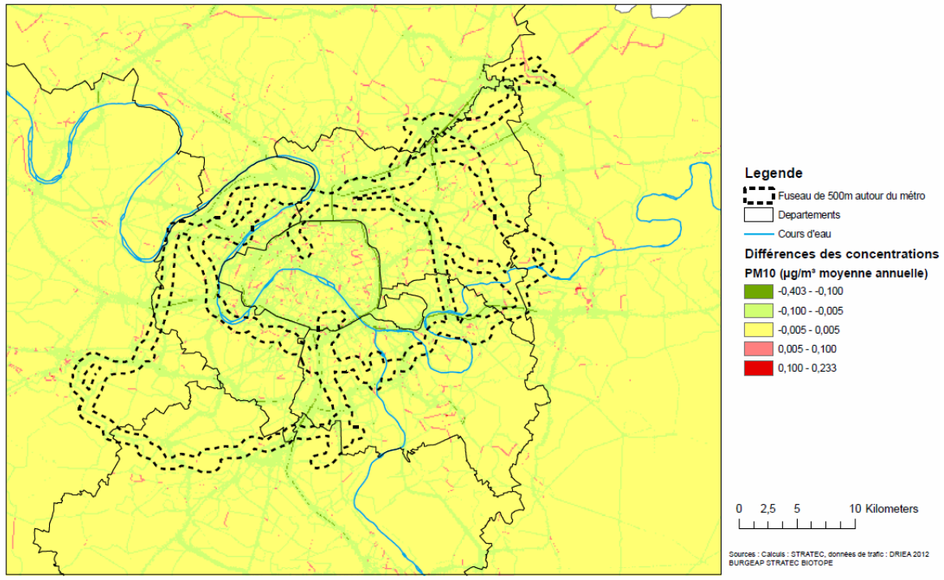


Figure 3.9-25 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour les PM_{10}, hypothèses hautes

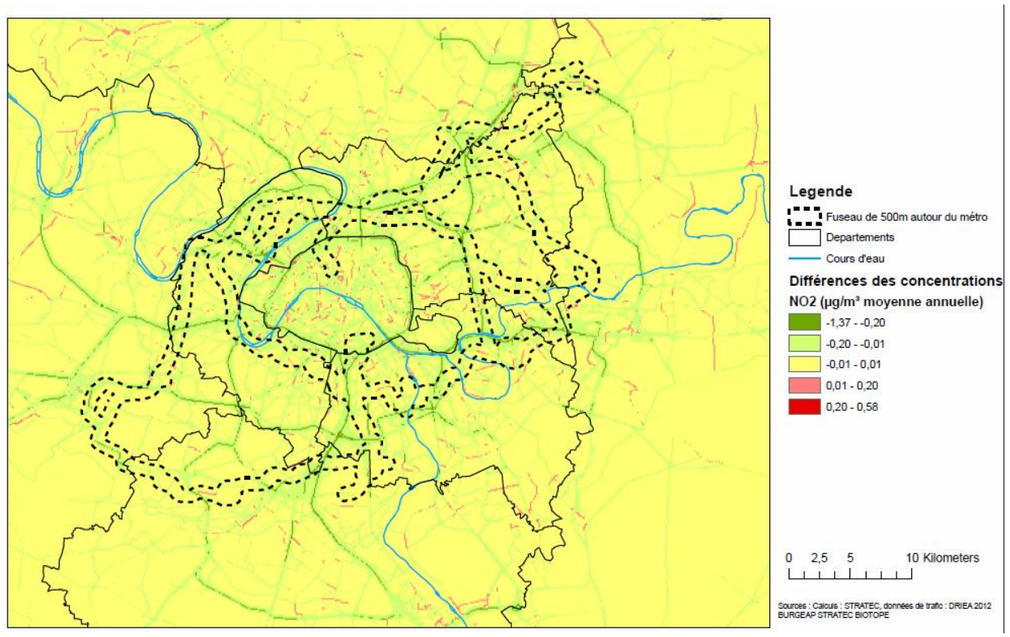


Figure 3.9-26 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour le NO_2, hypothèses basses

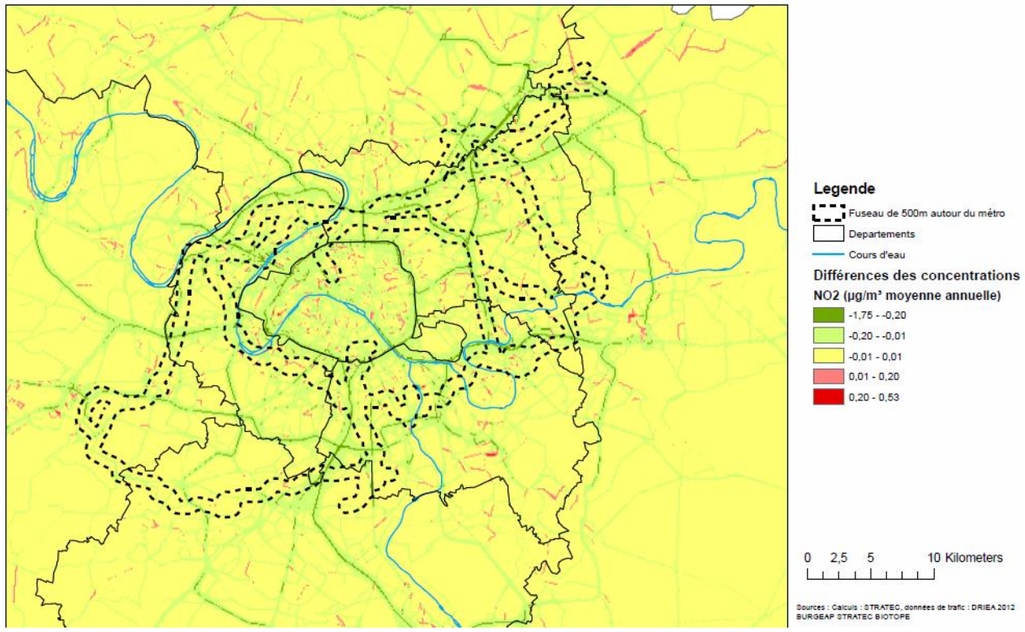


Figure 3.9-27 : Différences des concentrations entre les situations de référence et de projet, pour le NO_2, hypothèses hautes

Remarque sur les hypothèses retenues pour la modélisation des concentrations de NO_2 à partir des émissions de NO_x du trafic routier :

Les émissions issues du modèle COPERT IV concernent les NO_x en général or les concentrations réglementées concernent plus particulièrement le NO_2. Le passage des émissions de NO_x aux concentrations de NO_2 nécessite donc de connaître le ratio NO_2/NO_x. Les améliorations technologiques permettant généralement de réduire d'avantage les émissions de NO_x que celles de NO_2, le ratio a tendance à augmenter au cours du temps. Le ratio à l'horizon 2035 a donc été obtenu sur base des tendances observées entre 1998 et 2010. Nous avons fait croître de manière linéaire le ratio jusque 2025, horizon auquel plus de 80% du parc respectera la norme Euro 6. Après 2025, le ratio a été considéré comme constant puisque les normes ultérieures à Euro 6 ne sont pas considérées (voir § sur la constitution du parc). Entre 2025 et 2035, on peut donc s'attendre à une faible décroissance des émissions de NO_x ainsi que du ratio NO_2/NO_x. Selon ces hypothèses, le ratio en 2035 a été considéré comme égal à 42%.

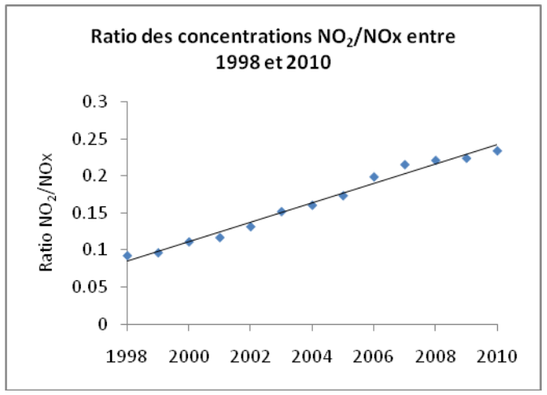


Figure 3.9-28 : Ratio des concentrations NO_2/NO_x, une fois les teneurs de fond retranchées, en moyenne sur les stations de proximité au trafic routier en Ile-de-France de 1998 à 2010. Source : Evaluation des impacts du PDUIF sur la qualité de l'air et les émissions de GES en 2020, AirParif, 2011

Exposition des franciliens et dépassement des valeurs limites.

Il y a plusieurs manières d'étudier l'exposition des habitants aux polluants atmosphériques.

Tout d'abord nous avons calculé l'Indice Pollution Population (IPP) pour les concentrations de polluants issus du trafic routier. L'IPP est un indicateur de l'impact du projet sur l'exposition de la population. Il est calculé de la manière suivante :

$$IPP = \sum_i CC_i \; x \; Population_i$$

avec - CC_i la concentration de polluant de la maille i ;
- - $Population_i$ le nombre d'habitants de la maille i.

Un IPP élevé correspond donc à une exposition plus importante des habitants.

Le calcul de l'IPP nécessite de connaître, en plus des concentrations de polluants, le nombre d'habitants présents dans chaque maille. Pour ce faire, la population estimée pour 2035 selon les hypothèses hautes et basses a été répartie par commune de manière uniforme sur les zones urbanisées.

L'IPP a ensuite été calculé pour les PM_{10}, le NO_2 et le benzène issus du trafic routier sur chaque maille de 100m x 100m et sommé sur l'entièreté de l'Ile-de-France. Les résultats calculés en situation de référence et en situation de projet sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-4 : Indice Pollution Population (IPP) pour les PM10, le NO2 et le benzène, tous trois issus du trafic routier uniquement à l'horizon 2035 selon les différentes hypothèses et les différents scénarios.

Hypothèses	Scénarios	PM_{10}	NO_2	Benzène
		µg/m³ . pers	µg/m³ . pers	µg/m³ . pers
Hypothèses basses	Référence	5705591	17521890	745488
	Projet	5620017	17167278	731399
	Projet – référence	-85574 (-1.5%)	-354612 (-2.0%)	-14089 (-1.9%)
Hypothèses hautes	Référence	5831896	18073752	770105.8
	Projet	5738311	17682644	754241
	Projet – référence	-93585 (-1.6%)	-391108 (-2.2%)	-15865 (-2.1%)

Les résultats montrent donc que le projet entraîne une réduction de l'exposition des franciliens aux trois polluants étudiés. L'IPP en situation de projet est en effet inférieure de 1.6%, 2.2% et 2.1% en situation de projet qu'en situation de référence pour les PM_{10}, le NO_2 et le benzène, respectivement.

Afin d'étudier l'impact du projet sur les zones où les concentrations moyennes annuelles de polluants dépassent les valeurs limites, les concentrations issues du trafic routier ont également été additionnées aux concentrations prévisionnelles de fond. Ces concentrations de fond ont été reprises du travail réalisé par AirParif dans le cadre du travail réalisé sur le projet de Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA). Ces concentrations ont été évaluées à l'horizon 2020 et non à l'horizon 2035. Cependant, à défaut d'avoir des données prospectives à des horizons plus lointains, nous avons considérés les concentrations de fond comme constantes entre 2020 et l'horizon de l'étude d'impact de 2035.

L'analyse des concentrations moyennes annuelles globales a permis de quantifier les surfaces pour lesquelles les normes seront encore potentiellement dépassées à l'horizon 2035 et selon les différents scénarios. Ces surfaces sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-5 : Surfaces subissant un dépassement des normes de concentrations moyennes annuelles de NO_2 et PM10 à l'horizon 2035 selon les différentes hypothèses et les différents scénarios.

Hypothèses	Scénarios	PM_{10}		NO_2
		>30µg/m³	>40µg/m³	>40µg/m³
Hypothèses basses	Référence	14.8 km²	< 1 km²	20.9 km²
	Projet	14.5 km²	< 1 km²	20.1 km²
	Projet-référence	-0.3 km²	< 1 km²	-0.7 km²
Hypothèses hautes	Référence	14.4 km²	< 1 km²	19.5 km²
	Projet	14.1 km²	< 1 km²	18.8 km²
	Projet-référence	-0.3 km²	< 1 km²	-0.7 km²

Ces résultats montrent que les concentrations de NO_2 restent généralement supérieures à leur valeur limite de 40µg/m³ sur une vingtaine de km² du territoire de l'Ile-de-France presque exclusivement le long des grands axes routiers. L'effet du projet est relativement modéré et correspond à une réduction de 0.7 km² des surfaces dépassant la valeur limite.

Les concentrations de PM_{10} ne dépassent, par contre, pratiquement plus leur valeur limite de 40 µg/m³. L'objectif de qualité de 30 µg/m³ reste dépassé sur une surface d'approximativement 14 km². L'impact du projet est également modéré et correspond à une diminution de 0.3 km² des surfaces dépassant l'objectif de qualité.

Finalement la population concernée par les zones dépassant les normes de qualités de l'air à été évaluée afin de quantifier l'impact du projet sur l'exposition des franciliens aux polluants atmosphériques.

Pour ce faire, la population estimée pour 2035 selon les hypothèses hautes et basses a été répartie par commune de manière uniforme sur les zones urbanisées. Les zones où les objectifs de qualités sont dépassés ont ensuite été croisées avec les zones urbanisées afin d'estimer le nombre de personnes potentiellement exposées aux dépassements de seuils. Les résultats sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-6 : Nombre de personnes potentiellement concernées par les zones où les concentrations moyennes annuelles dépassent l'objectif de qualité (PM_{10} > 30µg/m³) ou la valeur limite (NO_2>40µg/m³). Les habitants des communes ont été répartis uniformément sur les zones urbanisées de la commune.

Hypothèses	Scénarios	PM_{10} (>30µg/m³)	NO_2 (>40µg/m³)
		Nombre de personnes potentiellement exposées	
Bas	Référence	198 826	257 189
	Projet	195 765	250 823
	Projet - référence	-3061 (-1.5%)	-6366 (-2.5%)
Haut	Référence	205 231	272 381
	Projet	202 445	265 561
	Projet - référence	-2786 (-1.4%)	-6820 (-2.5%)

Les résultats révèlent que le nombre de personnes potentiellement concernées par un dépassement de la valeur objectif de qualité des PM_{10} s'élève à approximativement 200 000. Le nombre de personnes potentiellement exposées à un dépassement de la valeur limite du NO_2 s'élève, quant à lui, à approximativement 250 000 à 270 000.

En ce qui concerne l'impact du projet sur la population potentiellement exposée aux dépassements de seuils, les résultats montre un effet positif mais assez modéré compris entre -1.4% et -1.5% pour les PM10 et de -2.5% pour le NO_2.

Emissions en phase chantier

Le chantier du Grand Paris Express aura un impact sur la mobilité en Ile-de-France principalement à cause du charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures.

Actuellement, le transport routier constitue le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Ce mode de

transport est également le plus accessible et le plus simple à mettre en œuvre, mais devient de moins en moins avantageux d'un point de vue financier, faute d'une augmentation significative du prix des carburants depuis plusieurs années. 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 au développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de dioxyde de carbone et de gaz à effet de serre. Outre le bilan carbone défavorable à ce mode de transport, les nuisances générées (augmentation du trafic et bruit) peuvent constituer des facteurs limitant, notamment pour les horaires de fonctionnement. Globalement, si l'ensemble du transport de déblais était effectué par camions, sur la base de 20 millions de tonnes de déblais et de 25 tonnes transportées par camion, le nombre de camions nécessaires s'élèverait à 800 000[65], répartis sur l'Ile-de-France pendant la phase construction (2013-2024)

Evaluer les distances parcourues par ces camions est difficile à ce stade de l'étude et dépendra des choix retenus quant au transport (uniquement route ? transport fluvial privilégié ? …) et à la destination des déblais. Prenons une distance moyenne pour quitter l'Ile-de-France de 50km, soit 100km aller-retour, et un véhicule circulant en moyenne à 30km/h (situation la plus néfaste).

Les 800 000 camions, répartis également sur les 11 années de construction émettront, en plus par année, moins de 0,05% des émissions de la situation de référence. Comparées aux gains obtenus sur le réseau routier par la mise en service de l'infrastructure du transport, ces émissions représentent entre 2-3% des gains (PM_{10}, NO_x et CO) et moins de 1% des gains pour les autres polluants (0,4% pour les COVNM, moins de 0 ,005% pour le Cadmium, le Nickel et le benzène).

D'un point de vue qualité de l'air, l'impact des camions nécessaires à la phase de chantier sont négligeables par rapport aux gains apportés par le projet.

3.9.1.4 Conclusions

Le projet Grand Paris Express contribue donc à l'amélioration de la qualité de l'air en Ile-de-France. Globalement, le projet permet une réduction de -1.4% à -2% des émissions de particules fines (<10µm), NO_x, COVNM, benzène, nickel et cadmium selon les scénarios. En ce qui concerne les concentrations de particules fines de NO_2, ces diminutions ne permettent de réduire que de manière limitée les zones subissant un dépassement des normes annuelles (-0.7 km² pour les zones où NO_2 > 40 µg/m³ et -0.3 km² pour les zones où PM_{10}> 30 µg/m³).

3.9.2 Energie

Dans le cadre d'une évaluation environnementale des projets d'infrastructures de transport, le Code de l'Environnement prévoit la réalisation d'une « évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraine ou permet d'éviter ». Cette démarche se limite donc à la phase de fonctionnement de l'infrastructure et consiste principalement à comparer les besoins énergétiques du métro en fonctionnement et les besoins énergétiques des autres modes de transport, principalement le transport routier. Les besoins énergétiques nécessaires à la construction de l'infrastructure ainsi que ceux induits indirectement notamment au travers des impacts sur le développement territorial ne seront donc pas étudiés dans ce chapitre. Ils seront, en revanche, étudiés en détails dans la partie Climat qui évalue le bilan des émissions de gaz à effet de serre du projet.

[65] Etude des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du métro du Grand Paris

3.9.2.1 Rappel des objectifs réglementaires

L'Etat s'est engagé au Grenelle de l'environnement à mettre en œuvre des mesures qui permettront de diminuer de 2 % par an l'intensité énergétique (rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB) dès 2015 et de 2,5 % par an dès 2030.

3.9.2.2 Méthodologie

L'objectif est de comparer les besoins en énergie propres au fonctionnement du métro et les gains réalisés au niveau du trafic routier.

- Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de l'énergie de traction,des systèmes nécessaires à l'exploitation, 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.

Les différentes consommations énergétiques sont exprimées en tonnes équivalent pétrole afin de pouvoir comparer les sources d'énergie. Les consommations ont été calculées à l'horizon 2035, en situation de référence et de projet.

Besoins propres du métro

Les besoins propres au fonctionnement du métro correspondent principalement à l'énergie de traction et à l'énergie utilisée dans les bâtiments (gares et les centres de maintenance). La répartition entre ces deux postes de consommations varie selon la structure du réseau : elle est de 65/35 pour le métro parisien, et de 85/15 pour les RER RATP[66].

A ce stade de l'étude, il n'existe pas de chiffres précis concernant les besoins énergétiques du métro. Sur la base des consommations moyennes estimées du réseau de métro de la RATP et des consommations moyennes des bâtiments, il est possible d'évaluer de manière conservative quelle sera la consommation du Grand Paris Express à partir des rame-kilomètres[67] parcourus (pour connaitre le besoin énergétique de la traction), et des surfaces prévisionnelles des gares et des locaux techniques (afin de connaitre les besoins en chauffage et électricité).

Hypothèses concernant les 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 rames 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) ;

[66] Sources : communication personnelle RATP-SGP 2010
[67] 1 rame kilomètre est le parcours d'une rame sur 1 km

- 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.

Lors du développement de l'outil destiné à évaluer les émissions de GES liées au projet Grand Paris Express, une méthodologie simplifiée a été établie pour évaluer la consommation énergétique des rames sur base des données suivantes :

- Le nombre de places offertes par rame, qui permet de définir la longueur de la rame.
- Le nombre de rame-kilomètres parcourus.
- Le type de roulement, pneumatique ou fer et l'utilisation ou non de technologies avancées de récupération de l'énergie au freinage.

Le facteur de consommation (Wh/voy.km) moyen a été défini sur base des consommations de la RATP[68] et comparé avec la consommation des métros de Londres et de Bruxelles. La valeur correspond donc à une moyenne pour l'ensemble du réseau qui intègre l'utilisation de technologies plus anciennes et dépensières en énergie. Les données concernant le nombre de places offertes ont été obtenues dans le *Schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris* et le nombre de rames.km parcourus a été établi dans le cadre d'une étude d'exploitation[69].

Hypothèses concernant les besoins des bâtiments

Les besoins des bâtiments correspondent principalement à l'électricité nécessaire à leur fonctionnement (éclairage, informatique, panneaux lumineux,…) et 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 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 électricité ont été calculés sur base des surfaces des gares futures grâce à un facteur de consommation de 167 kWh/m²/an[70]. La consommation énergétique nécessaire pour le chauffage des bâtiments a également été calculée à partir des surfaces des bâtiments. Une distinction a cependant été faite entre les bâtiments aériens et considérés comme chauffés et ceux construits en souterrain considérés comme non chauffés (l'énergie du sous-sol permet généralement à ces espaces de rester à une température acceptable). La consommation moyenne dédiée au chauffage des bâtiments a été évaluée à 126 kWh/m²/an[71]. Ces chiffres, issus de l'ADEME, correspondent relativement bien aux consommations des gares du métro Coréen[72].

Les surfaces moyennes des gares ont été définies sur base d'une gare « type » telle que présentée dans l'étude *Proposition de concept de la gare de demain* (RATP, juin 2010). Par ailleurs, 90% des gares ont été considérées comme souterraines.

Les surfaces dédiées aux locaux techniques (sites de maintenance et de remisage des trains, sites de dépannage rapide des trains et sites de maintenance des infrastructures) ont été définies sur base du *Schéma d'ensemble du réseau de transport du Grand Paris*. La surface totale a, par ailleurs, été réajustée pour allouer des bâtiments à la ligne orange. L'emprise au sol a été considérée comme bâtie sur 50% de sa surface. Les surfaces bâties ont quant à elles été considérées comme chauffées sur la moitié de leur surface.

[68] Pour plus d'informations, se référer à Définition d'une méthodologie pour l'estimation des émissions et consommations de CO_2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris, phase 2 : Identification des valeurs de référence en téq CO2 pour les différents postes et élaboration de l'outil de calcul des bilans.
[69] Communication SGP 2012
[70] Guide des facteurs d'émissions, V6.1, ADEME, 2010.
[71] Guide des facteurs d'émissions, V6.1, ADEME, 2010.
[72] Pour plus d'informations, se référer à Définition d'une méthodologie pour l'estimation des émissions et consommations de CO_2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris, phase 2 : Identification des valeurs de référence en téq CO2 pour les différents postes et élaboration de l'outil de calcul des bilans.

Circulation routière

Le projet Grand Paris Express, par le report modal de la route vers les transports en commun, permet la réduction des consommations des véhicules routiers par deux processus distincts :

- 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 ;

- La diminution du nombre de véhicules circulant sur la route permet de réduire la congestion et donc d'accélérer les vitesses moyennes. Comme nous le verrons sur les courbes consommation/vitesse, ce phénomène permet généralement de réduire les consommations moyennes (excepté sur les axes très rapides où une augmentation des vitesses peut induire une augmentation de la consommation).

Les modélisations du trafic à l'horizon 2035 ont été réalisées grâce au modèle MODUS de la DRIEA, couplées avec les courbes de consommation de carburant en fonction de la vitesse obtenues par COPERT IV. Ces dernières ont été corrigées afin de prendre en compte l'évolution des objectifs réglementaires (Grenelle) ainsi que les estimations de l'INRETS[73].

Consommation moyenne des véhicules en fonction de la vitesse

Comme le montre le graph ci-dessous, la consommation des véhicules est fonction de la vitesse. Le graph représente les courbes de consommation en fonction de la vitesse pour un véhicule moyen du parc automobile de 2005, 2025 et 2035.

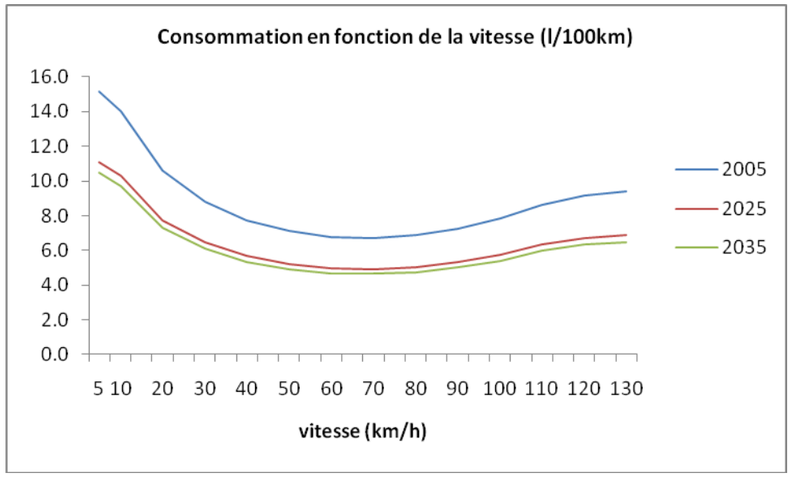


Figure 3.9-29 : Consommation moyenne des VL en fonction de la vitesse (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV pour 2005, mars 2012 ; 2025 et 2035 : projection STRATEC).

[73] Directives et facteurs agrégés des véhicules routiers en France de 1970 à 2025

Ces courbes de consommation ont été obtenues en couplant les résultats du modèle COPERT IV et les améliorations technologiques en cours et des objectifs du Grenelle pour 2050. Selon ces objectifs, la consommation des VL devra, en effet, diminuer de 27% et 31% pour 2025 et 2035 par rapport à 2005.

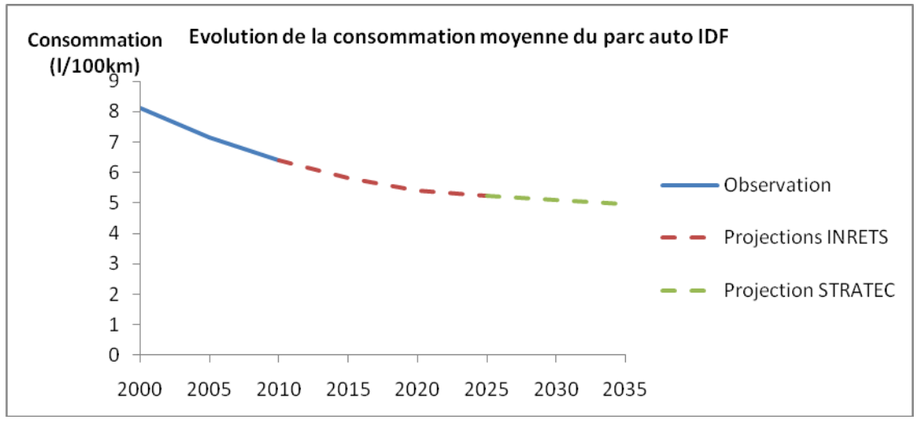


Figure 3.9-30 : Evolution de la consommation moyenne du parc auto en IDF : 2000-2010 : Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement, observations et statistiques, La consommation d'énergie et les émissions polluantes liées aux déplacements, http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr, 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.

Concernant les poids lourds, la consommation moyenne augmente légèrement car le parc change, avec une tendance vers des véhicules de tonnage plus important. D'après l'INRETS, cette consommation augmente jusqu'en 2025 pour atteindre 4.8% de plus qu'en 2005, valeur gardée constante pour 2035.

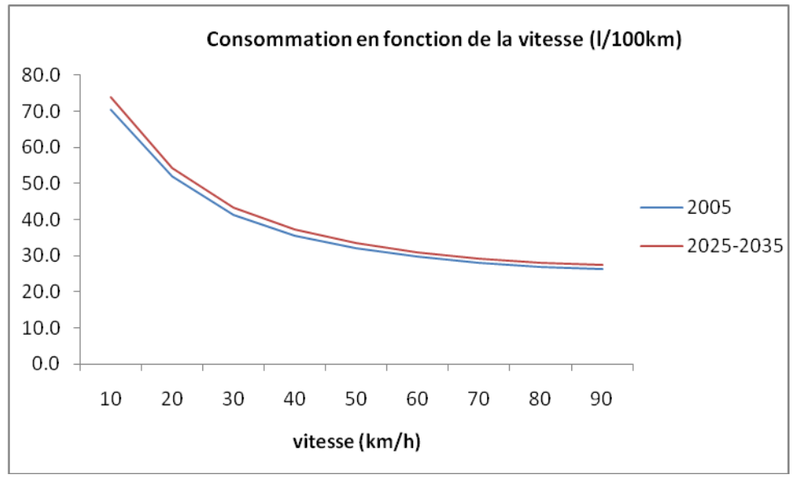


Figure 3.9-31 : Consommation moyenne des PL en fonction de la vitesse (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV, mars 2012).

3.9.2.3 Résultats

Besoins propres du métro

Les besoins énergétiques liés à la traction

Les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ils tiennent compte du type de roulement, des choix technologiques (deux situations ont été simulées, une tenant compte de l'utilisation de technologies avancées de récupération de l'énergie et ne tenant pas compte de ces technologies), du nombre de places offertes ainsi que des distances parcourues par les rames.

Tableau 3.9-7 : Caractéristiques et consommation énergétique de traction des différentes lignes

	Roulement	Nombre de places offertes	Rame.km /an	Consommation annuelle techno. avancée (tep)	Consommation annuelle techno. standard (tep)
Ligne verte	Fer	250	10 700 000	3 115	4 154
Ligne rouge	Fer	1000	22 100 000	25 736	34 315
Ligne bleue	Pneumatique	960	9 800 000	12 889	17 186
Ligne orange[74]	Fer	960	8 900 000	9 950	13 266
Total (tep)				51 691	68 926

La consommation énergétique nécessaire à la traction du métro a ainsi été calculée pour chaque ligne et chaque année à partir de sa mise en service. Les consommations cumulées au cours du temps sont présentées dans la figure ci-dessous. La différence de consommation entre les lignes est à mettre en relation avec leur longueur relative et la capacité des rames. Les valeurs utilisées sont celles d'une consommation utilisant une technologie avancée.

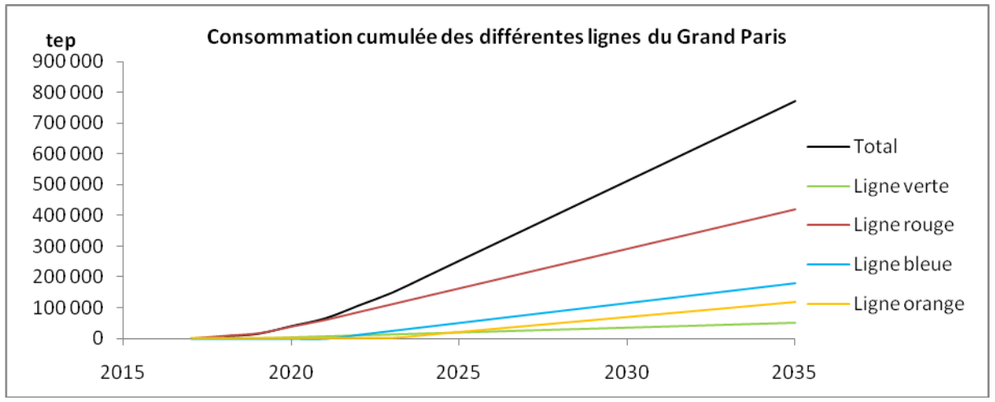


Figure 3.9-32 : Consommation énergétique (tep) des différentes lignes du Grand Paris Express.

[74] L'hypothèse a été faite que les caractéristiques de la ligne orange serait les mêmes que la ligne bleue, mis à part le type de roulement.

La ligne rouge représente approximativement 55% du total de la consommation énergétique de traction du métro, la ligne bleue correspond à 23%, la ligne orange 15% et la ligne verte 6%.

Les besoins des bâtiments

Les chiffres sont obtenus ici sur la base d'une gare type de 8100m², et pour une emprise au sol des locaux techniques de 30ha. Les consommations énergétiques des gares et des bâtiments techniques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-8 : Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques

	Gares		Bâtiments techniques	
Consommation électricité (MWh et tep[75])	73 483,2	6 319,5	18 900,0	1625,4
Consommation chauffage (MWh et tep)	9 739,4	749,9	12 525,0	964,4

A nouveau, les besoins énergétiques ont été calculés pour chaque année à partir de la mise en service des gares et cumulés au cours du temps dans le graph présenté ci-dessous. Le nombre de gares en service a été considéré comme suit : 16 en 2018, 45 en 2020, 60 en 2022 et 72 en 2024.

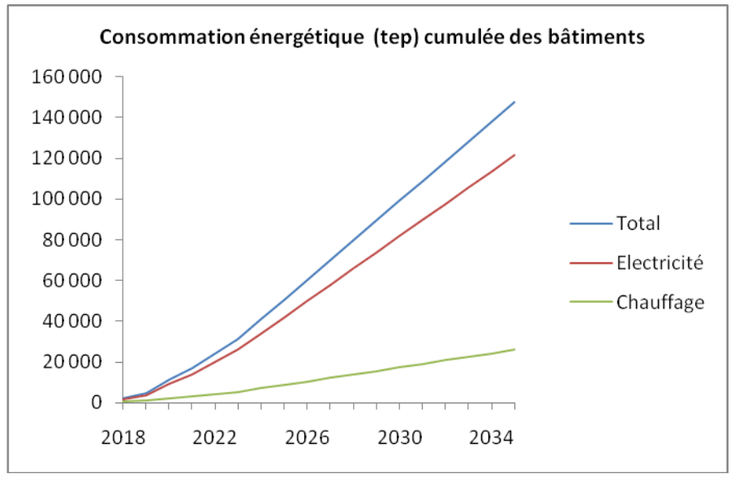


Figure 3.9-33 : Consommation énergétique (tep) cumulée au sein du fonctionnement des bâtiments.

Le ratio énergie de traction / énergie des bâtiments est donc proche de celui de la RATP puisqu'il est, pour l'année 2035, de 84% pour la traction et 16% pour les bâtiments.

Circulation routière

La données de trafic routier (flux et vitesses) issues du modèle MODUS de la DRIEA, couplées avec les courbes de consommation en fonction de la vitesse nous permettent d'obtenir la consommation totale du trafic routier selon les différents scénarios. Les gains ont ainsi été évalués en calculant les différences de consommations entre la situation de référence et la situation de projet aux horizons 2025 et 2035. Les gains annuels sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-9 : Détails des gains énergétiques (tep) liés à la circulation

	2025		2035	
	Hyp. basse	Hyp. haute	Hyp. basse	Hyp. haute
Gains sur les distances parcourues VL (tep)	78.094	80.200	51.714	56.481
Gains sur l'augmentation de la vitesse VL (tep)	24.577	27.035	20.567	23.858
Gains sur l'augmentation de la vitesse PL (tep)	7.637	8.075	5.144	5.557
Total (tep)	110.309	115.309	77.424	85.895

Les gains totaux se situent donc entre 77 000 et 115 000 tep par an selon les scénarios et l'horizon de temps. Les proportions des différentes origines des gains dans le total sont représentées dans le graph ci-après :

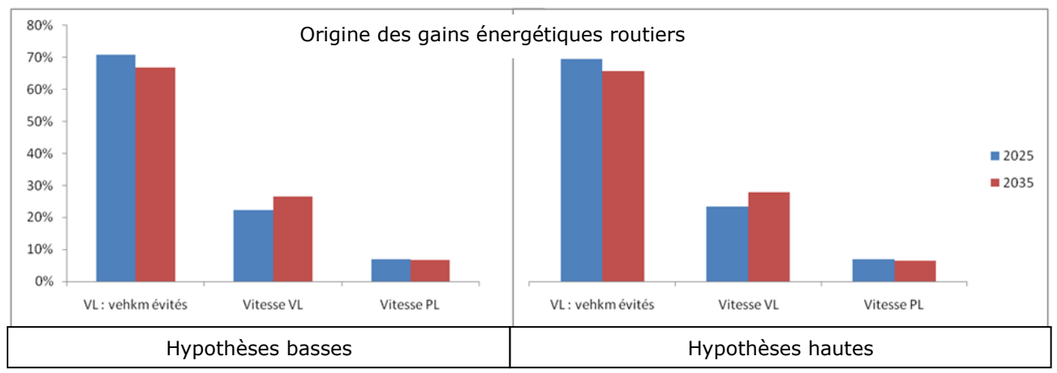


Figure 3.9-34 : Origine des gains énergétiques routiers, 2025, 2035, selon les hypothèses basses et hautes

En 2035 selon les scénarios tenant compte des hypothèses « basses » de population et d'emploi, la baisse des distances parcourues suite à l'arrivée du réseau de métro automatique est à l'origine de 67% des gains de consommation. L'augmentation des vitesses des véhicules légers sur le réseau routier représente quant à elle 27% des gains et celle des poids lourds représente 6% des gains.

Les hypothèses n'influencent que peu les résultats puisqu'en 2035 selon les hypothèses « hautes » de population et d'emploi, la diminution des distances parcourues est à l'origine de 66% des gains tandis que l'augmentation des vitesses des véhicules légers et des poids lourds est à l'origine de 28% et 6% des gains, respectivement.

Les graphs ci-dessous représentent les consommations évitées cumulées au cours du temps. Les calculs pour chaque année ont été réalisés en considérant que les gains avant la mise en service de

[75] 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

tout le réseau seraient proportionnels au nombre de km du réseau de métro en fonctionnement et que l'évolution des gains entre 2025 et 2035 serait linéaire.

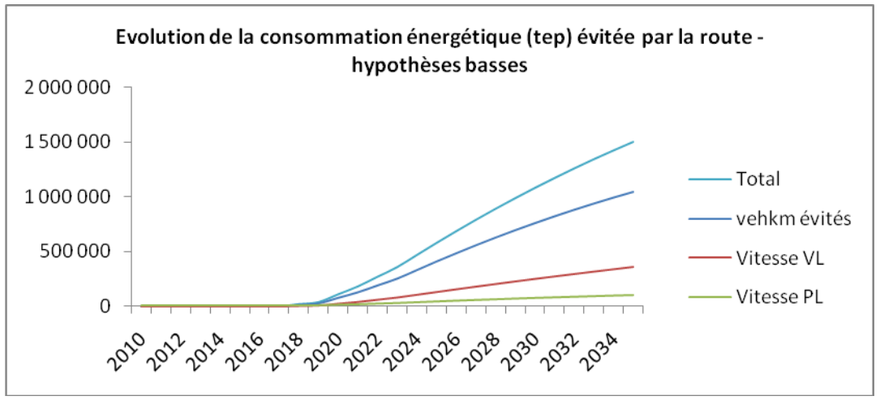


Figure 3.9-35 : Evolution de la consommation énergétique (tep) cumulée évitée par la route, en hypothèses basses

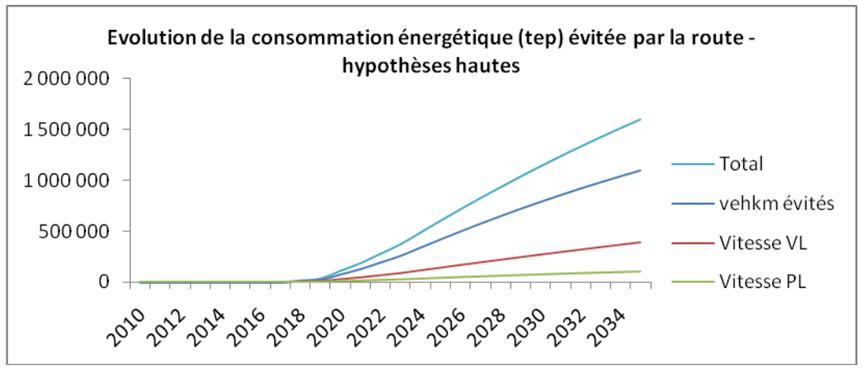


Figure 3.9-36 : Evolution de la consommation énergétique (tep) évitée par la route, en hypothèses hautes

Dans le graph ci-dessous (Figure 3.9-37), les gains totaux au cours du temps selon les scénarios d'hypothèses de population et d'emploi « hautes » et « basses » ont été comparés. Le graph montre les gains légèrement plus importants dans le cas du scénario d'hypothèses « hautes » (1 600 000 tep évitées contre 1 500 000 en hypothèses basses).

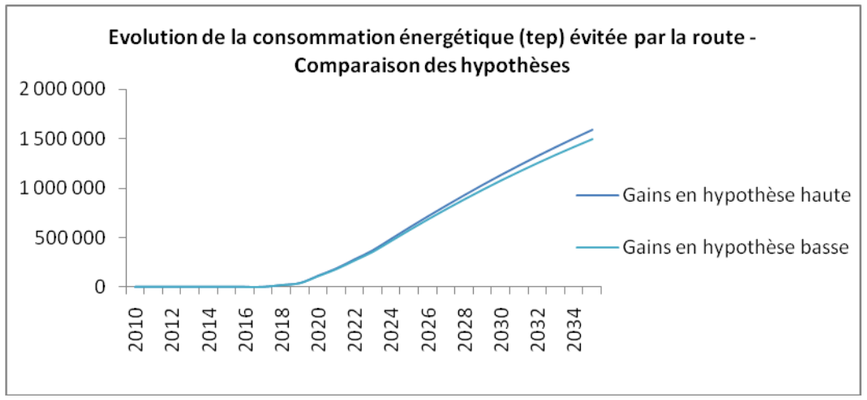


Figure 3.9-37 : Comparaison de la consommation énergétique (tep) évitée par la route selon les hypothèses

Les gains énergétiques apportés sur le réseau routier par la baisse de la distance parcourue ainsi que la modification des vitesses s'élèvent entre 77 000 et 115 000 tep par an selon les scénarios et l'horizon de temps. Au total le métro permettra ainsi de réduire de 1 500 000 à 1 600 000 tep les consommations du réseau routier à l'horizon 2035.

3.9.2.4 Impacts

D'un point de vue global, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 3.9-10 : Bilan des postes énergétiques en 2035, en tep

Tep (annuel)	Traction	Chauffage des bâtiments	Electricité des bâtiments	Circulation 2035 (consommation évitée en tep)			Total 2035
				Km évités VL	Conso VL (vitesse)	Conso PL (vitesse)	
Hypothèses basses	51 691	1 714	7 945	51 714	20 567	5 144	-16 075
Hypothèses hautes				56 481	23 858	5 557	-24 546

Au total, le projet permet donc pour l'année 2035 de réduire la consommation énergétique des transports de 16 000 tep par an selon le scénario d'hypothèses « basses » et 24 500 tep selon le scénario d'hypothèses hautes.

En 2035, le bilan énergétique annuel se répartit donc de la manière suivante :

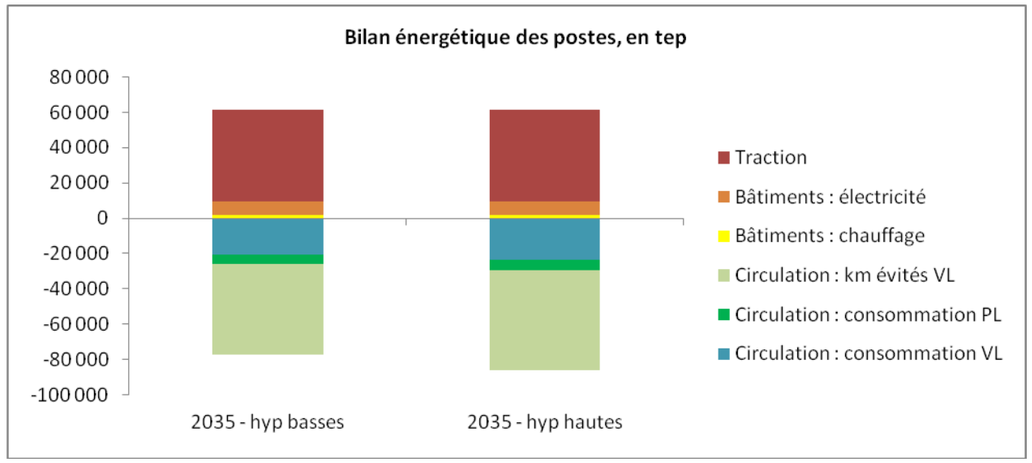


Figure 3.9-38 : Bilan énergétique des postes principaux en 2035

L'évolution du bilan énergétique du projet au cours du temps est représentée dans les graphs ci-dessous. On note que le projet est bénéfique d'un point de vue énergétique dès la mise en service des premiers tronçons. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.

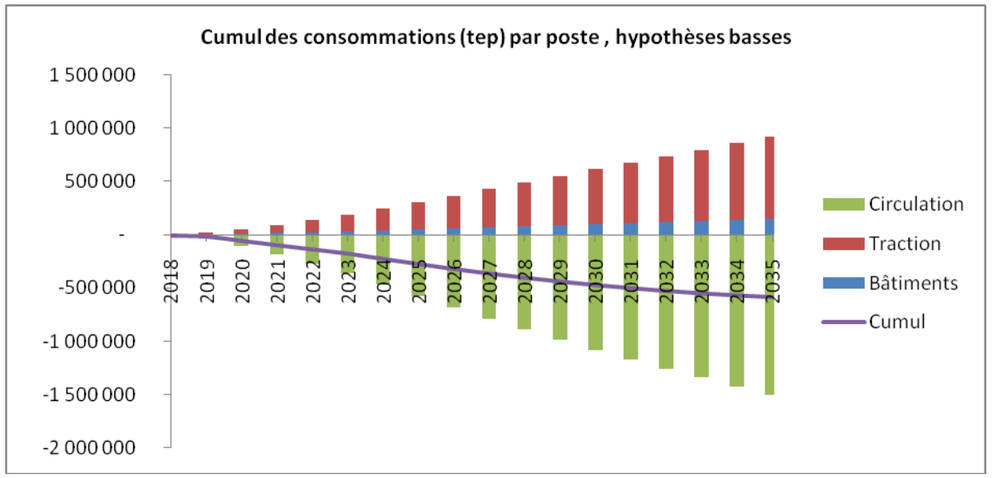


Figure 3.9-39 : Consommations énergétiques cumulées par poste en hypothèse basse

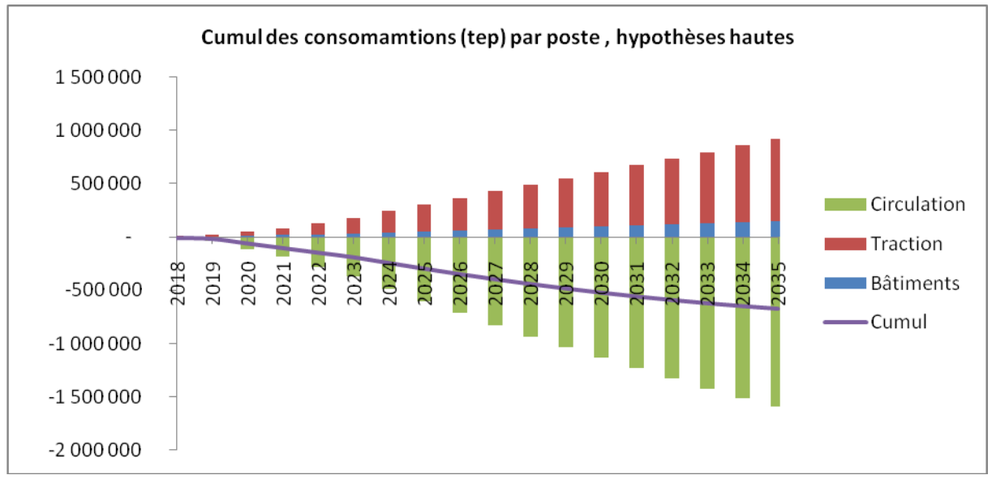


Figure 3.9-40 : Consommations énergétiques cumulées par poste en hypothèse haute

Au total en 2035, ce sont entre 621 000 et 716 000 tep consommés en moins en situation de projet qu'en situation de référence.

Effet des migrations sur les consommations énergétiques

De manière similaire à ce qui avait été fait dans le cadre de la partie Air, les scénarios utilisés dans l'analyse précédente se basent sur des hypothèses de population et d'emploi constantes avec et sans projet. Cette analyse permet d'apprécier les effets du projet sur les consommations énergétiques sans y inclure l'impact des migrations entre l'Ile-de-France et le reste du territoire (analyse à population et emploi constants à l'échelle de l'Ile-de-France).

Or, il est prévu que le projet génère un accroissement de la population et de l'emploi en Ile-de-France entraînant une diminution supplémentaire de 24 300 véh.km en France selon les hypothèses basses, et une diminution de 111 400 véh.km selon les hypothèses hautes (voir § sur la mobilité pour plus de détails).

De manière similaire à ce qui a été observé pour les émissions de polluants dans la partie relative à l'air, la consommation de carburant moyenne d'un véhicule circulant en centre ville est supérieure à celle d'un véhicule circulant en banlieue ou en zone rurale. Ainsi, selon l'ADEME, le facteur d'émission de l'utilisation de la voiture pour les déplacements domicile-travail (intrinsèquement lié à la consommation de carburant) est de 256 géq CO_2/km pour une personne résidant en France, de 326 géq CO_2/km pour une personne résidant en banlieue urbaine d'IdF et de 354 géq CO_2/km pour une personne résidant dans le centre de Paris[76].

En tenant compte d'une vitesse moyenne[77] des parcours en voiture d'approximativement 30km/h en banlieue parisienne et dans le centre de Paris contre 45 km/h en couronne périurbaine[78], nous avons calculé les consommations moyennes à l'horizon 2035. Cette analyse révèle une consommation moyenne de 6.23 l/100km en banlieue et dans le centre contre 5.01l/100km en couronne périurbaine. Ces consommations moyennes ont permis de calculer les consommations de

[76] Guide des facteurs d'émissions, V6.1, ADEME, 2010
[77] L'enquête nationale transports et déplacements
[78] ENTD 2008 SOeS-Insee-Ifsttar, dans La Revue du CGDD, Urbanisation et consommation de l'esapce, une question de mesure, CGDD, 2012

carburant réalisées par ces migrants dans le cas où ils seraient restés en province et lorsqu'ils auront migré en Ile-de-France. Ces résultats sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.9-11 : Consommation de carburant des migrants à l'HPM en 2035 s'ils étaient restés en province et lorsqu'ils ont migré vers l'IdF.

Consommation de carburant à l'HPM en 2035 (tep)	S'ils, étaient restés en province	En ayant migré vers l'Ile-de-France	Différence
Hyp. Basses	4.38	4.34	- 0.04 (-0.81%)
Hyp. Hautes	20.05	19.89	- 0.16 (-0.81%)

Les résultats montrent que les gains sont très faible (inférieurs à 1% de la consommation initiale). En effet, la diminution des distances parcourues est compensée pratiquement entièrement par l'augmentation de la consommation moyenne causée par le passage d'une circulation périurbaine à une circulation urbaine. Les migrations n'auront donc qu'un impact très modéré sur les consommations énergétiques.

3.9.3 Climat

La partie « Climat » étudie l'impact du projet Grand Paris Express sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui induisent les changements climatiques. 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 Grand Paris Express peut causer. La méthodologie est synthétisée brièvement ci-dessous. Pour plus de détails nous renvoyons le lecteur vers le rapport détaillé spécifique à cette méthodologie (*Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de CO_2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris*) qui est disponible en annexe 1 du dossier de DUP.

3.9.3.1 Méthodologie globale

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.

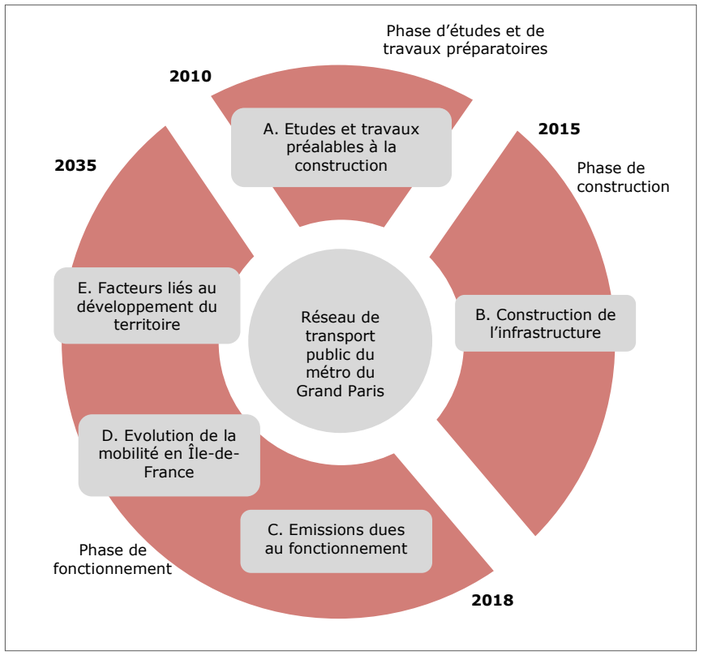


Figure 3.9-41 : Principales catégories de postes d'émissions en fonction des différentes phases de réalisation du projet

3.9.3.2 Méthodologie et résultats par thématique

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-économiques, les études d'incidences environnementales, les débats et enquêtes publics, les études géotechniques, les études de génie civil, etc. L'initiation et le suivi du projet nécessitent également un important travail de gouvernance.

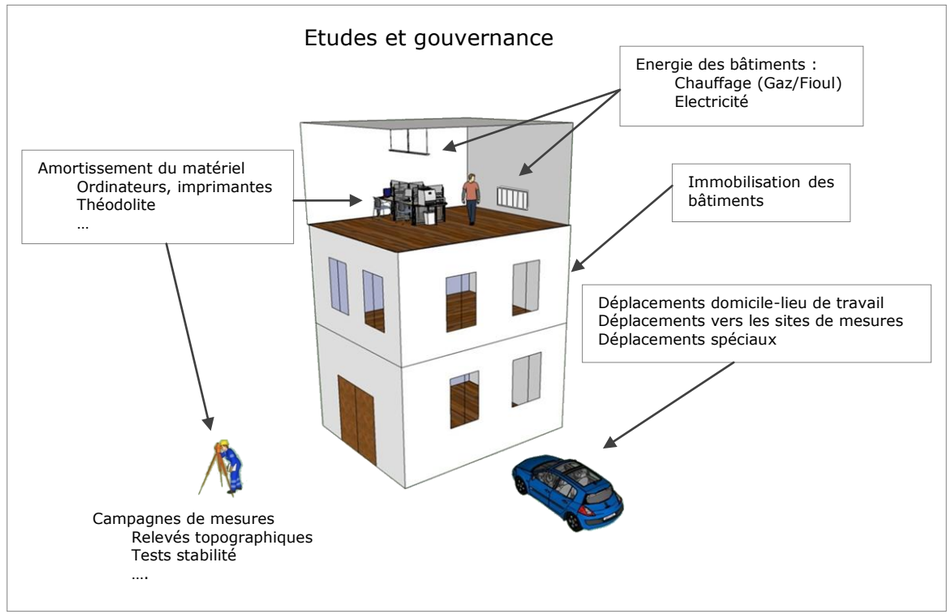


Figure 3.9-42 : Représentation des postes d'émissions lors de la phase d'études et de travaux préalables. Source : Stratec.

Les émissions prises en compte sont les déplacements des employés, l'énergie consommée par les bâtiments, l'amortissement du matériel, l'immobilisation des bâtiments, etc.

La majorité des études et travaux préparatoires induits par le projet sont indispensables à sa réalisation tant du point de vue de sa faisabilité (il n'est pas possible de construire une infrastructure de transport sans en avoir des plans détaillés) que du point de vue du respect de la législation (les différentes études d'impacts, et les débats et enquêtes publiques sont obligatoires pour l'obtention de la permission de construire l'infrastructure). Les émissions induites par les études et travaux préalables sont donc relativement fixes et ne seront donc que peu influencées par des facteurs extérieurs.

Les estimations les plus à jour des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance ont permis d'évaluer les émissions à 146 600 téq CO_2. Ces émissions sont distribuées sur la période 2010-2024 selon la répartition estimée du budget des études préalables :

- 3 à 4% du budget total par an de 2010 à 2012 et de 2020 à 2024, alloué par exemple aux activités de pilotage, études de faisabilité, études d'impacts…

- 10% entre 2013 et 2019, représentant les années de pleine activité concernant les études préalables (maitrise d'œuvre, maitrise d'ouvrage…), plus conséquentes car nécessitant plus de moyens tant humains que matériels (relevés topographiques, carottage du sol…).

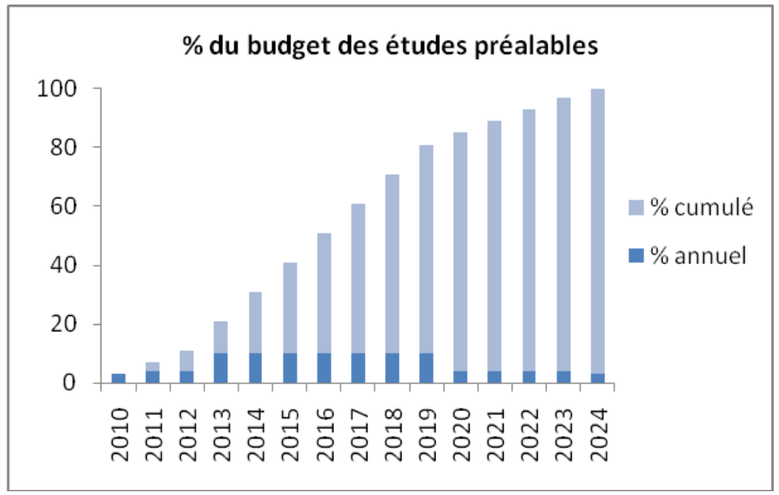


Figure 3.9-43 : Répartition du budget des études préalables

Construction de l'infrastructure

Cette partie a pour objet de présenter les résultats de la quantification des impacts en termes de gaz à effet de serre (GES) de la construction des infrastructures du Grand Paris, ainsi que du matériel roulant.

Comme cela est défini plus en détails dans le rapport méthodologique spécifique, la quantification des émissions de GES de la construction prend en compte :

- Les émissions de GES liées à l'énergie consommée par les différents outils mis en œuvre pour le creusement des tunnels, l'évacuation des déblais et la mise en place des remblais ;
- Les émissions de GES dues à la fabrication des matériaux consommés pour les différents ouvrages construits : les bétons et les ciments en part prépondérante, mais également les métaux, la chaux et les autres matériaux (ou ensemble de matériaux) tels que les ponts routiers ou ferroviaires ;
- Les émissions de GES dues aux transports des personnes travaillant sur les chantiers ainsi que celles liées au fret des matériaux consommés et des déblais ;
- Les émissions de GES liées au changement d'usage des sols.

Tout ou partie de ces émissions est calculée pour les flux suivants :

- Les tunnels par tunnelier,
- Les tranchées couvertes,
- Les ouvrages d'art aériens,
- Les sections de surface,
- Les équipements ferroviaires,
- Les bâtiments, les quais et la voirie réalisée autour des bâtiments,
- L'organisation du chantier.

Ainsi, le croisement de ces flux d'émissions et de ces flux d'activité permet une représentation matricielle des émissions de GES dont le tableau suivant, tiré de l'outil de quantification réalisé, est un exemple.

Figure 3.9-44 : flux d'émissions et flux d'activité pris en compte pour la quantification des émissions de GES liées à la construction.

		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	***10***	***0***	***0***	***0***	***10***		
tCO2e	Energie, déblais et r	2 120	0	0	0	0	2 130	0
	Bétons, ciments	165 000	0	0	0	7 010	0	0
	Métaux	0	0	0	0	15 100	0	0
	Chaux	0	0	0	0	0	0	0
	Autres matériaux	0	0	0	0	0	26 300	0
	Transport et fret	17 200	0	0	0	505	6 150	0
	Changement usage	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	**184 000**	**0**	**0**	**0**	**22 700**	**34 600**	**0**
		242 000						
	Par km de dble voie	**18 000**	**0**	**0**	**0**	**2 210**	**3 380**	**0**
	(10,245)	**23 600**						

Le périmètre couvert est le tracé au niveau global, y compris les réseaux complémentaires structurants (ligne orange). Les infrastructures dont la construction sont prises en compte sont : les voies souterraines ou aériennes, les gares ainsi que le matériel roulant.

A ce stade du projet, plusieurs variantes sont possibles pour certains tronçons. L'ensemble de celles-ci est donné dans le tableau suivant.

Tableau 3.9-12 : variantes possibles pour chacun des tronçons

	Description	Nom
Ligne rouge		
Est éloignée	P1 : tracé direct entre les gares d'Aulnay et Sevran	T1_S1
	P2 : tracé moins direct entre les gares d'Aulany et de Sevran	T1_S2
Sud est	Pas de variante (tracé Orbival)	T0_S1-est
Sud ouest	Variantes sur gares, mais tracé de référence	T0_S1-ouest
Nord ouest	Pas de donnée	T4_S1
Nord	Variante souterraine	T5_S1
	Variante mixte	T5_S2
Ligne bleue		
	T0	T3_S1
	T1	T3_S2
	T2	T3_S3
Ligne verte		
	Scénario 1	T2_S1
	Scénario 2	T2_S2
	Scénario 3	T2_S3
Réseau complémentaire structurant		
	Pas de donnée	RCS

L'ensemble de ces variantes représente 36 combinaisons possibles. Cependant, il ne nous a pas été possible d'étudier ces 36 combinaisons qui en outre présentent peu d'éléments influents en termes d'émissions de GES et singulièrement différents (à ce stade du projet et avec les informations disponibles, souvent à l'échelle macroscopique, dans les divers documents déjà réalisés) et donc peu d'intérêt à être toutes modélisées. Enfin, pour certains tronçons, des tracés de références ont déjà émergés ou été définis. Ainsi, sur les 36 combinaisons possibles, nous avons identifié et étudié neuf combinaisons qui sont données dans le tableau suivant. Elles correspondent à la prise en compte des tracés de référence pour les tronçons pour lesquels ils sont définis.

Tableau 3.9-13 : combinaisons de tronçons retenues pour la quantification des émissions de GES

N°	Tracés étudiés au niveau global
1	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S1 / T3_S1 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
2	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S1 / T3_S2 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
3	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S1 / T3_S3 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
4	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S2 / T3_S1 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
5	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S2 / T3_S2 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
6	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S2 / T3_S3 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
7	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S3 / T3_S1 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
8	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S3 / T3_S2 / T5_S2 / T4_S1 / RCS
9	T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S3 / T3_S3 / T5_S2 / T4_S1 / RCS

Méthodologie

La méthodologie utilisée pour la réalisation de la quantification des émissions de GES liées à la construction s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®. Toutefois, il a été nécessaire de créer un fichier de totalisation afin de permettre de regrouper les résultats des calculateurs utilisés au niveau tronçon. L'architecture de cet outil n'est pas décrite dans ce rapport, en revanche un des paragraphes suivants traite de l'organisation des fichiers de calcul.

Utilisation du calculateur

L'outil propose plusieurs niveaux de prise en compte des données :

- Un paramétrage général qui permet de renseigner des informations (avec un niveau de détail macroscopique) nécessaires et suffisantes pour la quantification des émissions de GES,

- Un paramétrage plus fin qui nécessite d'avoir une connaissance plus poussée du projet comme par exemple des matériaux mis en œuvre pour la construction. Ce second niveau de paramétrage permet de préciser les données génériques issues du paramétrage global et ainsi « faire coller » plus précisément la quantification des émissions de GES.

Dans le cadre de la quantification des émissions globales du tracé, et compte tenu du niveau de détail des données disponibles (voir paragraphe suivant), nous avons travaillé uniquement avec le premier niveau de paramétrage de l'outil.

Sources d'informations et données disponibles

Les informations nécessaires pour la quantification des émissions liées à la construction, avec le premier niveau de paramétrage du calculateur, sont essentiellement les suivantes :

- Longueur de voies réalisées
- Type de voies réalisées : tunnel monotube ou bitube, tracé aérien ou en tranchée ouverte, etc.

- Mode de réalisation : tranchée couverte ou tunnelier
- Superficie des gares souterraines
- Superficie des gares aériennes
- Nombre de rames de métro
- Nombre de semaines de chantier
- Nombre de personnes sur le chantier

Les deux dernières données n'ont pu être obtenues pour aucun des tronçons à l'étude. Nous avons donc dû les modéliser entièrement. Pour cela nous nous sommes basés sur l'étude Bilan Carbone® pour la LGV Rhin-Rhône ainsi que sur les paramètres de calcul de l'outil CarbOptimum®. En croisant ces deux sources d'informations et la longueur des voies construites pour les différents tronçons, il nous a été possible de déterminer un nombre de personne.mois. Le nombre de personnes sur le chantier est obtenu à partir de cette dernière donnée et des plannings des tronçons.

La plupart des autres informations se trouvent dans les rendus produits pour les différents tronçons lors des études de faisabilité. Toutefois, les documents présentent des hétérogénéités dans leur forme et dans leur contenu. Certains rapports sont complets et donnent directement les informations, d'autres renvoient à des documents annexes dans lesquels l'information diffuse a dû être recherchée.

De plus, certains tronçons ne disposent pas, au moment de la rédaction de ce document, de documents relatifs à une étude de faisabilité. C'est le cas du tronçons T4 ainsi que du réseau complémentaire structurant (ligne orange). Pour le tronçon T4, la longueur des voies a été calculée à partir de la longueur totale de la ligne rouge et des longueurs des autres tronçons la constituant. Le nombre de gares a été obtenu à partir du schéma d'ensemble du Grand Paris. Pour la ligne orange, le nombre de gares a été évalué de la même façon et la longueur du réseau a été obtenue à partir des documents du STIF disponibles.

Pour ces trois tronçons, nous avons considéré que les tunnels sont monotubes, réalisés au tunnelier, que les gares sont standards et que le dimensionnement de la charge est le même que celui du tronçon T_0.

Organisation des fichiers de calcul

Afin de rendre possible la visualisation de plusieurs combinaisons, nous avons complété un fichier de calcul pour chacune des variantes de tronçons retenues dans l'étude (cf. Tableau 3.9-12). Puis nous avons aggloméré les résultats de ces calculateurs grâce à l'outil de totalisation spécialement réalisé. Enfin, nous avons également utilisé cet outil de totalisation pour comparer les différentes combinaisons entre elles.

L'organisation des différents fichiers est présentée dans les figures ci-dessous.

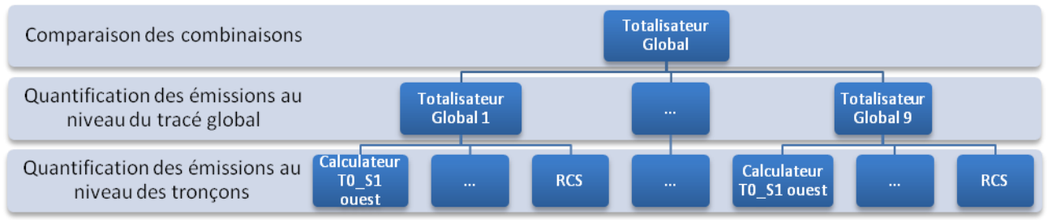


Figure 3.9-45 : organisation des fichiers au niveau global

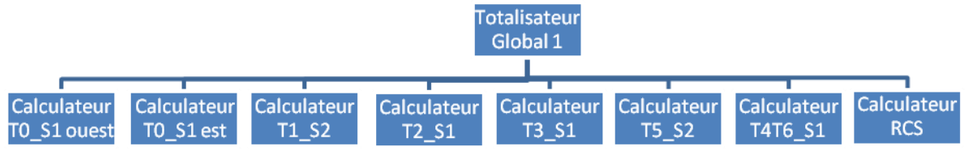


Figure 3.9-46 : organisation des fichiers par combinaison ; exemple de la combinaison 1

L'organisation des fichiers pour les autres combinaisons est identique à celle présentée dans la figure ci-dessus en modifiant les fichiers de calculateurs avec les variantes en question (cf. Tableau 3.9-12).

Résultats

Les traitements des informations collectées, telles que décrites au paragraphe « sources d'informations et données disponibles », a permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des variantes de tronçons. La concaténation de ces résultats grâce au totalisateur donne les valeurs présentées dans le tableau et la figure qui suivent.

Tableau 3.9-14 : émissions globales et par km de voie liées à la construction

Combinaison de tronçons	Emissions globales (téq CO_2)*	Emissions par km (téq CO_2/km)**
Global 1	**4 060 000**	**22 450**
Global 2	**4 030 000**	**22 490**
Global 3	**4 030 000**	**22 500**
Global 4	**4 060 000**	**22 320**
Global 5	**4 030 000**	**22 350**
Global 6	**4 020 000**	**22 360**
Global 7	**3 970 000**	**22 340**
Global 8	**3 940 000**	**22 370**
Global 9	**3 930 000**	**22 380**

* données arrondies avec 3 chiffres significatifs
** données arrondies avec 4 chiffres significatifs

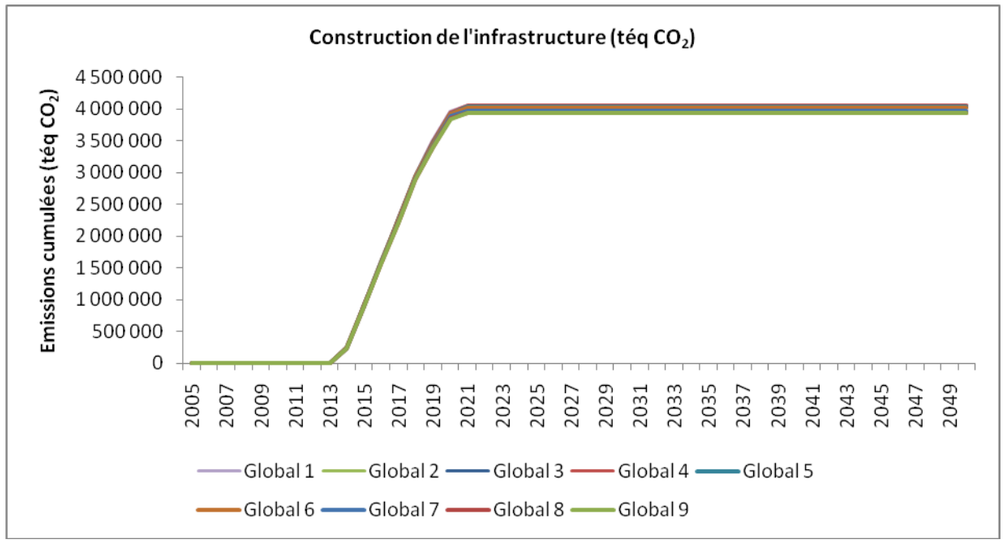


Figure 3.9-47 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes

A noter que la présentation des émissions cumulées implique que les émissions qui résultent de la période de réalisation du projet (entre 2013 et 2025) continuent à être comptabilisées après 2025, bien que le chantier de contruction du réseau du Grand Paris soit arrivé à son terme.

Afin de mieux visualiser les différentes combinaisons, la figure suivante présente une extraction des années de 2020 à 2025.

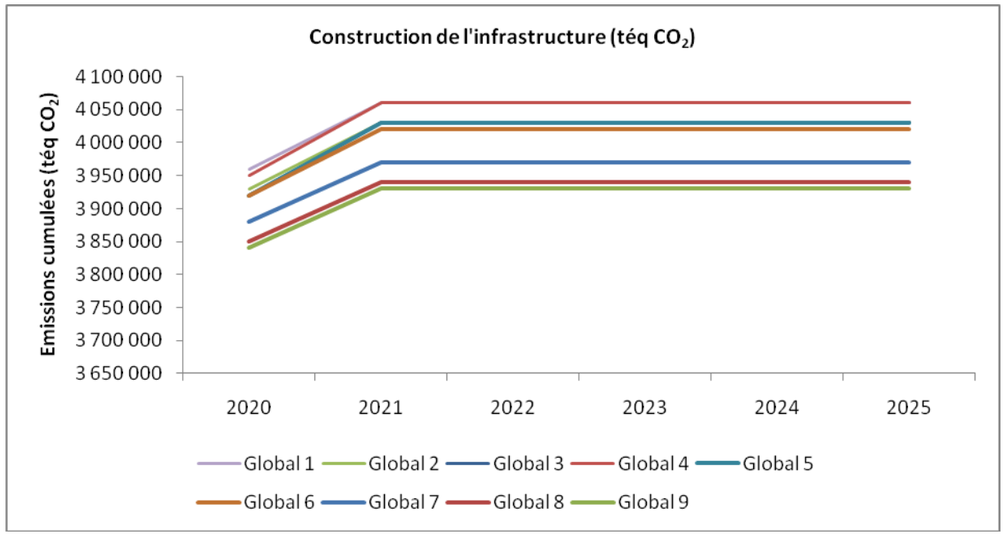


Figure 3.9-48 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes, focus sur les années 2020 à 2025

Les figures suivantes représentent les mêmes combinaisons sur les mêmes pas de temps mais pour les émissions ramenées au km de voies construites.

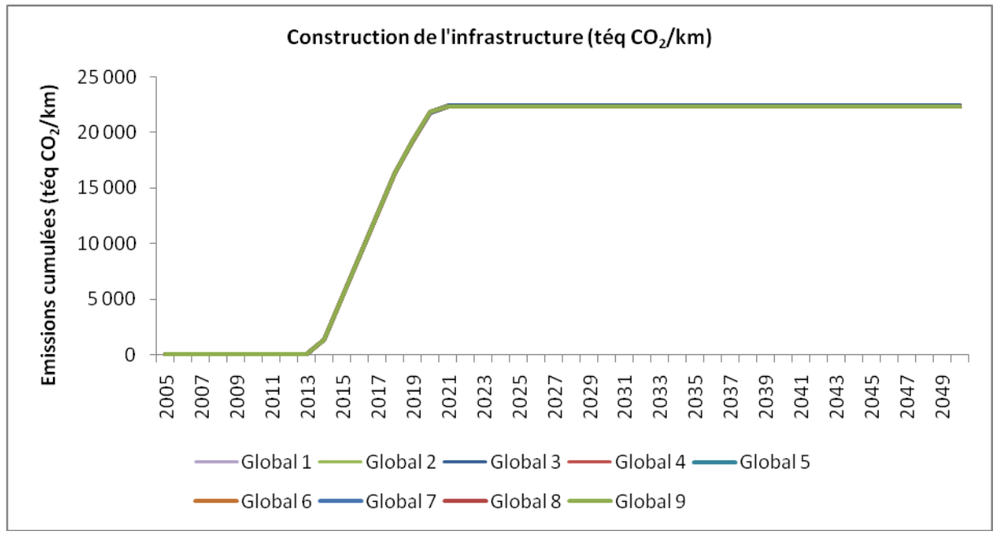


Figure 3.9-49 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes ramenées au km de voie

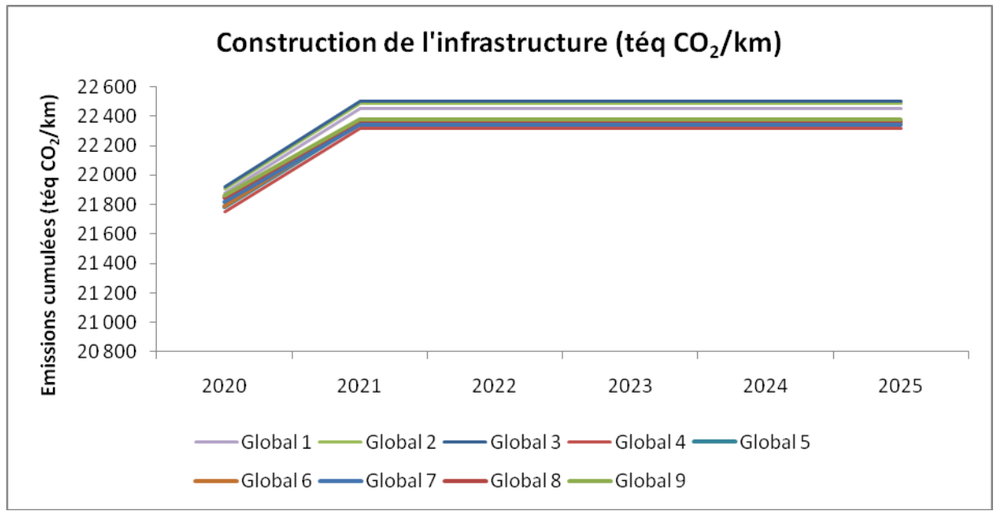


Figure 3.9-50 : émissions liées à la construction des différentes combinaisons de variantes, focus sur les années 2020 à 2025, ramenées au km de voie

Analyse

Les résultats présentés au paragraphe précédent montrent une faible dispersion des valeurs. Les émissions totales varient entre 3 930 000 et 4 060 000 téq CO2 soit un écart de moins de 3,2% entre la valeur basse et la valeur haute. Ramenées au km de voies construites, les émissions varient de 22 320 à 22 500 téq CO2 soit un écart de moins de 1%.

Ces faibles écarts s'expliquent en partie par les faibles différences des éléments impactants, en termes de GES, entre les variantes des tronçons. En effet, à ce niveau de finesse dans la connaissance des données, le facteur le plus impactant reste la longueur de voie ou la superficie des gares construite.

Ainsi, la vision des émissions par km permet de s'affranchir de cet élément de variance, ce qui explique également le plus faible écart. Cet écart résiduel correspond alors à des différences plus fines comme le mode de construction (tunnelier ou tranchée couverte) ou le type d'ouvrage (bitube ou monotube). Cependant, comme l'écart le montre, ces différences sont faibles d'une variante à une autre.

Dans le détail, les émissions des différents sous-ensembles de la construction sont données dans le tableau suivant et le graphe qui l'illustre.

Tableau 3.9-15 : émissions liées à la construction par catégorie pour la variante 1

		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	147	12	22	0	181		
téqCO₂	Energie, déblais et remblais	29 400	5 510	0	0	0	23 300	424
	Bétons, ciments	2 390 000	90 200	0	0	124 000	0	0
	Métaux	0	0	0	0	238 000	0	0
	Chaux	0	0	0	0	0	0	0
	Autres matériaux	0	0	500 000	0	0	312 000	0
	Transport et fret	248 000	18 600	0	0	8 850	67 700	25 100
	Changement usage des sols	0	0	0	0	0	521	0
	TOTAL	**2 660 000**	**114 000**	**500 000**	**0**	**370 000**	**403 000**	**25 600**
		4 080 000						
	Par km de dble voie (180,998)	**14 700**	**632**	**2 760**	**0**	**2 050**	**2 230**	**141**
		22 500						

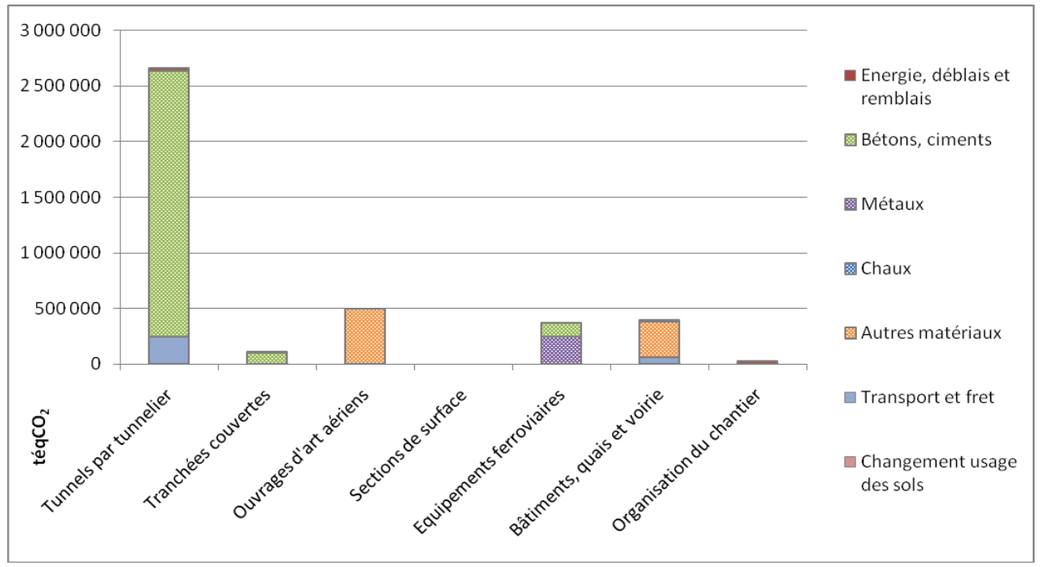


Figure 3.9-51 : émissions liées à la construction par catégorie pour la variante 1

Ce tableau et cette figure montrent que les émissions liées à la construction sont principalement dues aux matériaux mis en œuvre. Parmi ces matériaux, le poste le plus prépondérant est celui dû aux bétons et ciments qui présentent la particularité d'avoir un procédé de fabrication émissif (en plus des quantités mises en œuvre).

Ramenées au km de voie double réalisée, les émissions de la construction d'un tunnel par tunnelier sont environ deux fois plus importantes que celles de la réalisation d'une tranchée couverte[79]. Là encore, cela s'explique en très grande partie par l'emploi de matériaux : la construction par tunnelier met en œuvre une quantité très supérieure de béton ou de ciment (notamment pour le radier) que la construction en tranchée couverte.

Dans la suite des résultats, et dans le cadre d'une démarche conservatrice, la valeur la plus négative (engendrant le plus d'émissions) sera conservée.

Fonctionnement de l'infrastructure

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…).

[79] Attention, les émissions ramenées par km présentées dans le tableau précédent prennent en compte l'ensemble des km de double voie du projet et non seulement ceux de la catégorie en question.

- la consommation en énergie des gares (éclairage, chauffage, ventilation, etc.) ; les bâtiments d'accueil du public, de gestion et techniques (atelier de maintenance…) consomment également de l'électricité et éventuellement des combustibles.

- les émissions induites par toutes les activités de gestion, de marketing, de contrôle, de pilotage, etc. Ces émissions concernent la plupart des postes mentionnés dans les études préalables à la construction de l'infrastructure, c'est-à-dire : les trajets domicile-travail des employés, les consommations énergétiques des bureaux, l'amortissement du matériel et de l'immobilier ; le personnel travaillant au fonctionnement de l'infrastructure (agents de conduite, agents de maintenance, régulateurs…) induisent des déplacements quotidiens pour se rendre à leur travail et en repartir.

- Les émissions liées à l'entretien et renouvellement de l'infrastructure : L'infrastructure ferroviaire, les bâtiments et le matériel roulant demandent un entretien continu tout au long de leur durée de vie avec des consommations de pièces détachées, de produits d'entretien, etc. Des opérations plus importantes de rénovation ou de renouvellement sont parfois aussi nécessaires.

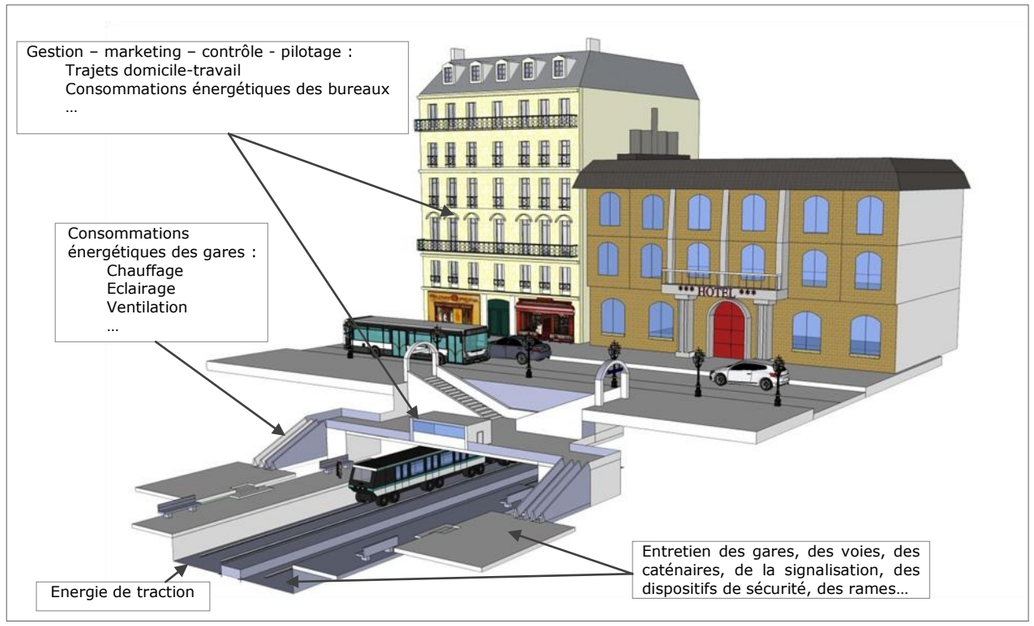


Figure 3.9-52 : Représentation des postes d'émissions de l'infrastructure en fonctionnement. Source : Stratec

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 voyageur.kilomètres (voir la partie Energie pour plus d'informations), et qui est ici convertie par un facteur d'émissions (Figure 3.9-53).

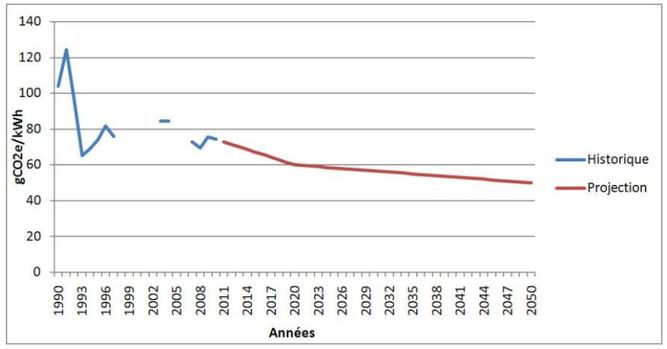


Figure 3.9-53 : facteur d'émissions moyen français de l'électricité (source : ADEME, RTE).

A ce facteur d'émission de l'énergie électrique à la sortie de la centrale, s'ajoutent les pertes en ligne évaluées à 8%, ce qui donne un facteur d'émission de kWh consommé final de :

Tableau 3.9-16 : Facteur d'émissions de consommation d'énergie électrique du réseau de distribution

FE électricité :	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
g éq CO_2/kWh centrale	84.3	74.3	67.2	60.0	58.3	56.7	55.0	53.3	51.7	50.0
g éq CO_2/kWh final	91.7	80.8	73.0	65.2	63.4	61.6	59.8	58.0	56.2	54.3

Les émissions annuelles liées à l'énergie de traction des différentes lignes sont représentées dans la Figure 3.9-54, puis cumulées au cours du temps dans la figure suivante.

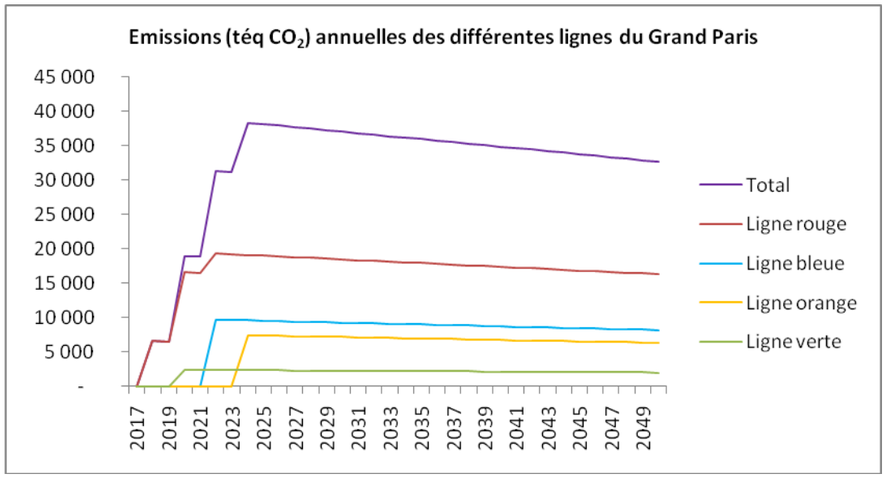


Figure 3.9-54 : Emissions (téq CO_2) annuelles de traction des différentes lignes du Grand Paris Express

Comme il avait été remarqué dans la partie Energie, la consommation de la ligne rouge du métro ainsi que les émissions qui lui sont imputables prédominent (50% du total annuel en 2035). Viennent ensuite les lignes bleu (25%), orange (19%), et verte (6%).

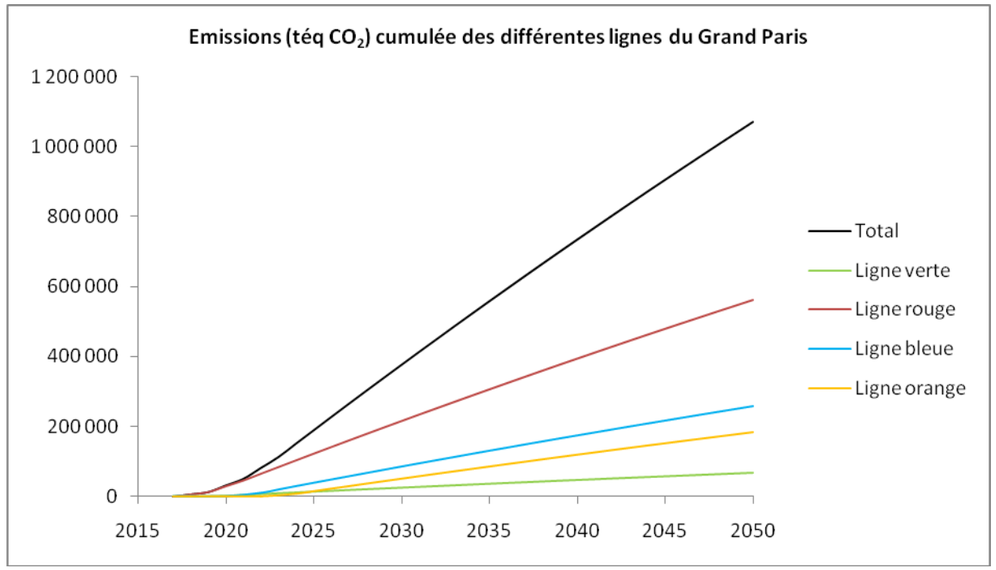


Figure 3.9-55 : Emissions (téq CO_2) cumulées de traction des différentes lignes du Grand Paris Express

Concernant les émissions cumulées jusque 2035, les proportions précédentes changent légèrement à cause du déphasage entre les mises en services respectives : 55% du total cumulé émis en 2035 pour la ligne rouge, 23% pour la ligne bleue, 15% pour la ligne orange et 6% pour la ligne verte.

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) peuvent être évaluées sur base des consommations estimées des différentes énergies (électricité, gaz, fioul) ou, lorsque celles-ci ne sont pas connues, sur base des surfaces dédiées à ces espaces (comme ce qui a été fait dans la partie Energie). Dans le cadre de l'étude globale, l'évaluation a été basée sur les surfaces prévisionnelles en calculant les consommations moyennes des bâtiments dédiés aux différentes activités. Selon l'ADEME, la consommation d'électricité moyenne hors usages thermiques (chauffage et eau chaude sanitaire) pour les bâtiments commerciaux s'élève à 126 kWh/m².an. La consommation énergétique nécessaire au chauffage et à l'eau chaude pour les commerces sur base d'une utilisation de gaz naturel et en tenant compte du coefficient climat de l'Ile-de-France est par ailleurs de 167kWh/m².an.

Pour l'électricité, le facteur d'émissions est le même que précédemment (traction). En revanche, pour l'énergie issue du gaz naturel (hypothèse de chauffage), les facteurs d'émissions sont les suivants :

Tableau 3.9-17 : facteur d'émissions d'utilisation de gaz naturel. Source des facteurs d'émissions 2005 : Guide des facteurs d'émissions V6.1, Ademe, 2010

	g éq CO_2 / kWh									
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Gaz naturel	238	238	237	237	236	235	235	234	234	233

Les émissions cumulées de CO_2 de l'utilisation des bâtiments (électricité, chauffage…) sont présentées dans la Figure 3.9-56.

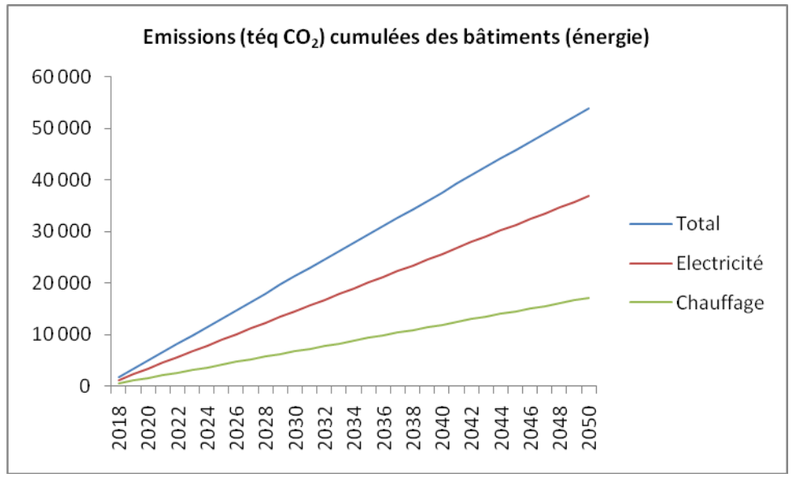


Figure 3.9-56 : Emissions (téq CO_2) cumulées des besoins énergétiques des bâtiments

L'électricité de tous ces bâtiments (gares, locaux techniques…) représente 68% des émissions de CO_2 imputables au fonctionnement des bâtiments. Les besoins en chauffage (pour une hypothèse de chauffage au gaz naturel) représentent le reste, soit 32% des émissions des bâtiments.

Emissions liées à l'entretien, gestion…

Les émissions ont été évaluées sur base des budgets prévisionnels pour ces activités (estimation à 600 M€/an pour l'ensemble des lignes, en accord avec l'Estimation des coûts de fonctionnement du Métro Grand Paris, 2010 (500 M€) qui a été réévalué pour prendre en compte la ligne orange). Ce poste représente une part importante des émissions liées au fonctionnement de l'infrastructure s'élevant à 43 980 téq CO_2 annuellement. Le budget des années antérieures à l'ouverture complète de l'infrastructure a été considéré comme proportionnel au nombre de kilomètres de réseau ouvert.

Emissions liées au renouvellement du matériel et aux opérations lourdes de rénovation

Une infrastructure de transport telle que celle du Grand Paris Express 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 à partir de 10 ans après la mise en service des différents tronçons. Ainsi, les émissions de rénovation pour l'ensemble du réseau sont à terme d'environ 21 620 t par an.

Résultats globaux liées au fonctionnement de l'infrastructure

Les graphes suivant regroupent l'ensemble des émissions liées au fonctionnement de l'infrastructure : l'énergie de traction du métro, l'énergie des bâtiments (gares, locaux techniques, en électricité et chauffage) et les activités de gestion, d'entretien, etc.

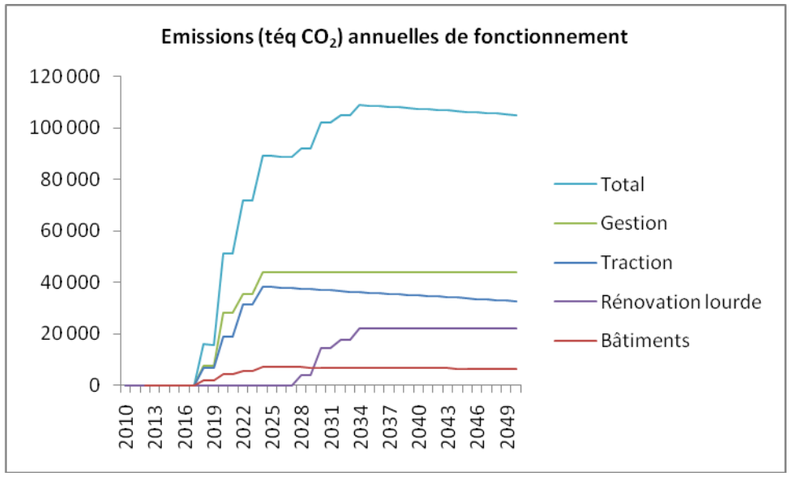


Figure 3.9-57 : Emissions (téq CO_2) annuelles par poste de fonctionnement

Il apparait donc dans les figures ci-dessus et ci-dessous que la gestion est le poste le plus important du fonctionnement de l'infrastructure (41%), devant la traction (33%), les opérations lourdes de renouvellement du matériel et des bâtiments (20%) et le fonctionnement des bâtiments (6%). La part importante de la gestion peut surprendre mais dépend avant tout du périmètre pris en compte dans cette étude : en effet, basé sur le budget annuel, il prend en compte les déplacements domicile travail des employés, les activités de marketing, de pilotage, etc.

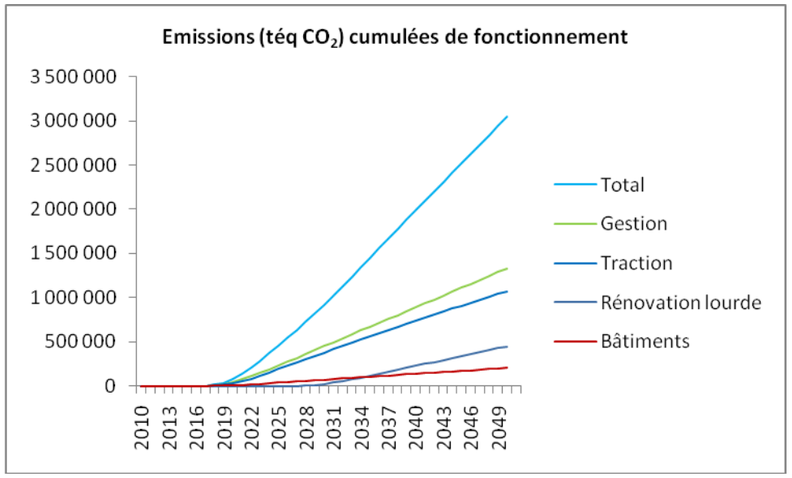


Figure 3.9-58 : Emissions (téq CO_2) cumulées par poste de fonctionnement

En 2035, les valeurs sont 46% pour la gestion, 39% pour la traction, 8% pour les opérations lourdes de renouvellement du matériel et des bâtiments et 7% pour l'utilisation des bâtiments

Mobilité en Ile-de-France

De par sa nature, le projet Grand Paris Express 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, on distingue 2 effets principaux du projet sur le trafic routier et sur les émissions de CO_2 :

- 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 à été évalué sur base des résultats du modèle MODUS de la DRIEA. Ce même modèle a également permis de déduire les vitesses moyennes de parcours sur les différents axes du réseau et d'estimer, grâce au modèle COPERT IV, les consommations moyennes en situation de référence et en situation de projet en tenant compte des effets de congestion.

Les graphs suivants (Figure 3.9-59 et Figure 3.9-60) représentent les émissions évitées grâce au projet 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.

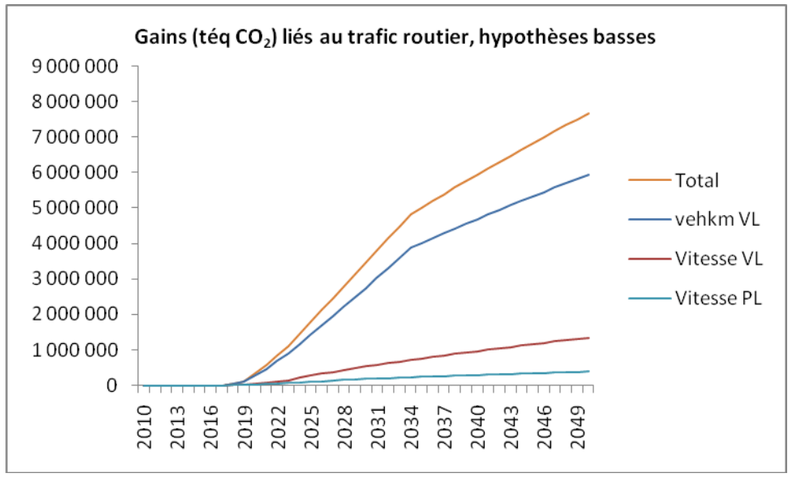


Figure 3.9-59 : Cumul des émissions évitées (téq CO_2) grâce au trafic routier, hypothèses basses

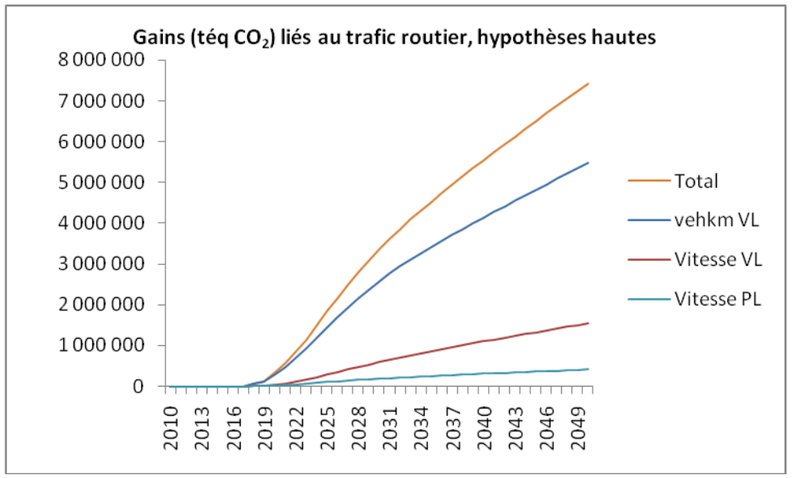


Figure 3.9-60 : Cumul des émissions évitées (téq CO2) grâce au trafic routier, hypothèses hautes

Prise en compte des migrations :

A nouveau, il est important de rappeler que les scénarios utilisés dans l'analyse précédente se basent sur des hypothèses de population et d'emploi constantes avec et sans projet. Cette démarche permet d'apprécier les effets du projet sur les consommations énergétiques et les émissions de GES sans y inclure l'impact des migrations entre l'Ile-de-France et le reste du territoire. Cependant, sur base des prévisions des migrations et de l'augmentation de l'emploi induits par le projet et des déplacements réalisés en province et en Ile-de-France, le chapitre sur la mobilité à également permis d'évaluer les distances parcourues des migrants, s'ils étaient restés en province et au contraire lorsqu'ils ont migré vers l'Ile de-France.

Le projet entraîne donc une diminution supplémentaire de 24 300 véh.km en France, selon les hypothèses basses, et une diminution de 111 400 véh.km selon les hypothèses hautes. L'analyse de l'effet des migrations sur les consommations énergétiques (voir chapitre énergie) a permis de montrer que les migrations n'auront qu'un impact très modérés (inférieurs à 1% de la consommation initiale) sur les consommations de carburant. En effet, la diminution des distances parcourues est compensée pratiquement entièrement par l'augmentation de la consommation moyenne causée par le passage d'une circulation périurbaine à une circulation urbaine.

Le facteur d'émissions lié à l'utilisation de la voiture correspond principalement à la consommation de carburant (84% du facteur d'émissions[80]). Le reste du facteur d'émissions correspond, quant à lui, à l'amortissement du véhicule. Bien que l'amortissement soit généralement considéré comme proportionnel à la distance parcourue, il est manifeste que la conduite en milieu urbain dense où les accélérations et les décélérations sont très fréquentes, use d'avantage les véhicules que la conduite en milieu périurbain ou rural où la circulation est beaucoup plus fluide. Il est difficile de quantifier exactement les différences d'amortissement des véhicules mais il paraît acceptable de considérer un amortissement par km parcouru 20% plus élevé en zone urbaine qu'en zone périurbaine ou rurale. De ce fait et de manière similaire à ce qui a été observé pour les consommations de carburant, on peut conclure que l'impact des migrations sur l'amortissement des véhicules est faible à négligeable.

[80] Guide des facteurs d'émissions V6.1, ADEME, 2010.

Développement territorial

L'Evaluation Stratégique Environnementale et l'étude méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre du Grand Paris Express 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.

Les impacts du projet Grand Paris Express sur le développement territorial sont largement dépendants des choix qui seront faits par les acteurs en charge de l'aménagement du territoire des zones concernées. Comme le chapitre sur l'occupation du sol a pu le souligner, les mesures d'accompagnement mises en place afin d'assurer un développement intégré entre le transport et le développement territorial seront donc primordiales pour assurer l'optimisation des effets bénéfiques du projet. Dans cette optique, la prise en compte du développement territorial dans le bilan des émissions de GES du projet constitue une approche prospective sur les économies potentielles d'émissions de GES au niveau du bâti et de la consommation d'espaces verts. Cette approche permet donc de quantifier les impacts potentiels sur les émissions de GES sans que ceux-ci ne soient directement liés à l'infrastructure elle-même.

La partie « développement territorial » prend en compte les modifications potentielles, en termes d'aménagement du territoire en fonction de la présence ou non du projet Grand Paris Express. Là encore, deux hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France sont considérées, une haute et une basse (Cf. chapitre « Population et emploi »).

Ce volet calcule[81], d'ici à 2050, la différence d'émissions de téq CO_2 induites par ces scénarii de développement territorial et, ce, en considérant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments : construction, exploitation et fin de vie du bâti.

Les postes et les facteurs d'émissions suivants sont considérés[82] :

[81] Pour plus d'informations, voir Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de CO2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris et les autres annexes relatives.
[82] Notations tirées de Définition d'une méthodologie pour l'estimation des émissions et consommations de CO2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris

- La construction des bâtiments résidentiels (FE A, FE F) et tertiaires (FE B)
- La démolition des bâtiments résidentiels et tertiaires (FE E)
- La rénovation des bâtiments résidentiels (FE C) et tertiaires (FE D)
- Le changement d'affectation des espaces ruraux (FE G)
- Les opérations de viabilisation des zones urbanisées (FE H)
- Les consommations de chauffage des bâtiments résidentiels (FE I) et tertiaires (FE J)
- Les opérations de maintenance et de rénovation des VRD, l'exploitation des services publics dans les zones urbanisées (FE K)

Construction des bâtiments résidentiels et tertiaires

La définition des facteurs d'émissions relatifs à la construction des surfaces résidentielles (FE A, FE F) ou tertiaires (FE B) se base tout d'abord sur les facteurs d'émissions définis par l'ADEME dans son guide méthodologique pour le bilan carbone des bâtiments[83]. Ces facteurs d'émissions génériques correspondent à des ratios extraits de plusieurs retours d'expérience regroupés par typologie d'ouvrage et par solution constructive fréquemment mise en œuvre en France. Ces facteurs d'émissions couvrent les phases de production, de transport sur le chantier et de mise en œuvre des matériaux. Ils font appel aux facteurs d'émissions des différents matériaux mis en œuvre lors de la construction, notamment pour la structure et l'enveloppe, le partitionnement et le revêtement de sol. Les facteurs d'émissions intermédiaires de chacun de ces matériaux sont repris en annexe du guide méthodologique de l'ADEME[84].

Compte tenu du fait qu'il est difficile pour l'utilisateur de renseigner précisément la nature des matériaux mis en œuvre pour l'ensemble des nouveaux bâtiments d'ici à 2035, une approche plus globale « par les surfaces » a été adoptée. Elle consiste en l'utilisation d'un facteur d'émission unique pour chaque typologie de bâtiment (résidentiel individuel, résidentiel collectif ou tertiaire), dépendant uniquement de la quantité de surfaces à construire. Pour ce faire, la valeur des facteurs d'émissions A, B et F est calculée en se basant sur les pourcentages moyens des différents matériaux que l'on retrouve actuellement dans les structures des logements et des bâtiments tertiaires. Ces pourcentages permettent ainsi de calculer une valeur actuelle pondérée du facteur d'émissions.

Pour le logement individuel, les pourcentages suivants ont été retenus[85] : 5% de part de marché pour l'ossature bois, 75% pour la structure en béton, 8% pour le monomur en terre cuite et 12% pour la brique. Le FE A ainsi obtenu est égal à 165,3 kg éq.CO_2/m² SHON (incertitude relative recalculée : 42%).

Pour le logement collectif, le même ratio béton/monomur en terre cuite a été utilisé, faute de données détaillées sur le sujet. Le FE F ainsi obtenu est égal à 213,5 kg éq.CO_2/m² SHON (incertitude relative recalculée : 21%). Cela signifie qu'à l'heure actuelle la construction d'1m² de logements collectifs génère, en moyenne, 29% d'émissions de CO_2 de plus que la construction d'1m² de logement individuel.

Enfin, en ce qui concerne les bureaux, il n'existe pas d'information précise sur les parts de marché du béton et de l'acier dans la construction. Par souci de précaution, le facteur d'émission le plus important est retenu, à savoir 300 kg éq.CO_2/m² SHON. Ce facteur d'émission a été agrégé à celui des surfaces commerciales (190 kg éq.CO_2/m² SHON), compte tenu de la part que les bureaux et les commerces représentent dans les m² SHON franciliens[86]. Un FE B de 286,0 kg éq.CO_2/m² SHON a ainsi été obtenu (incertitude relative recalculée : 45%).

L'évolution dans le temps de ces facteurs prend en compte les évolutions réglementaires connues, telles que les Réglementations Thermiques 2012 et 2020.

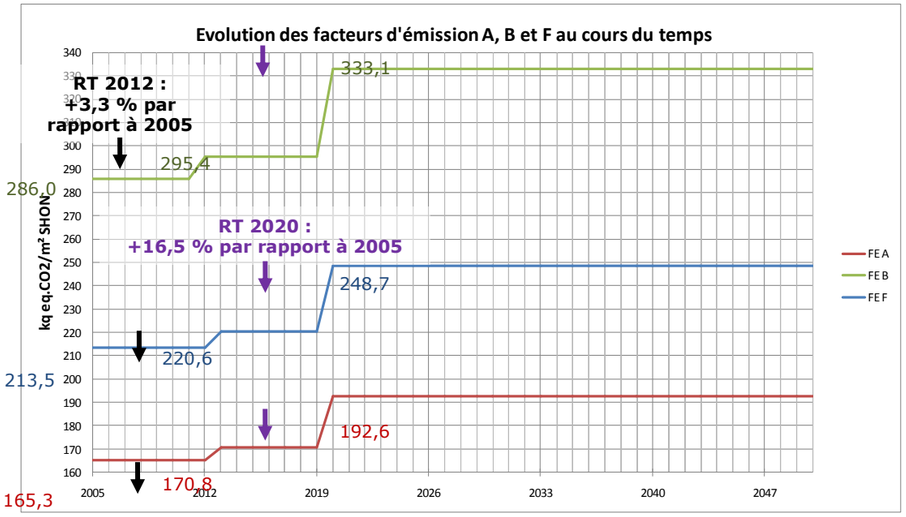


Figure 3.9-61 : Evolution des facteurs d'émissions A, B et F au cours du temps (Source : Stratec, 2012, sur base de Bilan Carbone appliqué au bâtiment, Guide Méthodologique, ADEME, CSTB, 2010 et Peuportier, B., Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context, Energy and Building, 2001). Incertitudes relatives: FE A : 42% ; FE F : 21% ; FE B : 45%.

Pour rappel, le FE A représente les émissions de CO_2 créées par la construction d'un m² SHON de logement individuel. FE F représente les émissions de CO_2 créées par la construction d'un m² SHON de logement collectif. FE B représente les émissions de CO_2 créées par la construction d'un m² SHON de bâtiment tertiaire (bureaux, commerce). Ces facteurs d'émissions comprennent les émissions générées par la production, le transport sur le chantier et la mise en œuvre des différents produits composant le bâtiment (structure, enveloppe, partition, revêtement).

Remarque : dans la présente étude, il est fait l'hypothèse qu'entre 2035 et 2050, les mouvements du parc bâti n'auront plus un lien de cause à effet avec le projet Grand Paris Express. Les mouvements du parc bâti après 2035 ne sont donc pas intégrés dans le calcul des émissions de CO_2 induites par le projet.

Démolition des bâtiments résidentiels et tertiaires

Il s'agit des émissions de CO_2 créées par la démolition d'un m² SHON de logement ou de bâtiment tertiaire (y compris transport et évacuation des déchets de cette destruction).

[83] Bilan Carbone appliqué au bâtiment, Guide Méthodologique, ADEME, CSTB, 2010
[84] Bilan Carbone appliqué au bâtiment, Guide Méthodologique, ADEME, CSTB, 2010, page 53
[85] Source : Stratec, 2012, sur base de la littérature spécialisée, notamment : Marché d'exportation dans le secteur de l'habitation : occasions et contacts en France, Société d'habitation Québec, 2004
[86] Pour rappel : 48 millions de m² de bureaux et 7 millions de m² de commerces de plus de 300m², soit un rapport de 87%/13% (Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008)

Etant donné que le processus de démolition est un processus difficile à évaluer d'un point de vue émissions de CO_2 (difficulté d'assumer une augmentation de l'efficacité du processus de démolition et de réutilisation des matériaux dans les années à venir[87]), peu d'études sur le sujet sont disponibles dans la littérature. Deux études japonaises relatives au résidentiel[88] et au tertiaire[89] soulignent cependant le fait que les émissions de CO_2 issues de la destruction d'un bâtiment représentent une part relativement faible par rapport à celles liées à sa construction. D'après ces études, les émissions de CO_2 liées à la démolition d'un m² de surface résidentiel ou tertiaire représentent entre 5 et 7% (selon le type de matériaux utilisés) des émissions liées à la construction.

Comme les émissions de la destruction représentent une proportion faible de l'ensemble des émissions de CO_2 du bâtiment sur toute sa durée de vie, une valeur commune a été utilisée, d'une part, pour les surfaces résidentielles et tertiaires détruites. Par mesure de précaution, les valeurs maximales des variables ont été utilisées pour calculer cette valeur. Celle-ci est égale à 7% des émissions actuelles de construction d'un m² tertiaire, c'est-à-dire 7% de 286,0 kg eq.CO_2/m² SHON, soit 20,0 kg eq.CO_2/m² SHON. D'autre part, étant donné le taux d'incertitude élevé sur l'évolution de cette valeur au cours du temps, celle-ci a été considérée constante quelque soit les années. En d'autres termes, il a été supposé qu'aucune amélioration du processus de démolition ne sera effectuée d'ici à l'horizon 2050.

Rénovation des bâtiments résidentiels et tertiaires

La définition de la valeur actuelle des facteurs d'émissions FE C et FE D se base premièrement sur les résultats du projet RAPPE (Rénovation Architecturale Patrimoniale et Performance Energétique)[90]. A l'aide du logiciel CO²CON[91], cette étude a consisté en une analyse comparative de différentes solutions constructives visant l'amélioration énergétique de logements (objectif : 50kWh/m²/an) et de leurs émissions de CO_2 en phases construction et exploitation. Les résultats du projet RAPPE soulignent notamment qu'en phase construction une opération de réhabilitation standard émet environ 30% de CO_2 en moins qu'une opération de démolition/reconstruction conventionnelle.

Les hypothèses utilisées pour le calcul des valeurs du FE C et du FE D dans les années futures sont similaires à celles de FE A, FE B et FE D (pour plus détails, Cf. page 161). Les valeurs annuelles de FE C et FE D suivent également une courbe d'évolution croissante par palier, en lien avec la mise en œuvre progressive des objectifs de la loi Grenelle 1 spécifiques aux bâtiments existants. Quant aux valeurs annuelles de FE C et FE D qui en découlent, elles sont reprises sur le graphique de la Figure 3.9-62.

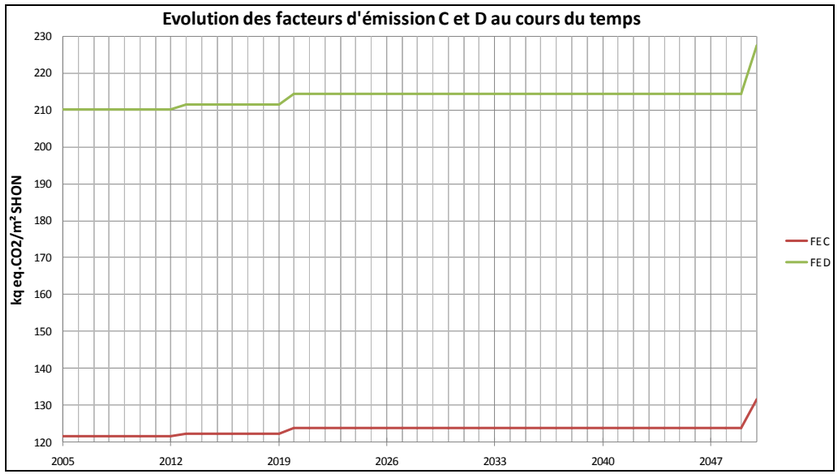


Figure 3.9-62 : Evolution des facteurs d'émissions C et D au cours du temps (Source : Stratec, 2012, sur base des résultats du projet RAPPE (Rénovation Architecturale Patrimoniale et Performance Energétique), SA HLM des CHALETS Toulouse, LRA-GRECAU, L. Floissac, logiciel CO²CON, 2008). Incertitudes relatives: 50%

Pour rappel, le FE C et le FE D représentent les émissions de CO_2 créées respectivement par la rénovation d'un m² SHON de logement et d'un m² SHON de tertiaire.

Changement d'affectation des secteurs ruraux

FE G permet, à partir de la différence annuelle d'hectares ruraux consommés par l'urbanisation entre un scénario avec et un scénario sans projet, de calculer les téq CO_2 résultantes de ces évolutions de changement d'occupation des sols.

Pour l'année *n* d'urbanisation du terrain, le facteur FE G(*n*) est appliqué. Celui-ci correspond à la quantité de CO_2 libérée suite au déstockage de la matière organique contenue dans le sol et la végétation de l'hectare d'espace rural qui est urbanisé. Pour la détermination de FE G(*n*), les chiffres publiés par le GIEC ont été utilisés.

Pour les années suivant l'urbanisation du terrain, il convient de prendre en compte les émissions annuelles qui ne pourront être évitées grâce à l'utilisation de ces surfaces pour produire de l'énergie renouvelable (biocarburants et bio combustibles). C'est pourquoi le facteur d'émission FE G(*n*+) est utilisé pour les années *n*+1, *n*+2, etc. Ce facteur prend en compte :

- L'utilisation des forêts pour la production d'énergie renouvelable (Le remplacement de surfaces boisées par des surfaces urbanisées supprime l'utilisation potentielle de ces forêts pour la production de matières combustibles)

- L'utilisation des surfaces agricoles pour la production de biocarburants (La production de biocarburants est limitée par les surfaces agricoles disponibles pour leur culture. Il est considéré que toutes les surfaces préalablement agricoles qui seront transformées en surfaces urbanisées représentent une diminution des quantités de biocarburants pouvant être produits)

[87] Source : The influence of construction materials on life-cycle energy use and carbon dioxide emissions of medium size commercial buildings, N.P.Fernandez, July 2008
[88] Life cycle CO² emission reduction predictions for japan's housing sector towards 2030, M. DEJIMA, Graduate school of engineering, Utsunomiya University, Japan
[89] Suzuki, M. & Oka, T. 1998. Estimation of the life cycle energy consumption and CO2 emissions of office buildings in Japan. Elsevier Science and Energy Buildings
[90] RAPPE (Rénovation Architecturale Patrimoniale et Performance Energétique), SA HLM des CHALETS Toulouse, LRA-GRECAU, L. Floissac, logiciel CO²CON, 2008
[91] Développé par ECOSPHERE, plus d'informations sur http://www.eosphere.fr/COCON-comparaison-solutions-constructives-confort.html

On obtient un facteur[92] de 1,82 téq CO_2/ha/an d'émissions lors du passage d'une parcelle agricole à urbanisée et 2,38 téq CO_2 évités par hectare et par an grâce à la non suppression de surfaces forestières.

Opérations de viabilisation des zones urbanisées

Le manuel d'utilisation de l'outil Bilan Carbone Territoire[93] préconise différents facteurs d'émissions relatifs à la construction des voiries et des parkings. Ces facteurs d'émissions sont fonction de la largeur et de la longueur des infrastructures routières, de la catégorie de voie ainsi que de la structure utilisée.

Dans la présente étude, un facteur commun à tous les types de route, fonction uniquement du kilométrage de voirie a été utilisé. Un profil « générique » de route a été retenu. Ce profil est considéré comme représentatif des nouvelles voiries qui seront construites dans les zones d'urbanisation diffuse. Il correspond à une route de ville bitumineuse de 8 mètres de large en moyenne, et prévue pour un trafic faible de camions (TC2). Le facteur d'émission résultant est égal à 586 295,3 kg éq CO_2/km. Pour le calcul du facteur d'émissions associé à la construction des réseaux, nous nous sommes basés sur les hypothèses suivantes : les émissions induites des matériaux mis en œuvre pour la construction des réseaux nécessaires à la viabilisation des terrains par kilomètre de parcellaire sont de 4 880 kg éq CO_2/km de voirie pour l'électricité et 6 200 kg eqCO_2/km de voirie pour les réseaux d'évacuation et d'assainissement des eaux pluviales et usées. Faute de données spécifiques aux facteurs d'émissions des réseaux de gaz, de télécommunication et d'éclairage public, ceux-ci n'ont pas été considérés.

Soit un facteur d'émissions, pour un kilomètre de linéaire de lotissement, de 11 080 kg éq CO_2/km. Ces émissions représentent des coûts "primaires" et non la totalité des dépenses engendrées par les viabilisations puisque, généralement, il est nécessaire de développer de nouvelles infrastructures pour relier l'opération au réseau (charges secondaires).

Ainsi, si l'on considère l'ensemble des VRD à construire pour la viabilisation d'un kilomètre linéaire de parcellaire, on obtient un facteur d'émissions FE H de 597 375,3 kg éq CO_2/km. A noter que la construction de la voirie représente 98% de ces émissions.

En ce qui concerne l'estimation de l'amélioration des émissions créées par ces coûts de construction, nous utiliserons les mêmes taux que ceux de l'étude du Centre d'Analyse Stratégique[94] qui considère une réduction de 0,3 à 0,45% par an de ces taux. Nous utiliserons les mêmes hypothèses que précédemment[95] et retiendrons une réduction de 0,3% par an du facteur d'émission FE H à partir de 2005, et donc une réduction de 13,5 % de FE H entre 2005 et 2050.

Consommations de chauffage des bâtiments résidentiels et tertiaires

FE I permet de convertir les m² résidentiels, définis année après année par tranche d'âge, en téq CO_2 émises pour le chauffage annuel de ces logements. FE J permet de convertir les m² tertiaires, définis pour l'année de calcul par tranche d'âge, en téq CO_2 émises pour le chauffage annuel de ces bureaux, commerces, etc. FE I et FE J permettent ainsi de calculer les émissions annuelles de CO_2 pour l'ensemble du parc bâti dans un scénario avec projet, d'une part, et, d'autre part, dans un scénario de référence. La différence entre ces deux consommations représente l'impact induit du projet sur la consommation de chauffage du parc bâti pour une année donnée.
Les valeurs de FE I et de FE J varient selon :

- l'âge des surfaces résidentielles ou tertiaires ;
- le mode de construction des surfaces : si ce sont des surfaces déjà existantes, si elles ont été construites ou plutôt rénovées, et quand elles l'ont été ;

Ces deux critères vont définir le nombre de kWh/m² annuels consommés en énergie de chauffage, constants entre l'année de construction/rénovation du bâtiment jusqu'à sa fin de vie.

- l'année de calcul : elle va influencer le nombre de kg éq CO_2 émis par chaque kWh consommé, selon le mix énergétique du moment et le contenu CO_2 de chaque énergie de chauffage.

Concrètement, la définition de FE I et celle de FE J sont basées sur 3 hypothèses fortes :

- L'évolution des consommations annuelles de chauffage pour le neuf et le réhabilité en parallèle des objectifs de la RT ;
- L'évolution du mix énergétique pour le chauffage
- L'évolution des facteurs d'émissions des énergies de chauffage

Les opérations de maintenance et de rénovation des VRD, l'exploitation des services publics dans les zones urbanisées

Le calcul de FE K prend en compte, premièrement, l'exploitation des services publics qui desservent les zones urbanisées, en l'occurrence le système de collecte des déchets et celui de distribution du courrier. Pour cela, les hypothèses[96] suivantes ont été fixées : la collecte des déchets émet 48,802 kg éq CO_2/km/an, la distribution du courrier par une voiture particulière (cas défavorable), 111,02 kg éq CO_2/km/an

Le calcul de FE K tient compte, deuxièmement, des émissions de CO_2 liées à l'exploitation et à l'entretien des réseaux et des voiries ainsi que des émissions liées à la rénovation et au renouvellement de ces VRD. Les opérations d'entretien des VRD sont récurrentes et régulières alors que celles de rénovation ont un caractère plus exceptionnel et irrégulier. De plus, les émissions de CO_2 créées par l'exploitation et l'entretien des VRD apparaissent dès l'installation d'une nouvelle canalisation ou infrastructure, alors que les opérations de rénovation n'interviennent généralement qu'après un certain nombre d'années.

Les émissions annuelles liées à l'exploitation et à l'entretien des VRD ont été fixées, par défaut, à 5% des émissions liées à leur construction. De plus, il a été considéré que les émissions liées à la rénovation des VRD étaient égales à 20% des émissions dues à leur construction. En tenant compte de la durée de vie typique de chaque VRD ainsi que de la fréquence des travaux de rénovation sur ces VRD, les émissions d'exploitation et de rénovation ont été rapportées à l'année : 32 832,54 kg éq CO_2/km/an pour les voiries, 327,66 kg éq CO_2/km/an pour l'électricité et 334,8 kg éq CO_2/km/an pour l'évacuation et l'assainissement.

Le facteur d'émissions FE K est obtenu en sommant les émissions annuelles liées à l'exploitation des services publics et celles liées à l'entretien, à la maintenance et à la rénovation des VRD. Au total, on obtient un FE K de 33 606,02 kg éq CO_2/km/an, qui est supposé, par souci de simplification, constant au cours du temps.

Données nécessaires

Les principales données nécessaires pour le poste développement territorial sont :

Pour la construction, rénovation et démolition des bâtiments résidentiels et tertiaires :

[92] Pour plus d'informations, voir Définition d'une méthodologie pour l'estimation des émissions et consommations de CO2 induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris
[93] ADEME, juin 2010
[94] Source : Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 : rapport de la commission Energie présidée par Jean Syrota, Centre d'Analyse Stratégique, 2007
[95] Cf chapitres précédents
[96] Source : Stratec, 2012, sur base de Les surcoûts des services publics collectifs liés à la périurbanisation : les réseaux d'infrastructures et les services de desserte, L. Brück, SEGEFA, mars 2000 et des facteurs d'émissions présentés dans la partie « Mobilité des individus »

- les statistiques de l'Insee, permettant de connaitre l'évolution des surfaces résidentielles et tertiaires ainsi que la répartition des logements par tranche d'âge[97] (utile pour quantifier les surfaces à rénover).

- Le nombre de m² SHON nécessaire par nouvel habitant/travailleur, afin de quantifier les surfaces de nouveaux bâtiments : cette surface est de 30m²SHON/personne[98] pour le résidentiel et 20m²SHON/personne pour le tertiaire.

- Les pourcentages de surface à rénover/détruire/construire par an. Ces chiffres sont de 0,22% du parc bâti existant démoli[99], 1%[100] de rénovation par an jusqu'en 2013 puis 1,20%[101] pour le résidentiel, et le double pour le tertiaire.

Actions sur le parc bâti dans le scénario avec projet par rapport à l'évolution du parc bâti dans le scénario de référence :

- Le projet entraine un flux (population + emplois) dont les intéressés s'installent en Ile-de-France dans la situation avec projet, alors qu'il reste en dehors dans la situation de référence. De nouvelles constructions sont donc crées en IDF, alors que d'anciennes résidences sont détruites hors IDF. Par ailleurs, ces nouvelles constructions entrent dans le cadre de politiques de densification, principalement autour des gares (densification poussée par les CDT essentiellement).

Viabilisation des zones urbanisées, exploitation des réseaux VRD et changement d'affectation des secteurs ruraux :

- Ces données sont celles issues de du chapitre « Occupation du sol ». Globalement entre la situation avec projet et de référence, moins de km de réseau VRD seront à construire, ainsi que moins de surfaces rurales seront urbanisées (principe de densification).

Résultats

Hypothèses basses

La modification du territoire qu'amène le projet entraine un large gain des émissions de CO_2. Ces gains s'expliquent par la densification : 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 parcours à faire…. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 10 666 100 téq CO_2 à l'horizon 2035, avec 1 154 600 téq CO_2 pour la seule année 2035.

Rappelons qu'après 2035, l'hypothèse a été faite que l'aménagement du territoire n'était plus en lien direct avec le projet de métro automatique, terminé 10 ans plus tôt.

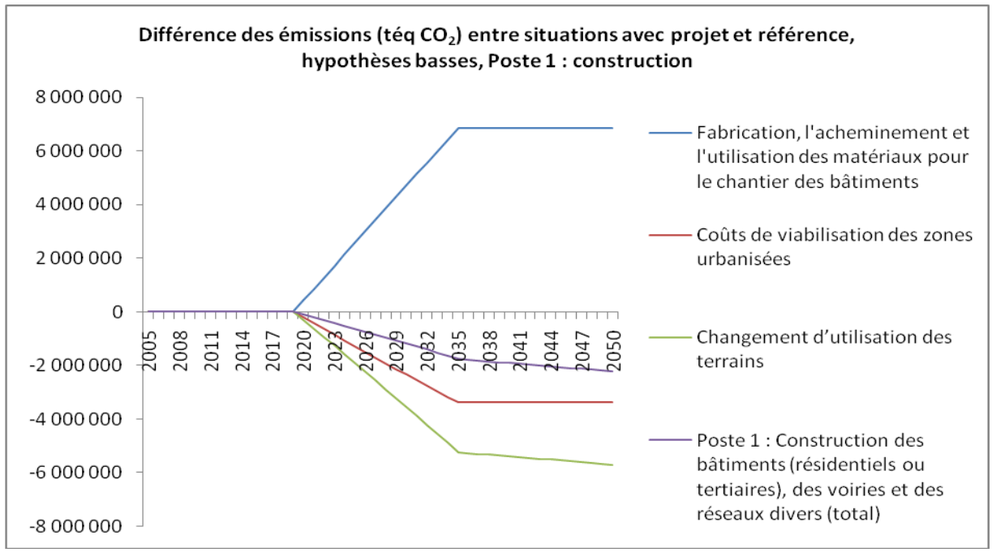


Figure 3.9-63 : Différence des émissions (téqCO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses basses, Poste 1 : construction

Les gains commencent en 2020, soit 2 ans après l'ouverture du premier tronçon. 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 (Figure 3.9-63).

Concernant la phase exploitation (poste 2), là encore la densification qu'ammene le projet permet de réduire les émissions de CO_2. Les bâtiments consomment moins, il ya moins de réseau VRD, et les coûts de maintenance sont donc moindres, ainsi que les services publics qui ont moins de distance à parcourrir. (Figure 3.9-64)

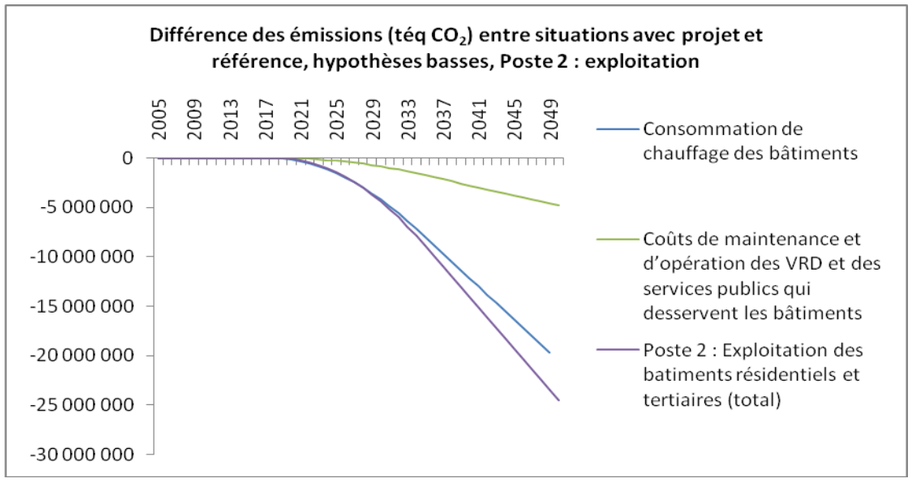


Figure 3.9-64 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses basses, Poste 2 : exploitation

[97] Source : L'amélioration énergétique du parc résidentiel francilien, les enjeux socio-économiques, IAURIF, Energies Demain, INSEE, 2010
[98] *Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008*
[99] *Source: moyenne INSEE sur la période 1999-2006*
[100] *Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines, IAURIF, 2008, p.56*
[101] *Loi Grenelle 1*

Hypothèses hautes

En situation d'hypothèses hautes, le nombre d'emploi et la population changent. Cela modifie la demande en bâtiments résidentiels et tertiaires, ce qui entraine des modifications en termes d'aménagement du territoire. Globalement, le cumul des émissions permet d'économiser 12 441 150 téq CO_2 à l'horizon 2035, avec 1 418 600 téq CO_2 pour la seule année 2035.

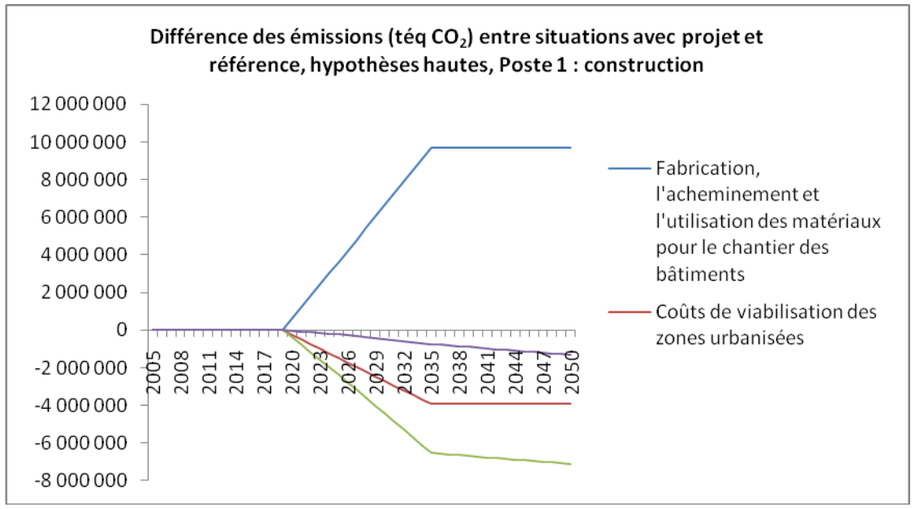


Figure 3.9-65 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses hautes, Poste 1 : construction

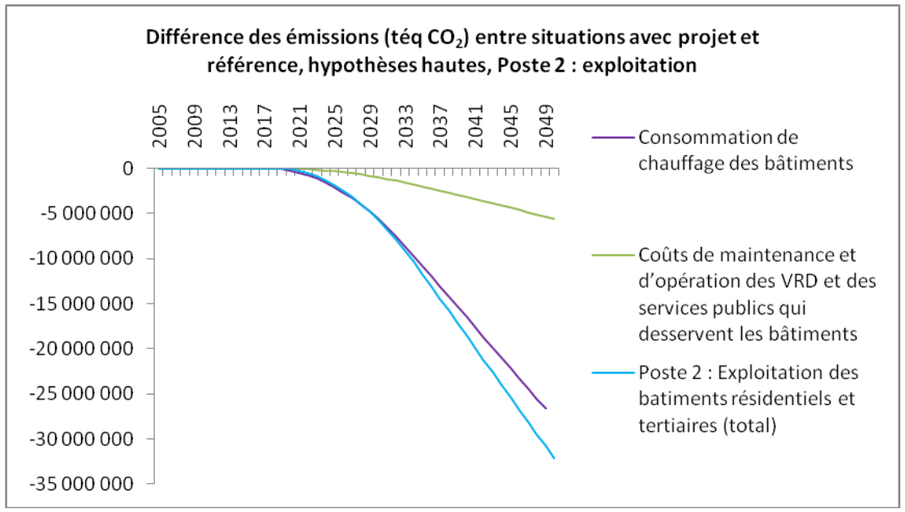


Figure 3.9-66 : Différence des émissions (téq CO2) cumulées entre situations avec projet et référence, hypothèses hautes, Poste 2 : exploitation

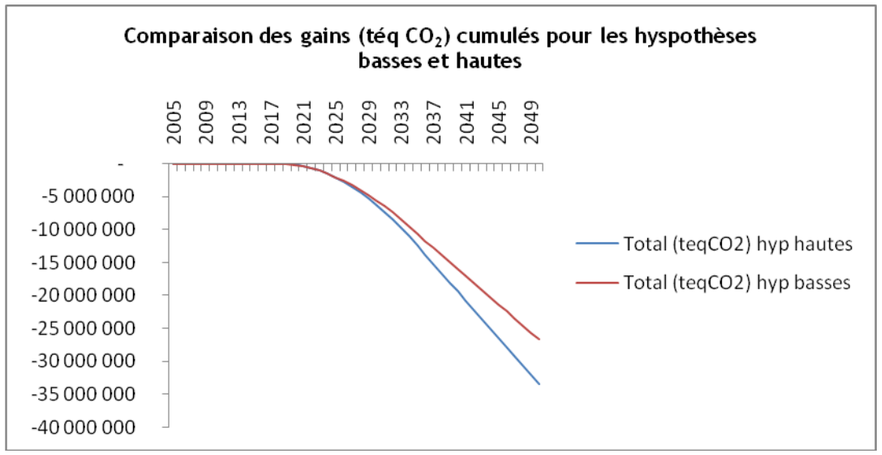


Figure 3.9-67 : Comparaison des gains (téq CO2) cumulés pour les hypothèses basses et hautes

Dans les premières années les émissions évitées selon les hypothèses basses et les hypothèses hautes sont semblables. Les différences s'accentuent au cours du temps et bien que les émissions évitées grâce au développement territorial soient importantes dans les deux scénarios, elles le sont encore plus selon les hypothèses hautes (Figure 3.9-67).

3.9.3.3 Bilan global des émissions

Ce bilan global reprend les différentes valeurs présentées précédemment. L'objectif est ici de comparer les émissions de CO_2 induites ou évitées par les différentes thématiques étudiées et de vérifier l'intérêt général du projet dans le cadre des objectifs de réduction des émissions de GES.

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction) induit des émissions de GES importantes. En 2019 et 2020, les émissions induites atteignent quasiment 4 millions de téq CO_2 tandis que les émissions évitées sont pratiquement nulles. Dès la fin de la construction, les émissions induites se stabilisent et 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 importante dans le bilan global.

Le cumul des émissions induites et évitées représenté sur les graphs suivants (Figure 3.9-69 et Figure 3.9-70) permettent d'estimer la période nécessaire pour que les émissions évitées compensent les émissions induites, et ceci selon les 2 scénarios d'hypothèses, hautes et basses.

Hypothèses basses

Selon les hypothèses basses de population et d'emploi, les émissions évitées seront égales aux émissions induites aux alentours de 2027, c'est-à-dire neuf ans après la mise en service du premier tronçon (Figure 3.9-68).

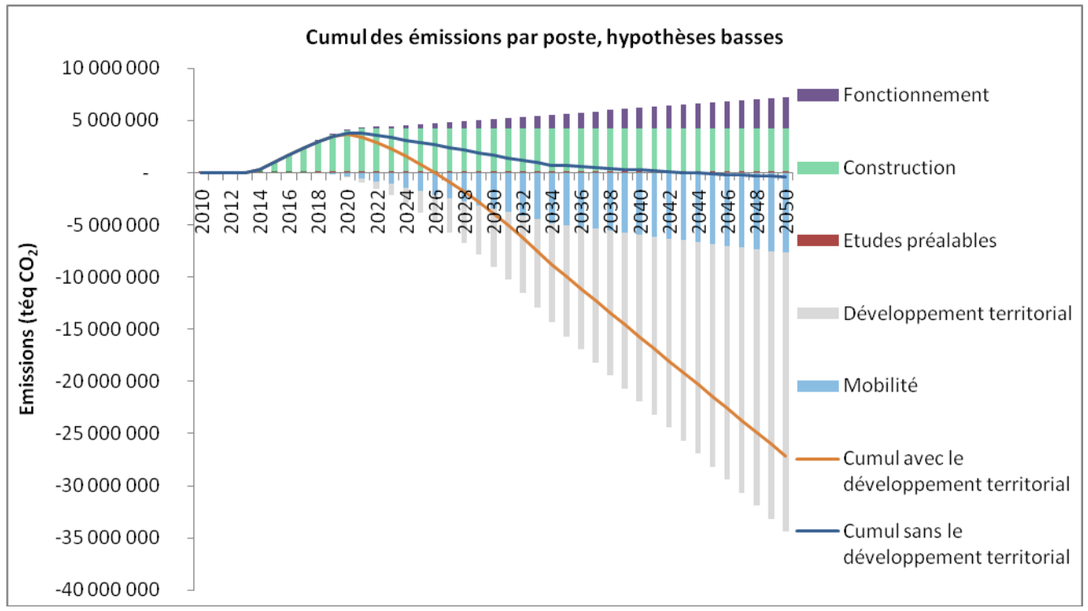


Figure 3.9-68 : Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) des étapes du projet, en hypothèses basses.

A l'horizon 2035, les émissions induites et évitées cumulées depuis le début du projet se répartissent selon le graph ci-dessous :

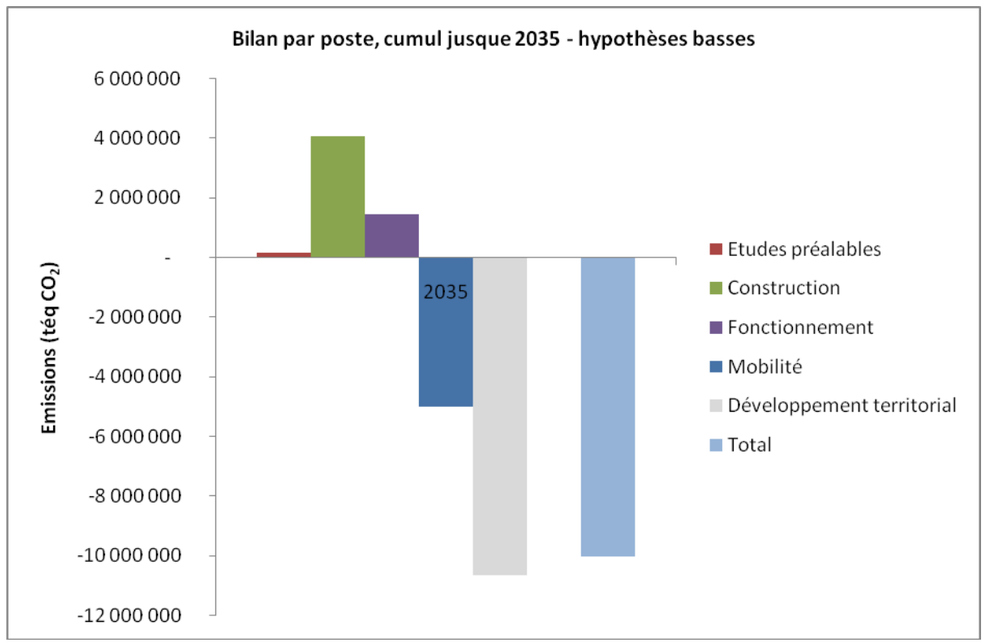


Figure 3.9-69 : Bilan des émissions de GES (en téq CO_2) par poste, à l'échéance 2035, en hypothèses basses.

En 2035 les émissions évitées surpassent donc les émissions induites d'approximativement 10 000 000 téq CO_2.

Hypothèses hautes

Selon les hypothèses hautes, les émissions évitées compensent également les émissions induites aux alentours de 2026.

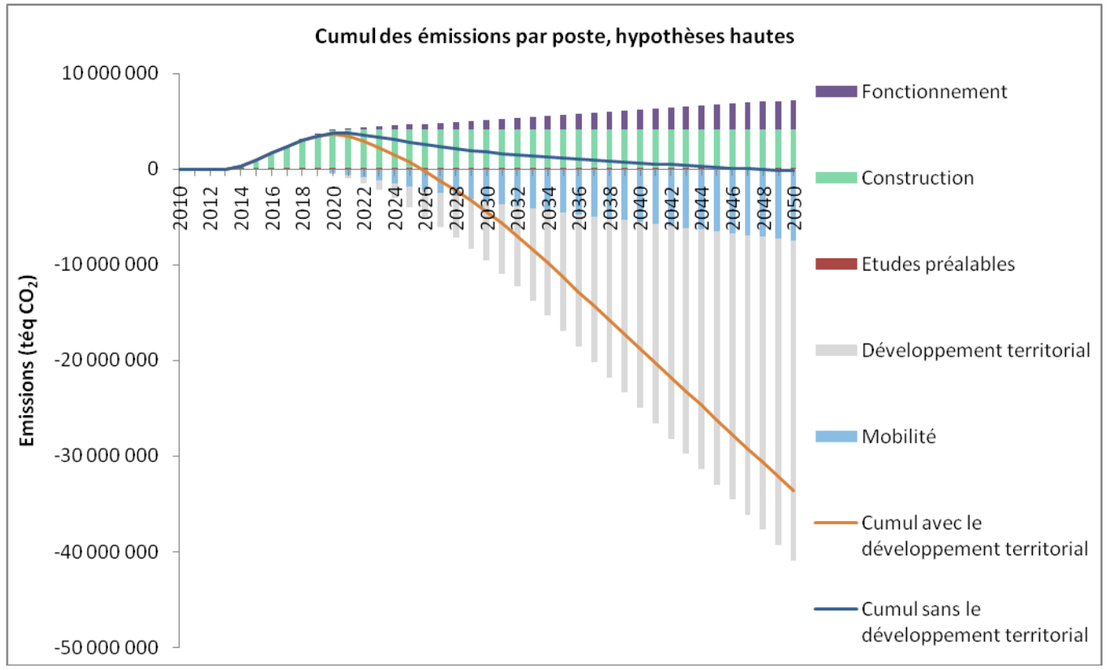


Figure 3.9-70 : Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) des étapes du projet, en hypothèses hautes.

3.10 Bruit et vibrations

3.10.1 Bruit

3.10.1.1Introduction

L'objectif de cette analyse est d'évaluer, à l'horizon 2035, les impacts sonores liés au projet de métro automatique sur la population francilienne. Les principaux impacts prévisibles sont liés à la phase temporaire de chantier, au fonctionnement et à l'exploitation de l'ouvrage (fonctionnement du métro en lui-même, exploitation des gares, puits de ventilation, etc.) mais aussi à ses effets induits sur le report modal et les nuisances sonores du trafic routier.

Dans un premier temps, un rappel des caractéristiques de la gêne perçue par les riverains quant au bruit du métro, comparativement aux autres sources de bruit des transports, est effectué (pour plus de détails, voir le chapitre plus approfondi sur le sujet du rapport de phase 1).

Dans un second temps, le bruit généré par le futur métro automatique est analysé de manière qualitative avec l'étude des sources sonores du métro, puis de manière quantitative sur base de calculs simplifiés réalisés à partir du logiciel Cadnaa à partir de la norme de calcul Française NMPB Fer et des données d'entrée fournies par le Maître d'ouvrage.

Ensuite, les impacts indirects du projet, plus précisément sur le bruit du trafic automobile, sont analysés :

- à l'échelle régionale sous forme de cartographies sonores afin d'estimer l'impact en 2035 du bruit routier sur la région, avec et sans projet. Ce travail " simplifié " s'appuie sur des typologies simples de propagation du bruit issues du CERTU[102] et implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un SIG (Système d'Information Géographique).

- à l'échelle du quartier sous forme d'une étude qualitative, sachant que les impacts indirects du projet à l'échelle locale seront traités de manière plus fine dans les études d'impacts environnementaux par tronçon.

Les autres impacts liés au projet sont également traités de manière qualitative, en particulier la gêne sonore potentielle liée à l'implantation des gares et l'impact sonore de la phase chantier.

Enfin, des propositions de mesures d'évitement et de réduction du bruit sont précisées.

3.10.1.2Rappel des textes réglementaires

Le métro automatique est considéré comme une infrastructure ferroviaire urbaine, il est donc soumis à l'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires

Les autres bruits générés par le projet (équipements/chantier…) sont quant à eux soumis à l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées et le décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

Enfin, trois directives européennes sont également applicables en ce qui concerne les équipements et véhicules de chantier (2005/88/CE relative aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur, 2006/42/CE relative aux bruits des machines et 2007/34/Ce relative aux bruits des véhicules)

[102] Guide du bruit des transports, CERTU, 1980

Les valeurs applicables en environnement sont détaillées dans le rapport de phase 1 et rappelées dans les chapitres ci-après. En ce qui concerne les directives relatives au chantier, les valeurs les plus intéressantes sont reprises au chapitre relatif à l'impact du chantier.

3.10.1.3Perception de la population

L'étude relative à la perception des riverains et la gêne sonore perçu est présentée de manière détaillée dans le rapport de phase 1. Néanmoins les éléments clés permettant de définir comment les riverains percevront le bruit généré par le projet de métro Grand Paris sont rappelés ci-dessous.

L'influence des facteurs non-acoustiques dans la gêne sonore ressentie par les personnes

Quels que soient les différents indices utilisés pour évaluer la gêne sonore des personnes, la gêne sonore dépend également de facteurs extérieurs qui n'ont pas de lien direct avec l'acoustique comme :

- les facteurs de situation qui sont liés à la localisation du logement par rapport à la source de bruit

- les facteurs individuels variant d'un individu à l'autre. On distingue généralement deux catégories : les facteurs sociodémographiques (sexe, âge, niveau de formation…) et les facteurs d'attitude (habitudes, sensibilité au bruit, peur de la source de bruit…)

- les facteurs sociaux comme le style de vie, l'image de la source de bruit, les attentes que l'on a face au bruit…

Aussi, outre la dimension " bruit " est-il important de bien connaître la population existante qui sera exposée au bruit du métro mais aussi la population future qui s'implantera autour des pôles socio-économiques créés par le projet, ceci pour réduire les impacts liés au projet et optimiser les moyens de réduction du bruit.

A niveau sonore égal, le bruit du métro est moins gênant que le bruit du trafic routier ou aérien

Le Diagramme Miedema issu d'une recherche à l'échelle européenne, permet de donner, pour un niveau sonore équivalent, une approximation de la gêne de la population en fonction du moyen de transport considéré. Le métro pouvant être assimilé au bruit du trafic ferroviaire.

Tableau 3.10-1 : Part de la population gênée et très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Source : commission européenne 2002 « Position paper on relationships between transportation noise and annoyance »)

L_{den} (dB(A))	Bruit du trafic aérien		Bruit du trafic routier		Bruit du trafic ferroviaire	
	% gênés	% très gênés	% gênés	% très gênés	% gênés	% très gênés
45	11	1	6	1	3	0
50	19	5	11	4	5	1
55	28	10	18	6	10	2
60	38	17	26	10	15	5
65	48	26	36	16	23	9
70	60	37	47	25	34	14
75	73	49	61	37	47	23

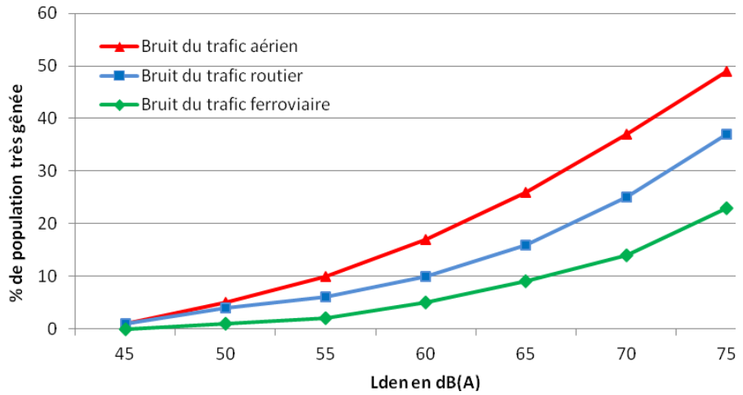


Figure 3.10-1 : % de population très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Source : commission européenne 2002 « Position paper on relationships between transportation noise and annoyance »)

On remarque ainsi que pour un niveau de bruit Lden équivalent, la population sera avant tout gênée par les avions, puis le trafic routier et enfin le trafic ferroviaire qui est considéré comme le transport le moins gênant d'un point de vue sonore. Par exemple, pour un Lden de 60 dB(A) équivalent au critère applicable pour une zone d'habitations à ambiance préexistante modérée, le bruit aérien gênera fortement 17 % de personnes, contre 5 % pour le bruit ferroviaire, soit plus de 3 fois moins de gens très gênés.

Le bruit ferroviaire est donc mieux supporté par la population que le bruit routier. Cela explique pourquoi un " bonus " de 3 dB(A) est considéré pour les valeurs limites du bruit ferroviaire en France. Les raisons pour lesquelles le bruit ferroviaire est mieux accepté que le bruit routier sont les suivantes :

- la typologie bien particulière du bruit ferroviaire (événements sonores prévisibles et réguliers, avec des périodes de calme entre les passages),
- l'image du train qui est plutôt positive auprès des populations (écologie, progrès…).

Cet avantage pour le rail est particulièrement observé :

- dans les situations où les niveaux de bruit sont déjà élevés,
- en période nocturne,
- en zone urbaine plutôt qu'en zone rurale.

Le bruit des trains peut cependant dans certains cas être perçu comme plus gênant que le bruit routier, en particulier :

- pour les activités de communication (conversations téléphoniques, écoute de la radio ou de musique…),
- pour les activités en plein air (sports, promenades, jardins pour enfants…),
- lorsque les niveaux de bruit de jour, hors trafic ferroviaire, sont faibles (< 55 dB(A)).

Conclusion

Les nuisances sonores générées par le métro proches de celles des trains seront mieux perçues que celles induites par l'implantation d'une autre infrastructure de transport. La gêne sonore engendrée par le métro peut donc être maîtrisée. Il est cependant nécessaire de bien considérer la variable bruit en amont des aménagements, surtout au niveau des tronçons en aérien.

De plus, un des impacts attendu du projet est la réduction des nuisances sonores liées au trafic routier. L'étude ci-dessus a montré que le bruit routier était une plus grande source de nuisances sonores pour la population que le bruit des trains. De plus les études montrent que le bruit peut avoir des effets sur la santé et les zones calmes, où les bruits générés par l'homme sont peu perceptibles, peuvent permettre de se ressourcer et de diminuer le stress.

Cela signifie donc qu'outre les mesures prises pour réduire l'impact sonore du projet, les actions prises pour réduire l'impact du trafic automobile auront un impact très positif sur la perception sonore et le bien-être de la population actuelle et future située à proximité du projet.

Les chapitres suivants analysent plus en détail les impacts sonores directs et indirects induit par le projet de métro automatique. Les études à l'échelle des tronçons s'attacheront à étudier plus localement les impacts sonores du projet, en particulier pour les tronçons en aérien où des cartes de bruits précises seront réalisées.

3.10.1.4Impacts directs du projet

Origine et cause du bruit généré par les métros

Il existe encore peu d'études consacrées spécifiquement au bruit du métro, en particulier car ce mode de transport est souvent prévu en souterrain et plus rarement en insertion aérienne (viaduc ou au niveau du sol). Le bruit généré par le métro provient des sources de bruits suivantes (de la plus gênante à la moins gênante) :

- le contact roue/rail,
- les crissements,
- les appareils de voies (aiguillages, traverses, joints,…),
- les blocs moteurs et auxiliaires,
- les équipements de ventilation,
- autres bruits (klaxon, ouvertures/fermetures portes, sirènes de fermeture des portes…).

Contacts roue/rail

A partir de 40km/h, le bruit de roulement est la source de bruit principale du métro. Ce bruit est généré par la mise en vibration du matériel roulant et de la voie lors du contact roue/rail. Ces vibrations sont causées par les aspérités et défauts de surfaces des différents éléments roue et rails que l'on appelle rugosité.

La rugosité du rail va faire vibrer la roue qui va ensuite transmettre l'excitation à la suspension, au châssis de bogie puis à la caisse. Tous ces éléments vont ainsi générer du bruit dans l'environnement.

L'infrastructure aussi est mise en vibrations par le matériel roulant et rayonne deux catégories de bruits : les bruits directs (voie aérienne) et les bruits solidiens (vibrations qui se transmettent via les fondations et équipements de la voie).

En insertion souterraine, le bruit solidien généré par ces vibrations est l'unique source pouvant être audible pour les riverains (voir aussi point ci-dessous).

Le bruit de roulement du métro varie de manière importante selon les facteurs suivants :

- type de matériel roulant (charge statique, type de boggie, type de freinage, type de roue, longueur…),
- type d'infrastructure (équipements de voie, état des rails…),
- configuration de la voie (aérienne ou souterraine)
- la vitesse.

Vibrations / bruits solidiens

Les bruits solidiens proviennent de la vibration des bâtiments sous l'effet des vibrations transmises par l'infrastructure au passage d'un métro. Les vibrations transmises font vibrer les murs des pièces des bâtiments qui rayonnent un bruit sourd caractéristique souvent appelé " grondement ". Ils ne sont perçus que par les riverains situés au plus proche des voies ou au-dessus d'ouvrages souterrains.

Les paramètres influant sur les bruits solidiens sont les suivants :

- les vibrations générées par le contact roue/rail (liées principalement aux irrégularités de surface mais aussi au type de rame qui peut modifier la fréquence de résonance voie/essieu,
- l'atténuation vibratoire de la plateforme,
- le type de boggie utilisé (roue en fer ou pneumatique),
- la propagation des vibrations dans le sol,
- la régénération du bruit dans le bâtiment.

Il s'agit du bruit le plus gênant pour les riverains. Il n'est pas aisé de traiter par après les bruit solidiens mais il est possible de les combattre pour une ligne nouvelle car les solutions peuvent directement être intégrées dans le projet, en choisissant dès le départ la mise en œuvre de dispositifs anti-vibratiles au niveau du matériel roulant et au niveau de la plateforme, mais aussi en fixant une distance minimum entre la voie et les habitations. En effet, la distance atténue les vibrations induites et donc le bruit solidien éventuel qui y est associé.

A noter que le risque d'apparition des bruits solidiens est général à l'ensemble du réseau, qu'il soit souterrain ou aérien. En effet, il dépend directement des vibrations générées par le métro. Aussi, il est bon de se référer au chapitre III.10.2 " Vibrations " pour évaluer ces risques.

Les crissements

Le crissement fait partie du bruit de roulement mais son caractère particulier justifie une analyse indépendante. Le crissement se caractérise par un niveau sonore élevé (+20dB) pour une ou quelques bandes de fréquences pures comprises entre 500 et 5000Hz. Le crissement se produit en général dans les virages étroits ou lors de freinages brusques. Dans ce cas, la roue se met en vibration et l'excitation se traduit par une amplification du bruit. La contribution de la roue dans l'émission sonore est alors prépondérante. Les paramètres influençant le crissement sont nombreux et encore mal connus. Leur influence varie fortement selon les situations et apparaît comme un phénomène peu répétable.

L'apparition de crissement peut être causée par :

- le tracé de la ligne de métro (rayon de courbure, écartement des rails, dévers, pente…),
- l'état du rail (profil, matériau, type de pose, éventuel appareil de voie, état de surface…),
- l'état et le type des roues (géométrie, matériau, profil, charge nominale, profil, état de surface…),
- le freinage (en cas de freinage à disque),
- le type de Bogies.

Appareils de voie

Le projet va induire l'apparition de nouveaux aiguillages et autres appareils de voies qui pourraient générer des nuisances sonores supplémentaires ponctuelles pour les riverains compte tenu que, pour une même vitesse de circulation, le bruit des métros sur un aiguillage peut être jusqu'à 10 dB(A) supérieur au bruit usuel généré pour les mêmes conditions de circulation.

De plus, ces derniers causent peuvent aussi causer des vibrations supplémentaires en raison des à-coups que les équipements sont susceptibles de provoquer au niveau des roues.

Néanmoins, dans le cas présent, les lignes étant indépendantes les unes des autres, il est estimé que le nombre d'aiguillage sera limité aux accès aux sites de maintenance et, éventuellement, si le matériel est adaptable, aux croisements avec les autres lignes du métro. En outre, la très grande majorité des appareils de voies vont se situer en souterrain, ce qui réduira la gêne sonore potentielle, surtout si des précautions au niveau des vibrations induites sont prises.

Blocs moteurs

Cette source de bruit dépend de la vitesse et du régime moteur en tour/minute. Le bruit du bloc de traction est prépondérant pour les vitesses faibles mais conserve une influence non négligeable même si elle n'est plus prépondérante pour les vitesses plus élevées, supérieures à 40km/h. Les blocs moteurs peuvent donc surtout avoir un impact significatif en gare ou à faible vitesse mais il ne s'agit pas de la source la plus gênante. En général, plus la rame de métro est récente, plus les blocs moteurs sont silencieux.

Autres sources du métro

Les autres sources de bruit comme les équipements de ventilation, les systèmes d'ouverture/fermeture des portes, les sirènes d'alarme de fermeture (…) sont, quant à elles, négligeables lorsque le métro est en roulement et ne sont susceptibles d'avoir une légère influence en environnement que lorsque le métro est à l'arrêt sur des quais extérieurs.

Ces équipements sont nécessaires à l'exploitation du moyen de transport mais leurs bruits doivent être étudiés de manière à optimiser leur fonctionnalité et, si possible, réduire la gêne sonore en jouant sur l'intensité des signaux sonores, leur durée, leurs fréquences…

Spécificités du bruit généré en environnement par les transports ferroviaires urbains

Le bruit du métro est un bruit de type ferroviaire qui se caractérise :

- par un trafic périodique dont les occurrences de passage sont relativement bien connues,
- une exposition au bruit importante à chaque passage mais limitée à une courte durée, ce qui préserve des périodes de calme relatif (dépend du bruit ambiant), et bien connue (signature stable),
- un nombre de passages faible : quelques centaines de passages au maximum dans la journée sur les infrastructures les plus sollicitées, à comparer aux milliers de véhicules par heure observés sur les infrastructures routières les plus chargées.

Une signature stable

Le schéma ci-après représente une signature typique de passage d'un matériel ferroviaire ainsi que les différents indices utilisés pour évaluer la gêne qui sont :

- l'indice LAmax
- le temps d'exposition te
- l'indice LAeq (niveau sonore moyen sur une période donnée, ici le temps d'exposition)

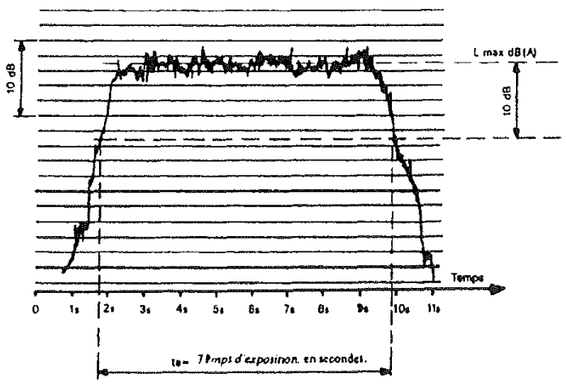


Figure 3.10-2 : Signature type du passage d'un train avec définition du temps d'exposition et du LAmax (Source : Guide du bruit des transports terrestres, CERTU, 1980)

La directivité du bruit des métros

Les métros comme les trains vont générer un bruit localisé au niveau des bogies qui se propage de manière verticale et de manière horizontale.

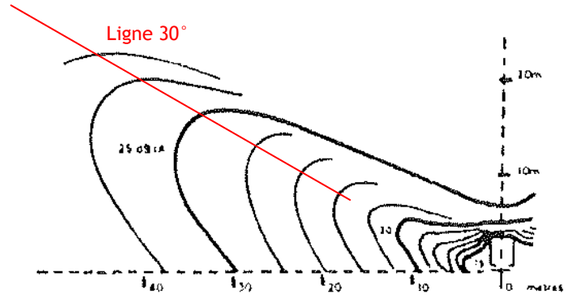


Figure 3.10-3 : Diagramme de directivité des trains (Source : Guide du bruit des transports terrestres, CERTU, 1980)

Le diagramme ci-dessus représente les courbes d'iso-affaiblissement en dB(A) pour une circulation moyenne de trains voyageurs. On observe clairement la directivité du bruit émis par le train : pour un angle inférieur ou égal à 30° à partir du sol, un récepteur est dans la zone principale de bruit.

Caractéristiques du matériel prévu pour le projet de métro automatique

Définition du matériel

A ce stade de l'étude, le matériel prévu sur le tronçon T2 (ligne verte) n'est pas totalement défini mais il est arrêté que la ligne rouge sera équipée de métro à roulement fer tandis qu'en raison des contraintes liées aux infrastructures existantes, la ligne bleu (tronçon T3) prolongeant le métro 14 sera équipée de métro sur pneu.

D'après les données fournies par le Maître d'ouvrage, ce type de rame aurait un niveau de bruit en environnement relativement similaire, voire légèrement plus important, que les métros les plus récents à roues de fer.

Les pneumatiques auraient cependant plusieurs avantages sur les roues de fer :

- Le risque d'apparition de crissements est largement réduit du fait de la souplesse des pneumatiques,
- Enfin, les pneus, plus souples, participent à l'amortissement et réduisent considérablement les vibrations et donc les bruits solidiens potentiellement transmis vers les logements.

Niveaux de bruits générés par le métro

Actuellement les données acoustique en notre possession concernent les deux types de métro suivants : le métro sur pneumatique de type MP89 et le métro à roues en fer de type MI79.

Ces données seront affinées au fur et à mesure de l'état d'avancement des différentes études d'impact par tronçon.

- ***Le métro sur pneumatique de type MP89***

Le tableau et le graphique ci-dessous résument les caractéristiques des spectres 1/3 octave fournis pour un métro sur pneumatique de type MP89 pour des vitesses de 60, 80 et 100 km/h[103].

Tableau 3.10-2 : niveaux sonores pour un métro type MP89 (Source : données RATP 2010)

Niveaux sonores en dB(A) mesurés pour un métro type MP89				
distance	hauteur	60km/h	80km/h	100km/h
1,9m	0,75m	86,4	91,4	96,8

Les spectres fournis montrent que pour les vitesses comprises entre 80 et 100km/h, les fréquences prépondérantes du métro sont comprises entre 400 et 2500Hz, soit les fréquences moyennes les plus audibles par l'oreille humaine.

Pour la vitesse commerciale prévue de l'ordre de 60km/h sur l'ensemble des tronçons, les fréquences prépondérantes sont plus basses, entre 250 et 1500Hz.

Pour l'ensemble des vitesses considérées, on observe aussi une légère augmentation des niveaux sonores en très basses fréquences (infrasons <16Hz). Ces dernières ne sont pas audibles par l'oreille humaine mais montrent la présence de vibrations générées par le métro.

[103] *Source : données transmises par la RATP dans le cadre de l'étude stratégique réalisée en 2010*

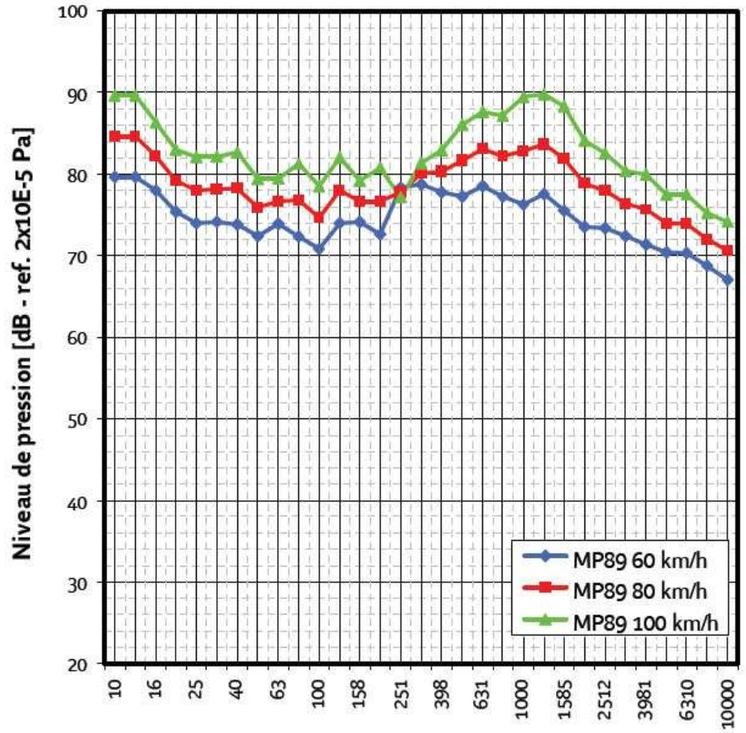


Figure 3.10-4 : Niveaux de bruits mesurés du métro MP89 par bande de fréquence selon la vitesse en km/h (Source : données RATP 2010)

- ***Le métro sur roue de fer de type MI79***

Les tableaux et le graphique ci-dessous résument les niveaux sonores et les spectres 1/3 octave à notre disposition pour un métro sur roue de fer de type MI79 de longueur 104m et pour une vitesse de 90 km/h[104].

Tableau 3.10-3 : Niveaux sonores pour un métro type MI79 (source SNCF 2006)

Niveaux sonores L_0 en dB(A) donnés pour un métro type MI79		
distance	hauteur	90 km/h
25m	3,5m	78,5

[104] *Source RRF/SNCF « Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement » du 30/01/2006*

Tableau 3.10-4 : Niveaux de puissance sonore de référence Lw pour un métro type MI79 de longueur 104m et pour une vitesse de 90km/h (source : données SNCF 2006)

Niveaux de puissance sonore Lw résultant pour un métro MI79 de longueur 104m et pour une vitesse de 90km/h							
Fréquences 1/1 octave	125 Hz	250Hz	500Hz	1000 Hz	2000Hz	4000Hz	dB(A)
Puissance Lw	105,1	103,8	108,8	106,9	98,8	91,7	

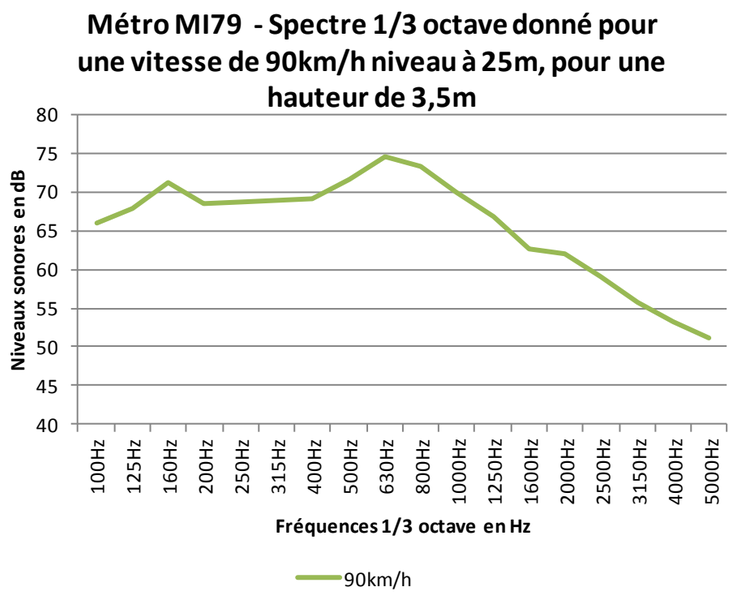


Figure 3.10-5 : Niveaux sonore en dB par bande de fréquence pour le métro MI79 pour une vitesse de 90 km/h (Source : données SNCF 2006)

- **Comparaison entre les deux modèles de métro**

On remarque que pour le modèle sur roue de fer, nous ne disposons que de valeurs correspondant à une vitesse de 90km/h, or les métros en portion aérienne auront une vitesse moindre, proche de 60 km/h.

Afin de comparer les deux modèles de métros, nous avons calculé pour chacun les niveaux sonores L0 résultants à 25m pour 3,5m de hauteur aux vitesses 60, 80, 90 et 100km/h en se basant sur le guide du bruit des transports terrestres (CERTU 1980) pour l'évaluation de cet indice.

Pour le métro sur pneumatique nous avons donc évalué le niveau sonore résultant à 25m grâce à la formule suivante :

$$L(d) = L_0(25m) - k \times \log(d/d_0) + 10\log(n)$$[105]

Avec :

L(d) : le niveau sonore équivalent mesuré à une distance d, ici 1,9m, en dB

L_0 : le niveau sonore équivalent à 25m en dB

d_0 : distance de référence en m, ici 25m

d: distance en m de la mesure, ici 1,9m

K : coefficient fixé en fonction du type de véhicule. Ici k a été considéré comme égal à 13 afin de recaler avec les valeurs de référence du guide du bruit des transports terrestres pour un métro.

Pour le métro sur roue en fer, Les niveaux sonores L à 60,80 et 100km/h ont été calculées à partir de la valeur L_0 mesurée à 90km/h sur base de la formule $L = L_0 + 30 \times \log (V/V_0)$[106] qui est également reprise dans le guide du Certu.

En revanche dans un cas comme dans l'autre aucune correction n'a été faite pour corriger la hauteur, L_0 est donné à 2m de hauteur selon le guide du Certu.

Compte tenu de l'approximation de la méthode, les résultats sont donnés à titre indicatif, arrondis au dB(A) près :

Niveaux sonores L_0 évalués en dB(A)						
Type de métro	distance	hauteur	60km/h	80km/h	90 km/h	100km/h
Métro pneumatique type MP89	25m	2m	72	77	-	82,0
Métro roue de fer type MI79			73	77	78,5	80,0

Tableau 3.10-5 : Niveaux de référence L_0 calculé pour les deux types de métro étudiés, pour un passage à 25m et une hauteur de 2m et pour les vitesses 60, 80 et 100km/h (source : guide du bruit des transports terrestre du Certu 1980)

On remarque que les données sont similaires sauf pour la vitesse de 100km/h où le métro sur roue de fer serait moins bruyant de 2 dB(A) que le métro sur pneumatique. En revanche la tendance s'inverserait à 60 km/h où c'est le métro sur pneumatique qui serait le moins bruyant de 1 dB(A).

Mais il faut rappeler que les données disponibles pour le MI79 obligent l'utilisation d'une formule pour calculer les différentes vitesses. Or cette formule n'est pas précise et ne remplace pas des valeurs mesurées à différentes vitesses en conditions réelles. Il est entre autre possible que l'évaluation du niveau sonore du MI79 à 60km/h, soit la vitesse commerciale majoritaire sur les réseaux aériens soit légèrement surévaluée à cause de cette formule.

A ce stade de l'étude, en l'absence de données plus précises pour le MI79 les modélisations de la suite du chapitre sont réalisées sur base des niveaux sonores et spectres à notre disposition pour le MP89 pour les vitesses 60 et 80 km/h uniquement. Les niveaux sonores proches obtenus pour les 2 types de métro étudiés à 25m montrent que l'analyse ainsi effectuée pourra s'étendre dans une certaine mesure au métro de type MI79.

[105] *Guide du bruit des transports terrestres (CERTU 1980)*
[106] *Source RRF/SNCF « Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement » du 30/01/2006*

Les études réalisées à l'échelle des tronçons en aériens tiendront compte des vitesses exactes sur les différents tronçons et, si les données disponibles le permettent, des caractéristiques techniques et sonore des types de métro qui seront réellement choisis pour les différentes portions en aérien (T2 et T5).

Offre envisagée des métros

L'offre envisagée pour l'ensemble des lignes est donné au chapitre mobilité pour l'heure de pointe du matin, sur base des informations transmises par le Maître d'ouvrage à ce stade de l'étude.

Dans le cadre de l'étude bruit, les hypothèses d'offre ci-après sont celles relatives aux parties aériennes du métro. Pour la période de nuit, l'hypothèse retenue pour les deux tronçons en aérien est celle donnée pour la ligne rouge en heure creuse dans le descriptif général du projet réalisé en phase 1, soit un métro toutes les 8 minutes par sens.

Les charrois de métro considérés dans la présente étude sont donc les suivants (trafic tous sens confondu) :

- 30 métros/h pour le tronçon T2 (ligne verte) en heure de pointe le matin - équivaut à une fréquence de 1métro toutes les 120 secondes
- 32 métros/heure pour le tronçon T5 (ligne rouge) en heure de pointe le matin - équivaut à une fréquence de 1métro toutes les 112 secondes
- 15 métros/heure pour les deux tronçons la nuit (heure creuse) - équivaut à une fréquence de 1métro toutes les 4 minutes

L'étude à l'échelle du tronçon prendra en compte les dernières hypothèses disponibles pour les portions en aérien du métro (T2 et T5), en prenant en compte les éventuelles variations entre certaines gares.

Localisation des portions aériennes du métro

Environ 26 km du tracé du métro sont envisagés en insertion aérienne (soit ≈ 18 km pour le tronçon T2 et ≈ 8km pour le tronçon T5) sur un total prévu d'environ 180km d'infrastructure nouvelle du métro automatique, soit 14% du tracé

En souterrain, le métro automatique aura peu d'impacts directs dans l'environnement sonore sauf localement au niveau des puits de ventilation et des gares. Une attention doit néanmoins être apportée au niveau des bruits solidiens potentiellement transmis par les vibrations du métro dans les habitations. Cette problématique est traitée plus en détails dans le chapitre III.10.2.Vibrations.

.

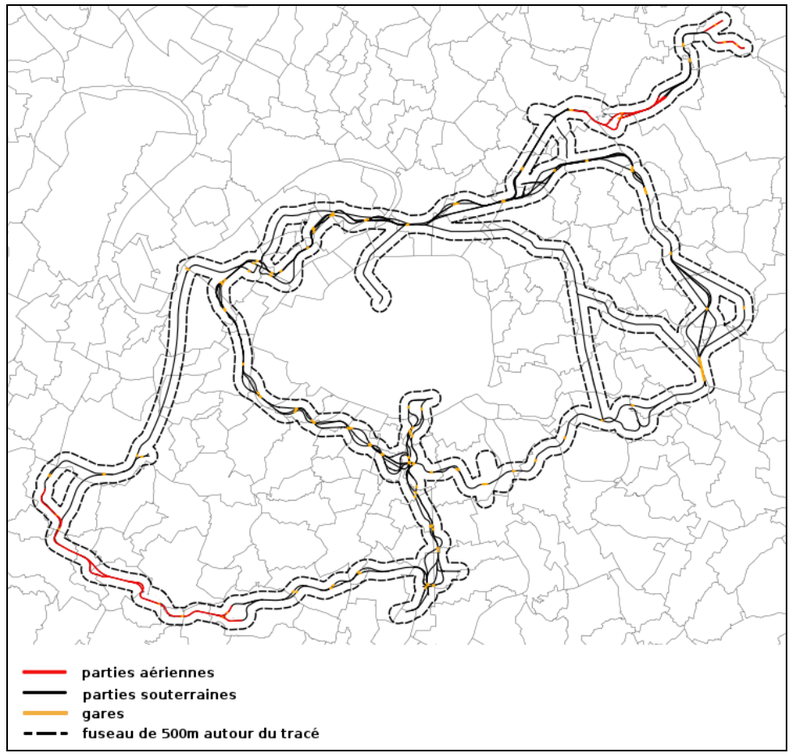


Figure 3.10-6 : Différenciation des portions aériennes du métro par rapport aux portions souterraines (source : Société du Grand Paris)

Sensibilité des portions en aérien des tracés T2 et T5

Le choix d'insertion du métro en souterrain, ce qui est le cas pour 86% du tracé, est donc en général propice à un moindre impact sonore du métro sur les riverains, soit une gêne potentielle réduite.

La portion du tronçon T5 (au nord-est du tracé global) concernée par un tracé en aérien du métro présente peu de risques de gêne sonore induite par le métro car la zone est peu dense et est dédiée aujourd'hui principalement à des développements de zones d'activités économiques. En outre, cette zone est déjà soumise aux bruits des avions qui masqueront souvent le bruit du métro et la majorité des terrains ne sont pas constructibles pour de l'habitat (zones PEB).

La portion en aérien du tronçon T2 présente plus de risque de gêne sonore pour les riverains du fait de la présence plus importante d'habitations, des industries de pointes, des établissements d'enseignement supérieur et de zones naturelles. Néanmoins, la mutualisation des axes routiers avec le tracé permettra de réduire le risque de gêne sonore pour les riverains.

Les chapitres ci-après abordent plus en détail les impacts sonores potentiels du métro en fonction de son type d'insertion.

3.10.1.4.1.1 Insertion en tunnel

Sauf si la couverture n'est que partielle, le métro couvert ou souterrain ne sera pas perceptible dans l'environnement. Il ne faut néanmoins pas oublier le bruit solidien potentiellement induit par les vibrations du métro mais qui est réduit à partir du moment où les vibrations sont bien traitées et/ou que les sections de métro souterrain sont situés à 20 mètres ou plus des habitations (voir chapitre III.10.2 Vibrations)

A l'extérieur, seuls les ouvrages de ventilation pourraient induire une gêne sonore avec des grilles de ventilation tous les 800 mètres au moins conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

En général, ces puits assurent à la fois les fonctions de ventilation, d'accès des secours et d'exhaure.

A titre indicatif, ci-après sont présentés des schémas-type de puits de ventilation

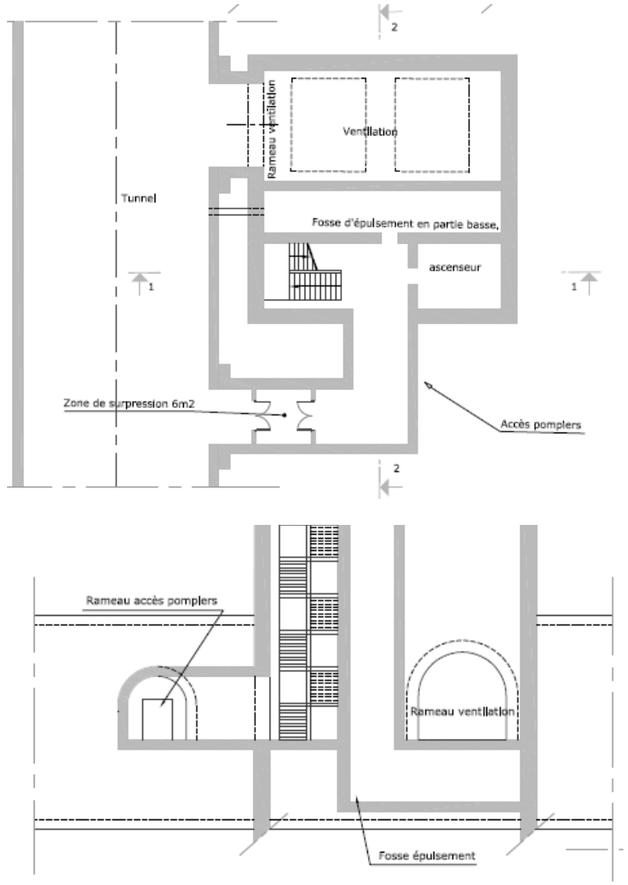


Figure 3.10-7 : Plan et coupe type d'un puits de ventilation d'un tunnel de métro (Source SETEC – mémoire technique SETE-M3X-INF-FAI-RAP-003-0-0t)

On observe que la surface dédiée à la ventilation est très importante. Le dimensionnement des différentes sections des puits s'établit ainsi :

Tableau 3.10-6 : Dimensionnement des différentes sections d'un puits de ventilation (source SETEC – mémoire technique SETE-M3X-INF-FAI-RAP-003-0-0)

	Vitesse maximale du courant d'air	Section d'air
Gaine de transit entre le tunnel et l'usine de ventilation	20 m/s (gaine maçonnée) 15 m/s (gaine métallique)	13 m² 18 m²
Plenum avec silencieux (passage d'air libre 50%)	12 m/s	43 m²
Cheminée de rejet Grille de rejet au sol	7-8 m/s 5 m/s	35 m² 52 m²

Les grilles de ventilation des puits sont donc susceptibles d'avoir une surface jusqu'à 52m2. En raison des contraintes de tracé, la plupart de ces puits a une profondeur supérieure à 30 m. Compte tenu de la puissance nécessaire pour extraire l'air à cette profondeur à des débits de ce type de grandeur, des ventilateurs axiaux des ventilateurs capables d'assurer un débit de l'ordre de 260m3/s, soit 936 000 m3/h sont nécessaires pour la bonne la ventilation des tunnels

Ils présenteront des niveaux de puissance Lw estimés supérieurs à 105 dB(A), avec une forte composante en basses et moyennes fréquences.

Rappel des valeurs clés de la réglementation

Les puits de ventilation sont soumis à la réglementation française en matière de bruit des installations classées (arrêté du 23 janvier 1997) et aux bruits de voisinage (décret du 31 décembre 2006), soit les principales valeurs suivantes à retenir :

- Un niveau sonore limite à ne pas dépasser en limite de propriété, quelle que soit l'affectation des zones alentours. Ce niveau de bruit est de 70 dB(A) en période de jour et de 60 dB(A) la nuit.

- Une émergence limite réglementaire au droit des zones à émergence réglementée[107], de 6 dB(A) de jour (7-22h) et de 4 dB(A) la nuit (22h-7h) dB(A) la nuit et les dimanches, qui dépend directement des niveaux de bruits ambiants mesurés avant l'installation et peut être réduite de 1 dB(A) si l'environnement sonore existant est déjà soumis à un bruit ambiant supérieur à 45 dB(A).

- Une émergence limite réglementaire à 2m des habitations de 5 dB(A) le jour (7-22h) et de 3 dB(A) la nuit (22-7h)

En cas de proximité avec des zones habitées, c'est la notion d'émergence limite réglementaire qui prime (bruits de voisinage), ce qui signifie que les niveaux sonores limites dépendent directement des niveaux de bruits de fond préexistants et qu'ils sont en général plus contraignants que la valeur applicable en limite de propriété.

Dans les zones à risque qui sont identifiées à l'échelle du tronçon, il donc est possible que les niveaux sonores limites admissibles soient plus faibles que 60 dB(A) à 1m, c'est pourquoi il est impératif de prévoir lors de l'étude d'incidence des mesures acoustiques complémentaires au droit des riverains les plus proches et à proximité des emplacements des puits de ventilation pour déterminer les niveaux sonores maximum à atteindre pour chaque puits de ventilation

[107] *zones extérieures habitées, occupées ou constructibles la plus proche*

Méthodologie

A ce stade, l'étude des puits de ventilation est principalement abordée de manière qualitative sur base d'une modélisation simplifiée réalisée à l'aide du logiciel Cadnaa selon la norme ISO9613 recommandée par la directive 2002/49/CE. En l'absence de données plus complètes sur les niveaux de bruits des ventilateurs, l'étude se base sur l'objectif minimal à atteindre, soit un niveau de bruit particulier de maximum 60 dB(A) à 1m de la grille située en surface. Le spectre utilisé dans les calculs est un spectre-type de ventilateur axial.

Cette modélisation permet de visualiser la propagation du bruit des puits de ventilation dans l'environnement en champs libre et schématise la distance des isophones 40, 45, 50, 55 et 60 dB(A), ceci afin d'évaluer la sensibilité de chaque puits en fonction de sa distance aux premiers riverains et/ou zones à émergences réglementées.

Les hypothèses de calculs 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 ? 30m2 et pour un cas d'insertion en sol réverbérant (surface principalement bitumé)
- Maillage 2 x 2m, soit un point de calcul tous les 2m,
- Aucun effet météorologique

Résultats du modèle

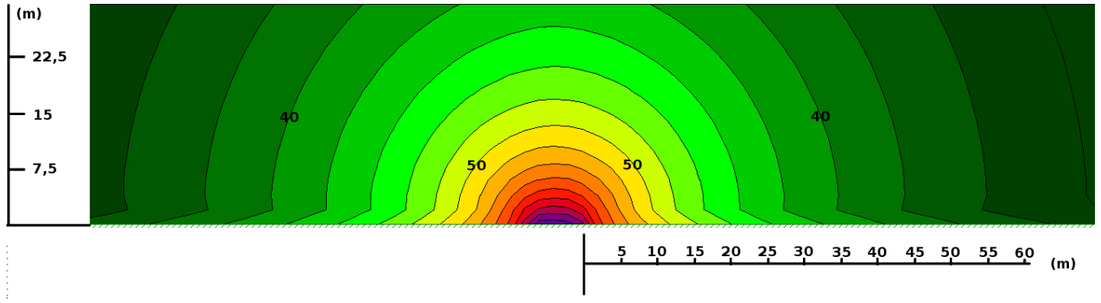


Figure 3.10-8 : Profil de propagation de bruit d'un puits de ventilation générant un niveau sonore de 60 dB(A) à 1m – sol réverbérant (source : ASM)

Tableau 3.10-7 : Distance en mètre par rapport à une grille de ventilation générant un niveau de bruit de 60 dB(A) à 1m pour atteindre les isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2m 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

On observe qu'il faut prévoir une distance de l'ordre de 35m pour réduire les niveaux de bruits particuliers des puits à moins de 40 dB(A). Compte tenu de l'urbanisation des zones et la présence de sources multiples, on peut raisonnablement supposer que la grande majorité des zones étudiées seront soumises à un niveau de bruit ambiant supérieur à ce niveau.

On évalue donc dans une première approche que les puits de ventilation situés à plus de 35m des riverains présentent peu de risques de dépassement sonore de la réglementation à partir du moment où le niveau sonore de 60 dB(A) à 1m des grilles de ventilation est respecté.

Sensibilité des puits de ventilation

Le projet nécessitera la construction d'environ 160 puits de ventilation qui seront plus ou moins sensibles en termes de nuisances sonores selon leur proximité avec les habitations et la présence de source sonore importante entre les riverains et les puits étudiés.

L'étude à l'échelle des tronçons prend en compte leur localisation par rapport aux habitations et/ou zones sensibles ainsi que des sources sonores existantes pour évaluer la sensibilité des puits par rapport au voisinage en matière de bruit. En revanche l'étude à l'échelle globale ne va pas dans ce degré de détails compte tenu du nombre important de puits de ventilation.

Néanmoins dans une première approche, les puits de ventilation situés à moins de 35m de logements et des zones naturelles sont particulièrement sensibles et devront faire l'objet d'une attention particulière.

A ce jour, les exigences réglementaires à respecter ne peuvent être fixées car nécessitent de connaître le niveau de bruit ambiant existant avant projet.

C'est pourquoi lors de l'étude spécifique des ouvrages, il sera nécessaire de procéder à des mesures initiales en période de nuit, période la plus contraignante, pour définir de manière précise et sans équivoque les niveaux de bruit particuliers à respecter pour chaque site. A noter que ces valeurs pourront également servir à fixer les exigences pour la phase chantier mais des valeurs de référence en cas de plaintes.

La méthodologie adoptée lors de ces campagnes de mesure devra être conforme à celle exposée dans la norme NF S 31-010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement.

3.10.1.4.1.2 Insertion en aérien

Méthodologie de calcul pour l'évaluation des niveaux de bruit

Sur les sections extérieures de plein pied ou en viaduc (tronçons T2 et T5 concernés), le métro aura un impact sonore plus important qu'en insertion souterraine. Les impacts sonores du métro en aérien ont été évalués de manière quantitative sur base des niveaux sonores et hypothèses de calculs rappelés au point précédent.

La méthodologie utilisée pour l'évaluation des niveaux de bruit du métro est le calcul selon la norme Française NMPB Fer. Dans un premier temps, ni le bonus ferroviaire de -3 dB(A), ni la correction de +3 dB(A) pour simuler un niveau de bruit en façade ne sont considérés dans nos calculs et notre analyse, ce qui permet de comparer directement les résultats des calculs avec les valeurs limites de la réglementation.

En viaduc (environ 7 à 8 mètres de haut), il peut être estimé que l'impact sera globalement similaire pour un récepteur situé au même niveau ou au-dessus de la voie de métro. A 2m du sol et à proximité de la voie (<30m), le bruit émis sera légèrement plus faible pour le métro en insertion viaduc car alors on ne se situe plus dans la directivité la plus forte du métro, mais dès que l'on s'éloigne un peu, la tendance s'inverse.

Les cartes de bruit ci-dessous montrent à titre indicatif la propagation du bruit attendue pour les tronçons en aériens du métro pneumatique MP89 pour différentes vitesses (60 et 80 km/h) et pour les 2 types d'insertion en aérien, sur base des fréquences de métro définies dans le rapport global de phase 1 et rappelées au point précédent.

Elles permettent ainsi d'évaluer de manière simplifiée la distance minimum à prévoir pour que l'infrastructure de métro respecte les valeurs limites imposées par la réglementation française en matière de nouvelle infrastructure ferroviaire[108]. Pour rappel, les principales valeurs à retenir sont les suivantes :

- Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée[109], écoles et établissements de soins de santé : 60 dB(A) le jour (6-22h) et 55 dB(A) la nuit (22-6h)
- Autres logements et bureaux : 65 dB(A) le jour (6-22h) et 60 dB(A) la nuit (22-6h)

Hypothèses de calculs

Conditions météorologiques correspondant à 50% d'occurrence favorable pour la période de jour (situation homogène) et 100% d'occurrence favorable pour la période de nuit (augmentation assez forte de la propagation sonore)

- Carte de bruit réalisée en coupe avec un maillage 2 x 2m, soit un point de calcul tous les 2m
- Sol réverbérant (coefficient G = 0,25)
- Viaduc considéré à 7m de hauteur
- Situation en champs libre sans obstacle, sans prise en compte de la topographie
- Méthode de calcul française selon norme NMPB Fer
- Spectres sonores transmis par la RATP relatifs au matériel type MP89 et précisé au point ci-dessus
- Vitesses considérées : 60km/h (soit la vitesse commerciale) et 80km/h
- Longueur des métros : 120m
- Données trafic de 30 à 32 métros/heure pour l'heure de pointe du matin et de 15 métros/heure pour l'heure de nuit
- Enfin, en raison de la similitude des niveaux sonores fournis pour les deux modèles de métro envisagés et de la plus grande précision des données fournies par la RATP pour le métro MP89, le modèle considère le métro MP89 uniquement (voir aussi point précédent)

Le modèle a fait l'objet d'une comparaison et d'un recalage avec les valeurs d'isophones obtenues par la méthode simplifiée du CERTU relative au bruit ferroviaire et utilisées dans le rapport stratégique. Néanmoins, la présente méthode est plus précise car elle tient compte de la hauteur du tracé du métro ainsi que des conditions météorologiques particulièrement favorables à la propagation du bruit usuellement observées en période de nuit.

A l'échelle du tronçon, une analyse plus fine des impacts sonores des portions en aérien (Tronçons T2 et T5) est effectuée sur base d'un outil de modélisation acoustique qui prendra en compte le profil exact des tracés ainsi que de l'impact de la topographie et des bâtiments.

[108] *Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires*
[109] *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)*

Résultats de la modélisation pour les tronçons T2 et T5 en heure de pointe le matin - insertion au sol

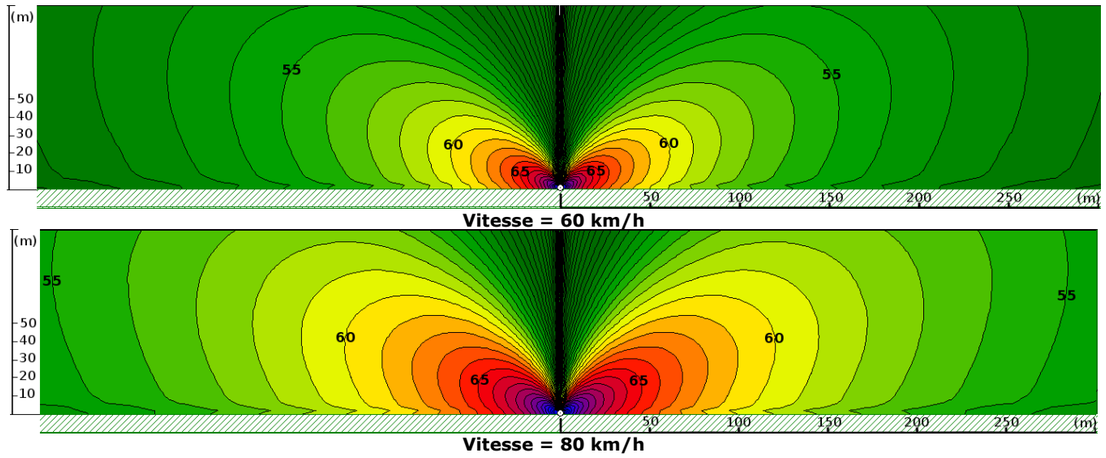


Figure 3.10-9 : Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h – 30 à 32 métros/heure – tronçons T2 et T5 insertion au sol

Résultats de la modélisation pour les tronçons T2 et T5 en heure creuse la nuit – insertion au sol

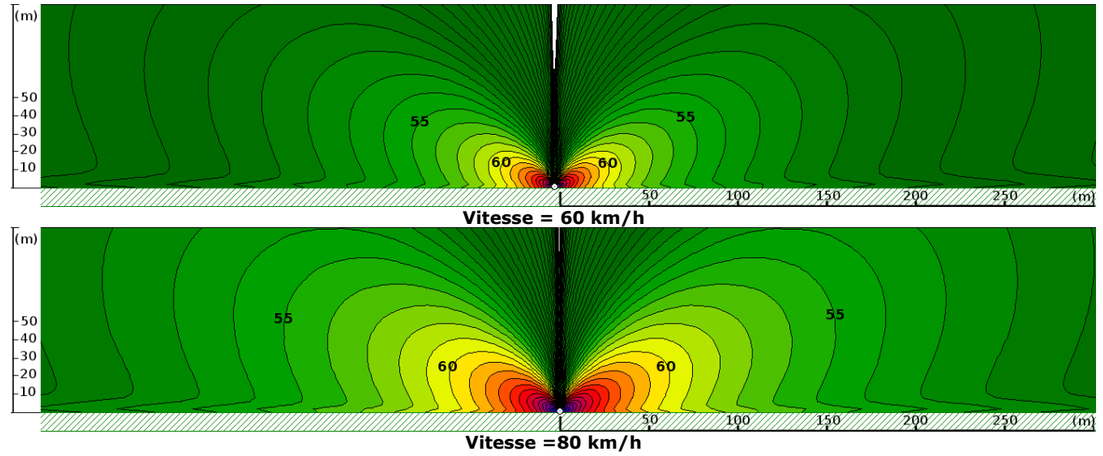


Figure 3.10-10 : Profil de propagation sonore en heure creuse la nuit pour les vitesses 60 et 80km/h - 15 métros/heure – tronçon T2 et T5 - insertion au sol

On observe que la vitesse du métro est un paramètre très influent 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.

Evaluation des isophones

Les distances pour les courbes isophones calculées selon la méthode décrite au point précédent, 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 :

Tableau 3.10-8 : Distances en mètre 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

Tronçon considéré	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)
T2 et T5 heure de pointe le matin	30 à 32	19	49	122	290	610	1069
T2 et T5 – heure de nuit	15	9	26	71	211	482	897

Pour une propagation en champs libre, sur un terrain plat sans obstacle et avec un sol réverbérant, on remarque 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 sur les tronçons T2 et T5 est de 19 m. La nuit, la distance minimum est de 26m pour atteindre le critère de 60dB(A) applicable à cette période.

- 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 49m selon le trafic prévu. La nuit, la distance minimum est de 71m pour atteindre le critère de 55 dB(A) applicable à cette période.

Résultats de la modélisation pour les tronçons T2 et T5 en heure de pointe le matin - insertion en viaduc de 7m de hauteur

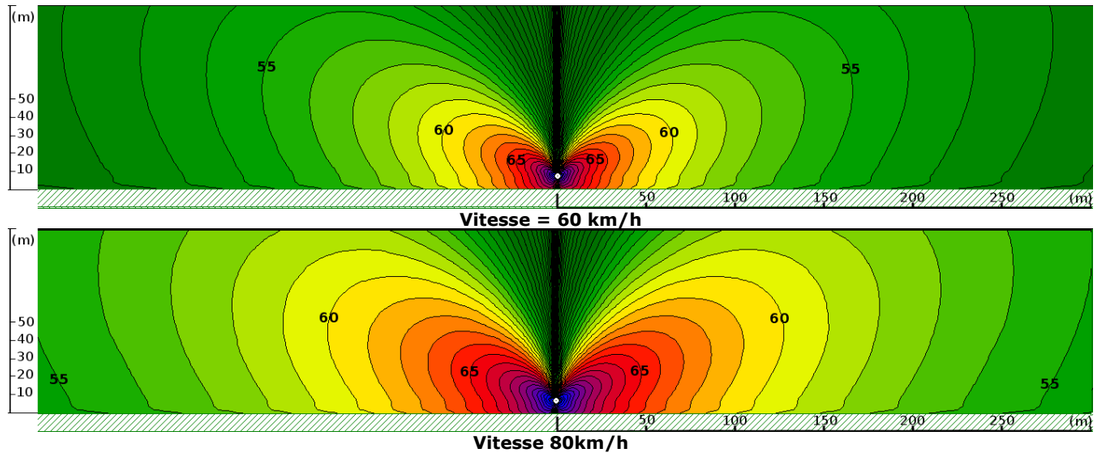


Figure 3.10-11 : Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h – 30 à 32 métros/heure – tronçons T2 et T5 insertion en viaduc de 7m

Résultats de la modélisation pour les tronçons T2 et T5 en heure creuse la nuit – insertion en viaduc de 7m de hauteur

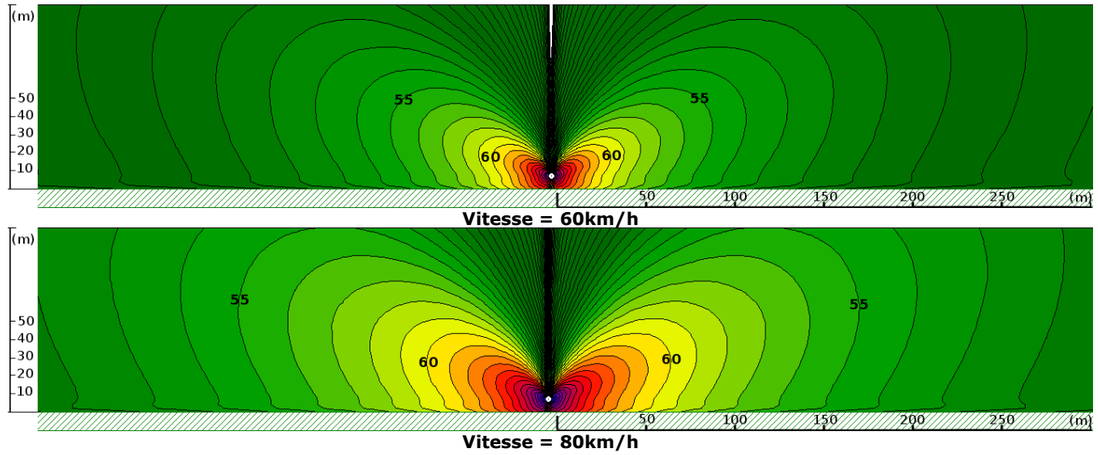


Figure 3.10-12 : Profil de propagation sonore en heure creuse la nuit pour les vitesses 60 et 80km/h - 15 métros/heure – tronçon T2 et T5 - insertion en viaduc de 7m

De même que pour l'insertion au sol, la vitesse du métro est un paramètre très influent sur le niveau de bruit généré. En outre on observe qu'à très courte distance, les niveaux de bruit du métro en viaduc sont légèrement plus faibles qu'au sol. En revanche la tendance s'inverse dès qu'on s'éloigne de plus de 30m.

Evaluation des isophones

Les distances pour les courbes isophones calculées selon la méthode décrite au point précédent, à 2m de hauteur pour une configuration de voie en viaduc de 7m de haut, sans aucun obstacle et pour une vitesse moyenne de 60km/h sont les suivantes :

Tableau 3.10-9 : Distance en mètre par rapport à une grille de ventilation générant un niveau de bruit de 60 dB(A) à 1m pour atteindre les isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2m au-dessus du sol

		isophones calculés pour une vitesse de 60km/h - insertion en viaduc					
Tronçon considéré	**nbre métro/h**	**65 dB(A)**	**60 dB(A)**	**55 dB(A)**	**50 dB(A)**	**45 dB(A)**	**40 dB(A)**
T2 et T5 heure de pointe le matin	30 à 32	18	52	140	331	645	1108
T2 et T5 – heure de nuit	15	6	26	73	217	492	965

Pour une propagation en champs libre, sur un terrain plat sans obstacle et avec un sol réverbérant, on remarque 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 en viaduc est de 18m, ce qui est similaire aux résultats pour une insertion au sol. La nuit, la distance minimum est de 26m pour atteindre le critère de 60 dB(A) applicable à cette période

- 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 en viaduc est de 52m selon le trafic prévu, ce qui est supérieur aux résultats pour une insertion au sol. La nuit, la distance minimum est de 73m pour atteindre le critère de 55 dB(A) applicable à cette période, ce qui est très légèrement supérieur aux résultats obtenus pour une insertion au sol

Le classement sonore des voies

Le classement sonore ferroviaire concerne toutes les voies écoulant (ou présumées écouler) une moyenne de plus de 100 métros par jour à l'horizon d'une vingtaine d'années ou plus. Aux vues des trafics envisagés, le réseau du métro automatique devra donc être intégré dans l'observatoire du bruit des transports terrestre et devra faire l'objet d'un classement, ceci conformément au décret n°95-21 du 9 janvier 1995 et à l'arrêté du 30 mai 1996 relatif au classement des voies ferrées.

Pour cela, il s'agit d'évaluer les niveaux sonores induits par le métro en insertion aérienne à 10m des voies pour une hauteur de 5m et d'ajouter un terme correctif de 3 dB(A) pour évaluer un niveau sonore en façade. Les résultats sont ensuite comparés avec les différentes catégories décrites dans la réglementation.

Les résultats sont similaires que ce soit une insertion au sol ou en viaduc. Compte tenu des résultats du modèle, les portions en aérien du métro automatique pour les tronçons T2 et T5 seront classés en :

- Catégorie 3 pour une vitesse commerciale de 60km/h avec des niveaux sonores corrigés obtenus à 10m avec correction de l'ordre de 71 dB(A) de jour et de 68 dB(A) la nuit

- Entre la catégorie 2 et la catégorie 3 pour les tronçons T2 et T5 pour une vitesse de 80km/h avec des niveaux sonores corrigés obtenus à 10m de l'ordre de75 dB(A) de jour et de l'ordre de 71 dB(A) la nuit.

L'arrêté du 30 mai 1996 définit que les voies de transport terrestre de catégorie 3 ont un impact sonore maximal de 100m, et de 250m pour la catégorie 2. Cela signifie que la vitesse des métros sera très influente puisqu'en période de nuit la catégorie 2 est atteinte pour la vitesse de 80km/h.

Conclusion

En insertion souterraine, le métro n'aura que peu d'impacts sonores du moment que les vibrations sont bien traitées. La ventilation nécessaire aux tunnels est une source de bruit non négligeable mais elle peut être facilement maîtrisée.

En insertion aérienne l'impact des métros sera plus important et dans une première estimation , en l'absence de dispositifs particuliers de réduction du bruit à la source ou de protections acoustiques, il faut plus de 50m de distance pour que la valeur limite de 60 dB(A) applicable de jour aux infrastructures de transport ferroviaire dans une zone à ambiance préexistante modérée soit respectée, ce qui est le cas.

Heureusement l'étude des tronçons T2 et T5 de phase 1 a montré que la majeur partie des portions aériennes seront implantées dans des zones plus bruyantes ou des zones à vocation agricole ou économiques où la valeur limite applicable de jour est de 65 dB(A), valeur qui est atteinte à 20m seulement de la voie, en l'absence de dispositifs particuliers de réduction du bruit.

En outre l'étude à montré que les deux types de métro envisagé sont à priori relativement similaires et que la vitesse joue un rôle très important et la vitesse commerciale prévue de 60 km/h est beaucoup mieux adaptée en termes d'émissions sonores aux parties aériennes du métro qu'une vitesse de 80km/h.

Impacts sonores des sites de maintenance SMR et SMI

Les Sites de Maintenance et de Remisage (SMR), au nombre de 6 pour l'ensemble du réseau, assurent l'entretien et le stockage du matériel roulant.

Sites de Maintenance de l'Infrastructure (SMI), au nombre de 4 pour l'ensemble du réseau, et dont certains sont associés à un SMR, assurent l'entretien de l'infrastructure, donc des voies et des organes associés, en particulier liés à l'alimentation électrique.

A l'échelle globale, l'impact sonore des sites de maintenance est étudié de manière qualitative. A l'échelle des tronçons la sensibilité aux nuisances sonores des sites de maintenance par rapport aux riverains sera analysée plus en détail.

Localisation

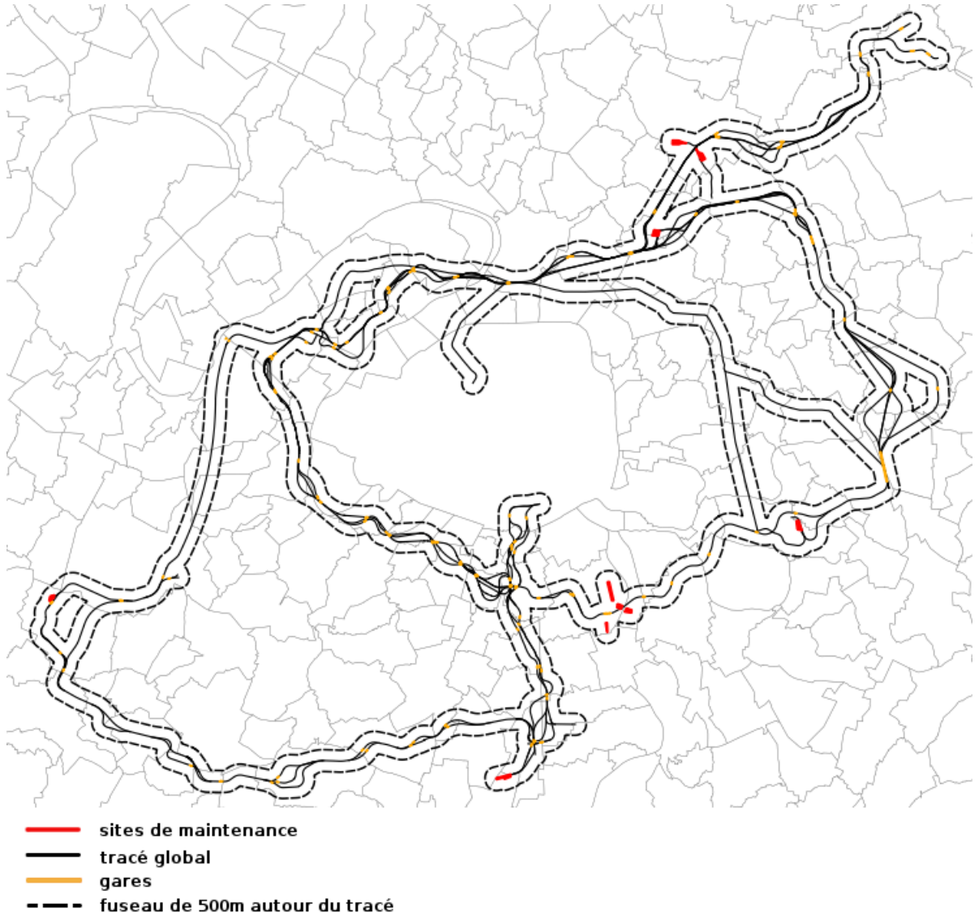


Figure 3.10-13 : localisation des sites de maintenance (source Société du Grand Paris)

Sources de bruit

Les sites de maintenances sont susceptibles de fonctionner 24h/24. Ils ont pour objet les réparations de l'infrastructure et du métro ainsi que l'entretien quotidien des rames de métro.

L'impact sonore des sites de maintenance est étudié plus en détails à l'échelle du tronçon, à titre d'informations, les sources de bruit potentielles de ces sites sont les suivantes :

Les principales sources sonores susceptibles d'être présentes dans un hall de maintenance sont :

- Les Tours en Fosses (matériel de maintenance des roues)

La fonction première d'un tour en fosse est de pouvoir donner un nouveau profil aux roues d'un véhicule sans aucun démontage préalable ni des essieux ni des bogies. Avec un niveau de puissance Lw estimé supérieur ou égal à 103 dB(A) et des niveaux sonores estimés entre 72 et 74 dB(A) à 10m les tours en fosse constituent une des sources de bruit les plus importantes des halls de maintenance du matériel ferroviaire.

- Les Stations de nettoyage par aspiration

Il s'agit de stations qui permettent de nettoyer par aspiration l'intérieur des véhicules. Les installations sont de préférence placées dans un hall fermé pour réduire les nuisances sonores et présentent des niveaux de puissance acoustique LW estimé de l'ordre de 95 dB(A). Le système de ventilation spécifique à ce type d'engin sont équipées de dispositifs anti-bruits de type silencieux ou grilles acoustiques dimensionnés de manière à ce que le niveau sonore de chaque grille ne dépasse pas 60 dB(A) à 1m.

- Les Stations de lavage

Les stations de lavage sont en général moins bruyantes avec une puissance acoustique émise estimée à Lw supérieur ou égal à 85 dB(A) et des niveaux sonores autour de 73 - 75 dB(A) à 2m lorsque la station de lavage est en route.

- Les cabines de peintures

- Les autres équipements de ventilation

Afin de s'assurer que les équipements hvac en toiture et leurs grilles de rejet et de prise d'air soient conformes au droit des riverains, le niveau sonore à respecter est de maximum 60 dB(A) à 1m pour chaque équipement (dont grille de ventilation) donnant ou situé à l'extérieur.

- Les ateliers pour travail mécanique (stands de levage, de dépoussiérage, de dégraissage….)

Ces installations feront peu de bruit par rapport au tour en Fosse et les stations de nettoyage ou de lavage.

Enfin, il est possible que les sites de maintenance accueillent d'autres sources sonore de type chaudière et climatiseurs, mais à ce stade de l'étude, ces informations ne sont pas disponibles.

Impacts sonores directs générés par les gares

Outre leur impact indirect sur le bruit routier à l'échelle du quartier (voir points suivants), les gares peuvent engendrer en elle-même du bruit en raison principalement de leurs équipements techniques et des annonces effectuées sur les quais ou en gare mais aussi des bruits de voisinage.

Equipements techniques

Les équipements techniques des gares et tout autre commerce, immeuble de bureaux, parking s'implantant à sa proximité devront respecter les critères imposés par la réglementation française en matière de bruit de voisinage et d'installations classées pour ne pas créer une nuisance sonore pour les riverains mais aussi les usagers des différents établissements. Lors de la conception des projets, les équipements techniques devront donc faire l'objet d'une attention particulière pour optimiser leur localisation, leurs niveaux de bruit et les traitements qui y seront apportés.

Annonces en gare

Dans les stations de métro, pour des questions de sécurité des clients et des agents, ainsi que pour l'information des voyageurs, des messages sont parfois émis. Toutefois, il s'agit d'annonces ponctuelles qui n'ont pas la fréquence observée dans les gares ferroviaires standards. Dans les stations de métros les annonces sont rares car la fréquence de métro est grande et les horaires sont connus. C'est pourquoi il est estimé que le risque de gêne sonore pour les riverains à cause des annonces effectuées en gare est très faible et limitée aux gares ou quais extérieurs car si les quais sont souterrains, la gêne sonore induite par les annonces sera nulle.

Il y a possibilité de gêne dans les deux cas suivants :

- le bruit ambiant, hors source ferroviaire, est inférieur à 60 dB(A) et le niveau équivalent (30 secondes) d'une annonce sur le quai de gare est supérieur à 60 dB(A) ;
- le bruit ambiant est supérieur à 60 dB(A) et le niveau équivalent (30 secondes) d'une annonce sur le quai de gare est supérieur de 10 dB(A) au bruit ambiant.

A noter qu'il existe des systèmes de transmission sonore qui possèdent une position de nuit. Les annonces sont ainsi moins fortes à cette période

Impacts sonores de la phase chantier

Comme tout chantier d'envergure, la réalisation des travaux est susceptible de produire des nuisances sonores pour les riverains.

La majeure partie des travaux sera réalisée en souterrain, ce qui minimise l'incidence sonore du chantier mais implique la mise en place d'équipements supplémentaires au niveau des puits d'accès des tunneliers pour l'aération des tunnels et le traitement des bouesDans la partie du projet où les travaux seront réalisés à ciel ouvert et au niveau des puits d'accès au chantier souterrain, une gêne auditive peut aussi résulter de l'intervention et de la circulation des engins de terrassement et de génie civil.

Enfin, le transport de matériaux nécessaires à la construction et des déblais des terrassements engendrera 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.

Idéalement l'étude devrait prendre en compte les activités de construction et l'utilisation d'engins bruyants en faisant mention des horaires des différentes activités en raison des risques de perturbations pour les riverains du quartier.

Malheureusement, le descriptif détaillé du déroulement du chantier (durées, horaires, types d'engins, méthodes de travail…) n'est pas fourni pour l'ensemble des tronçons à ce stade de l'étude. Les incidences sonores et vibratoires des travaux sont donc abordées de manière qualitative uniquement avec dans un premier temps le rappel de la réglementation applicable en matière de bruit pour un chantier, puis le rappel des différentes phases à prévoir du chantier ainsi que les sources sonores qui y sont associées. Enfin, un tableau récapitulatif des sensibilités des travaux par rapport à la problématique du bruit est présenté.

3.10.1.4.1.3 Réglementations applicables dans le cadre d'un chantier

Le décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les Bruits de voisinage

Ce décret fixe une émergence sonore limite de 5 dB(A) en période de jour et de 3 dB(A) en période de nuit par rapport au bruit ambiant hors chantier. Des valeurs limites sont également fixées dans les bandes de fréquences 1/1 octave.

Enfin en fonction de la durée du bruit, une tolérance de 0 à 6 dB(A) peut être apportée sur les émergences limites initiales.

De plus, spécifiquement pour les chantiers, le Décret 95-22 du 9 janvier 1995 [110] 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

Directive " machines " 2005/88/CE et 2006/42/CE

La directive 2005/88/CE résulte de directives antérieures et à pour objet de fixer les niveaux de puissance sonore Lw des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments, dont entres autres les engins et matériel de chantier dans le but d'uniformiser les qualités acoustiques au sein de l'Union Européenne.

A titre informatif, ces valeurs maximales sont précisées dans le niveaux de puissance sonore maximum autorisés pour les engins et équipements de chantier (source : directive Machines 2005/88/CE).

C'est sur base de ces valeurs que le pictogramme suivant atteste de la conformité à cette directive

Les machines et matériels utilisés dans le chantier devront tous porter ce pictogramme garantissant le respect de cette directive.

La directive 2006/42/CE émet des recommandations plus globales pour l'ensemble des machines sans distinction de leur utilisation à l'extérieur ou à l'intérieur des bâtiments

Les machines respectueuses de ces directives européennes présentent impérativement le pictogramme suivant :

Figure 3.10-14 : Pictogramme marquage CE, conforme aux directives européennes 2005/88/CE et 2006/42/CE

[110] *Décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres –article 8*

Autres réglementations applicables

Enfin, 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.

A noter l'existence d'un site internet destiné à la gestion des plaintes de bruits de voisinage (pour les administrations uniquement) : www.Tempo.bruit.fr

3.10.1.4.1.4 Méthodologie

Les impacts sonores de la phase chantier sont étudiés de manière plus spécifique à l'échelle du tronçon car les nuisances sonores induites par le chantier du métro automatique sont susceptibles de varier en fonction de chaque tronçon en fonction des paramètres suivants :

- La distance du chantier par rapport aux riverains
- L'emprise au sol des travaux
- La méthode de construction utilisée
- La localisation des puits d'accès
- Le nombre de tunneliers utilisés par tronçon
- La méthode d'évacuation des déblais
- Le volume des déblais évacués
- Les ouvrages annexes (gares, puits de ventilation, viaducs…)

A l'échelle globale, l'étude de l'impact sonore du chantier est réalisée de manière qualitative, avec une présentation générale des modes constructifs utilisés dans la construction du projet, la liste des sources sonores générées par le chantier et une analyse des risques selon les différents modes de construction/paramètres.

3.10.1.4.1.5 Analyse des modes constructifs prévus

Construction des tunnels

Dans le cadre du projet métro Grand Paris, la réalisation des tunnels qui représente 85% du tracé sera principalement réalisée à l'aide de tunneliers, soit des travaux en souterrain, ce qui réduit fortement l'emprise du chantier au sol et donc les nuisances sonores potentielles.

Il existe les tunneliers à pression de boue et à pression de terre. Dans le premier cas, les déblais sont évacués sous forme de boue et nécessite un traitement en surface pour déshydrater les boues et ainsi les revaloriser.

Dans le cas de tunneliers à pression de terre, une installation de surface n'est pas nécessaire mais il faut parfois conforter les zones pour éviter un mouvement de terrain. Ces travaux se font néanmoins en souterrain et n'ont pas d'impact sonore particulier. A noter que de rares portions des tunnels pourraient également être réalisées par méthode traditionnelle. Voir point relatifs aux ouvrages annexes.

Les phases pour la construction des tunnels par tunneliers sont les suivantes :

- **Travaux préparatoires et aménagement du lieu d'enfouissement**

Les travaux préparatoires au chantier consistent aux démolitions éventuelles de bâtiments, déblaiement et nivellement du terrain, montage des cabanes de chantier et installations sanitaires, équipements provisoires dont potentiellement générateur d'électricité, montages des grues, mise en place du transport….

Le détournement de la circulation temporaire est souvent nécessaire pour l'aménagement du lieu d'enfouissement.

Les tunneliers démarrent toujours dans une gare ou un puits intermédiaire. L'emprise nécessaire aux travaux est d'environ 8000m2 autour de chaque point d'attaque. Celle-ci est décomposée en différentes zones :

- Zones pour les installations de chantier
- Aire de travaux de génie civil
- Aire pour la centrale à béton
- Puits de descente
- Zone pour les équipements de ventilation
- Aire de stockage pour les déblais (dont au besoin une installation de traitement des boues pour réduire la teneur en eau des déblais)
- Aire de stockage des voussoirs
- Zone Poids lourds (convois exceptionnels pour la livraison des tunneliers)

- **Première phase de construction de la gare ou du puits d'attaque**

Compte tenu que les tunneliers attaquent via des gares ou puits de ventilation, ces ouvrages sont en général réalisés partiellement en amont des tunnels avec le montage des installations qui serviront à toute la logistique du ou des tunneliers.

Ces travaux sont donc réalisés en 2 étapes et sont précisés plus en détail ci-après.

- **Amenée et montage du (ou des) tunnelier(s)**

La durée de montage et de mise à front d'un tunnelier est estimée à 9 semaines soit 45 jours ouvrés.

Délai de fabrication d'un tunnelier : 13 mois (262 jo)

- Durée de montage sur site : 9 semaines (45jo)
- Durée de ripage en station : 5 semaines (25jo)

- Durée de démontage et de repliement du tunnelier et du train suiveur : 9 semaines (45jo)

Le transport des tunneliers se fait par convoi exceptionnel uniquement.

- **Fouille**

Pour chaque tronçon, 2 à 3 tunneliers par tronçon devront être utilisés pour respecter le planning de mise en service du métro (2020). Soit une dizaine de tunneliers possibles en fonctionnement simultané sur l'ensemble du réseau.

Une fois le chantier enterré, il est réalisé en 3 postes 24/24h avec un acheminement des voussoirs en continu (éléments constitutifs des anneaux).

La cadence moyenne prise en compte pour le creusement du tunnel circulaire type monotube est de 12 ml/jour (soit environ 300m par mois).

Cette cadence moyenne a été observée lors du creusement du tunnel de la ligne 12 du métro parisien (équivaut à la réalisation de maximum 16 anneaux par jour)

Elle tient compte des facteurs suivants :

- délai de montée en cadence (entrée en terre, démarrage,
- arrêts pour pannes diverses
- arrêts pour opérations hyperbares (changement d'outils et/ou entretien)
- arrêts pour allongement de la bande transporteuse et du câble d'alimentation…

Nota : cette cadence a été abaissée à 10 ml/jour pour les tronçons réalisés au droit des carrières

Cela signifie que la durée cumulée de fouille pour l'ensemble des tronçons en souterrain de longueur 150 km environ sur base d'une avancée de 12ml par jour équivaut à au moins 12500 jours de travail pour un tunnelier. On observe alors bien l'intérêt d'utiliser le plus grand nombre de tunneliers possibles car réduit d'autant le nombre de jours de chantier.

- **Evacuation des déblais**

L'évacuation des déblais en sous-terrain se fait par tapis convoyeur (bandes transporteuses) jusqu'à puits d'attaque. Les déblais sont ensuite pris en charge pour au besoin les traiter (déshydratation des boues) et les évacuer à l'aide des modes de transport possibles.

L'impact sonore lié aux différents types de transports est étudié plus en détail dans les points suivants.

- **Deuxième phase et fin de construction de la gare - ou du puits - après sortie du tunnelier.**

Voir point ci-après relatif à la construction des ouvrages annexes

- **Pose des voies**

Les travaux de pose des voies consistent à :

- La mise en place de la voie ferrée,
- Le calage de la voie
- Le bétonnage de la voie
- La finition et le transfert des véhicules

A noter que pendant toute la durée du creusement du tunnelier, les équipements et engins de chantier nécessaire au bon avancement du chantier seront en activité en surface. Voir point spécifique relatif aux équipements et engins de chantier.

La construction des ouvrages d'art (portions aériennes T2 et T5)

Pour les zones courantes, le viaduc en U permet d'effectuer près d'une travée par jour avec la préfabrication des tabliers en parallèle sur une zone de préfabrication à définir. On considère la possibilité d'effectuer une travée par jour soit 30 m/jour sans considérer les études, les installations. On estime la vitesse d'avancement de la construction d'un viaduc à environ 200 mètres par mois.

Pour le tronçon T5, la réalisation des tabliers prendra 510 à 540 jours pour le linéaire complet avec la préfabrication du tablier en parallèle sans considérer la réalisation des piles.

Pour les zones non courantes comme le franchissement de l'A1, on partira sur l'hypothèse d'un pont Bow-string. Pour la réalisation du pont, Il faut considérer une durée de 26 mois pour l'exécution de l'aménagement du chantier à la remise en état du terrain. Ce délai ne comprend pas les études amont.

En considérant la longueur totale estimée à 26km des portions en aérien du métro et une insertion en viaduc, la durée du chantier des ouvrages d'art est estimée à 1800 jours de travail en comptant une moyenne de 20 jours ouvrés par mois.

Construction des gares et ouvrages annexes (sites de maintenances et puits de ventilation)

Ces travaux sont réalisés depuis la surface après libération des emprises. Ces travaux sont initiés avant le creusement des tunnels afin de servir de points d'attaque et/ou de maintenance au-fur et à mesure de l'avancée du tunnelier.

De manière générale, les gares et ouvrages annexes seront construits par des méthodes plus traditionnelles d'excavation.

Plusieurs méthodes traditionnelles d'excavation existent, en particulier la méthode de fouille par tranchée ouverte ou la méthode par tranchée couverte.

La principale proposée en raison de la forte urbanisation des zones est la méthode des pieux sécants et contre-voiles. Il s'agit d'une méthode de construction en taupe, sous dalle, ce qui réduit fortement l'emprise et la durée du chantier, d'où la limitation des nuisances sonores

Da manière générale, les travaux relatifs aux gares et ouvrages annexe se décomposeront comme suit :

- **Travaux préparatoires et aménagement du lieu d'enfouissement**

Ces travaux seront similaires à ceux décrit pour la construction des tunnels.

- **Fouille**

Selon la composition du sol et la présence d'eau, les puits seront réalisés en fouille blindée ou en paroi moulée. Une solution mécanisée type VSM est envisagée.

Les rameaux de jonction au tunnel seront réalisés en souterrain avec au besoin des travaux confortatifs préalables.

- **Réalisation des parois de soutènement et de la dalle supérieure**
- **Rétablissement de la circulation**
- **Excavation des terres et réalisation des travaux en souterrain**

Les déblais générés par la construction d'une gare sont comprise entre 80 000 et 140000 m3.

A total, l'étude des déblais indique qu'environ 7,5 Millions de tonnes seront excavées pour les gares et ouvrages annexes.

- **Finalisation du gros œuvre**
- **Mise en place des équipements et finition des ouvrages annexes**

A titre indicatif, le point suivant reprend les délais à prévoir pour la réalisation d'un puits de ventilation.

Durées estimées du chantier relatif aux puits de ventilation

Tableau 3.10-10 : Durée chantier à titre indicatif pour réalisation puits de ventilation (source : M6X-RATP-INF-FAI-NTC05013-d-1-0_OuvragesAnnexes)

Phase du chantier	Site contraint Zone urbanisée - Emprise chantier faible (chantier sous dalle)	Site non contraint Zone peu urbanisée - emprise chantier + forte (chantier à ciel ouvert
Terrassement	6 mois	4 mois
Génie civil gros œuvre	16 mois	11 mois
Génie civil second œuvre	6 mois	6 mois

3.10.1.4.1.6 Evacuation des déblais / approvisionnement matières premières :

Pendant toute la durée du chantier le charroi de camions aura un impact sonore potentiel significatif pour les riverains. En effet le volume de déblais excavés ajouté au volume de matériau nécessaire à la construction des infrastructures va engendrer une forte augmentation du trafic routier, surtout des poids lourds.

Afin d'anticiper les enjeux liés à la gestion des déblais générés par le chantier, le Maître d'ouvrage a réalisé un inventaire des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais. Dans cette étude [111], il a été considéré que les travaux relatifs au projet vont générer environ 20 millions de m3 de déblais, soit environ 40 millions de tonnes dont 75% seront générés par la construction des tunnels et 25% par les autres ouvrages (gares, puits de ventilation et d'évacuation, galeries techniques, sites de maintenance ou de contrôle…).

[111] *Etude d'impact annexe 2 - Etude des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris*

Les déblais générés par les tunneliers ne pourront pas être revalorisé dans le cadre du chantier en raison d'une trop grande teneur en eau et/ou d'adjuvants, du broyage des matériaux, du mélange des lithologies…

Seuls les déblais générés par les autres ouvrages réalisés de manière plus traditionnels pourront éventuellement être réutilisés sur place en fonction de leur nature, de leur qualité et des besoins en matière première pour les travaux et aménagements associés.

Les possibilités de revalorisation in-situ des déblais sont donc faibles, ce qui n'est pas positif pour la réduction du trafic de poids lourds.

La grande majorité des déblais (≥ 75% des déblais) devront donc être évacués vers centres de stockage et les matières premières nécessaires à la fabrication du béton devront être acheminées aux emplacements des fouilles à partir des centres de gisements de matériaux valorisables.

La localisation des centres de stockage et de gisements de matériaux valorisables ainsi que le mode de transport des déblais et des matières premières vont donc être des critères de choix important pour les nuisances sonores.

En outre, la fabrication du béton nécessite l'utilisation de matières premières ayant fait l'objet de traitements spécifiques. Les déblais ne pourront donc pas être utilisés pour la fabrication du béton qui devra donc être acheminé.

De plus, la cadence maximale de 16 anneaux/jour représente 740 tonnes de voussoirs à acheminer sur le site, soit l'équivalent de 20 semi-remorques par jour et par site.

Ci-après les différents modes de transports sont analysés, en considérant une absence totale de revalorisation des déblais (hypothèses maximalistes)

Tableau 3.10-11 : Charroi induit par le chantier selon les différents modes de transport (Source : Etude des déblais – Société du Grand Paris)

Type de transport	Capacité par unité de transport	Quantité totale de matières à évacuer ou à acheminer	Nombre d'unité de transport nécessaires sur 10 ans	Volume de trafic journalier équivalent (sur base de 250jours ouvrés par an)
Poids lourds évacuation des déblais générés par les tunnels	25 Tonnes	≈ 22,5 Millions de Tonnes	900 000 poids lourds	360 camions
évacuation des déblais générés par les autres ouvrages	25 Tonnes	≈ 7,5 Millions de tonnes	300 000 poids lourds	120 camions
Acheminement matières premières (*)	-	-	-	-

Acheminement voussoir (convois exceptionnels)	37 tonnes	≈740 tonnes par jour et par site		20 semi-remorques
Péniches évacuation des déblais générés par les tunnels	jusqu'à 5000 Tonnes	≈ 22,5 Millions de Tonnes	4500 péniches de 5000T	1,8 péniche de 5000T
évacuation des déblais générés par les autres ouvrages		≈ 7,5 Millions de tonnes	1500 péniches de 5000T	0,6 péniche de 5000T
Acheminement matières premières (*)	-	-	-	-
Train	-(*)			

(*) *données non disponibles*

Impact de la localisation des emprises du chantier (points d'évacuation/arrivée des matières)

La sensibilité aux nuisances sonores auprès des emprises de chantier est étudiée de manière approfondie à l'échelle du tronçon. A l'échelle globale, l'impact sonore des emprises de chantier est abordé de manière globale, en rappelant les points suivants :

- Dans la mesure du possible, aucun puits ou zone logistique ne seront installés dans des sites naturels.
- Dans la mesure du possible, la proximité de voies d'eau sera systématiquement recherchée pour l'implantation des emprises de chantier, afin d'assurer une évacuation des déblais par ce moyen.
- Pour les sections réalisées par tunneliers, les puits d'attaques des tunneliers seront les points les plus sensibles car nécessiteront une grande emprise de chantier et la présence de source multiples, dont un charroi de camions important.
- Pour les ouvrages réalisés sous dalle, l'emprise du chantier sera faible et les émissions sonores liées réduites.
- Pour les ouvrages réalisés à ciel ouvert, l'emprise du chantier sera non négligeable à l'emplacement même de ces ouvrages.

Impact de la localisation des carrières et des sites de stockage et traitement des déblais

Les sites de stockage et de traitement des déblais les plus adaptés sont étudiés par contraintes dans le rapport d' « étude des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris » (source IDDEA / SGP), en particulier par rapport à leur distance par rapport à un accès fluvial, routier ou ferroviaire et leur distance par rapport aux riverains qui est directement en relation avec les nuisances induites par ces sites (voir pages 49 à 63 du rapport).

Il ressort de cette étude que de nombreux centres de traitement ou carrières envisagés ont un accès fluvial à moins de 10km, ce qui est très positif pour la réduction de l'impact sonore lié au charroi car cela signifie qu'une grande partie des déblais pourront être directement acheminés par péniches.

Les réseaux ferroviaires sont moins intéressants car peu de sites présentent un accès direct à une gare ferroviaire à moins de 10km. Ce qui implique que l'usage de la voie ferrée demande de recourir partiellement au transport routier.

Analyse de l'impact sonore des différents transports

- **Transport routier**

Actuellement, le transport routier constitue le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France car ce mode de transport est le plus accessible et le plus simple à mettre en œuvre. Il a néanmoins un impact sonore important comparativement aux transports alternatifs fluvial et ferroviaire.

Les nuisances sonores d'un charroi " chantier " dépendent de 3 paramètres :

- La vitesse des camions ;
- La fréquence des camions (nbre/jour) ;
- La pente de voirie (considérée ici comme nulle).

Le tableau ci-dessous nous montre les niveaux de bruit équivalent à côté d'une voirie (10 camions/h).

Ce tableau montre que l'iso-contour de 50 dB(A) se trouve à environ 100 m de la voirie, celui de 55 dB(A) à 60 m et celui de 60 dB(A) à 20 m. Il est important de signaler que les niveaux de crêtes (pointes) lors du passage d'un camion sont nettement plus élevés (80 dB(A) à moins de 20 m).

Tableau 3.10-12 : Niveaux de pression acoustique moyen en dB(A) obtenus à côté d'une voirie (10 camions/heure) en fonction de la distance et de la pente de la voirie

Distance	5m	10m	15m	20m	25m	50m	75m	100m	150m	200m
Pente 0 %										
Vitesse de 30 km/h	65,5	62,1	60,1	58,5	57,1	53,0	51,2	49,9	48,0	46,5
40 km/h	64,4	61,0	59,0	57,4	56,0	51,9	50,0	48,8	46,9	45,3
50 km/h	63,6	60,3	58,3	56,7	55,3	51,2	49,3	48,1	46,1	44,6
Pente 7 %										
Vitesse de 30 km/h	68,2	64,9	62,8	61,2	59,8	55,7	53,9	52,6	50,7	49,2
40 km/h	67,1	63,8	61,7	60,1	58,7	54,6	52,8	51,5	49,6	48,1
50 km/h	66,4	63,0	61,0	59,4	58,0	53,9	52,0	50,8	48,8	47,3

Le charroi de camions généré par le chantier peut donc avoir un impact sonore important pour les riverains, en particulier au niveau des voies d'accès au chantier.

En outre le tableau ci-dessus ne prend pas en compte les bruits annexes liés au charroi des camions que sont les avertisseurs sonores, les sirènes de recul des camions, la circulation à vide des camions (tôle qui vibre), le stationnement des camions moteurs en marche, les bruits de déchargements/chargements des matières…

- **Transport fluvial**

Au cours des dernières années, la voie fluviale a connu un essor important et le transport des matières premières en granulats se fait de plus en plus par cette voie (28% du trafic en 2006).

Les possibilités d'utiliser ce mode de transport sont importantes en raison des infrastructures existantes et de l'accessibilité aux sites de chantier et aux centres de stockage / gisements. L'Ile-de-France compte en effet une cinquantaine de ports et quais de chargement privés ou publics, dont 11 sur Paris.

Le transport fluvial permet le déplacement de convois de très grande capacité, mais variant suivant la voie d'eau. Ainsi, en aval de Paris, les convois peuvent atteindre 5000 tonnes de capacité sur la Seine, soit l'équivalent de 200 camions.

En outre, le projet de réalisation du canal Seine Nord devrait permettre, à l'horizon 2018, le transport fluvial de grande capacité (5000 tonnes) vers le nord de la France, offrant ainsi des débouchés complémentaires pour les déblais générés par les travaux du Grand Paris.

La voie fluviale sera autant que possible utilisée pour la livraison des matériaux ainsi que l'enlèvement et le transport des déblais.

Ce mode de transport est donc une bonne alternative pour réduire de manière importante l'impact sonore lié à l'évacuation des déblais et l'acheminement des matières premières.

- **Transport ferroviaire**

L'intérêt de ce mode de transport est limité car difficile à mettre en place. Il est uniquement adapté pour les emprises situées à moins de 10km d'une gare).

Ce qui est le cas pour les points d'attaques Villejuif IGR et Rungis.

3.10.1.4.1.7 Analyse de l'impact sonore des engins et équipement

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 pour acheminer du béton à haut débit, centrale à béton, système d'évacuation/de traitement des boues, ventilation …)
- Equipements techniques (compresseurs, groupes électrogènes,…)
- Outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses,…)
- Manipulation des matériaux (chocs, bruits de chargements/déchargements…)

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
- Travaux de terrassement et de fouilles à ciel ouvert
- Travaux de fondations.
- Travaux en béton.
- Super structure.

A titre indicatif, le tableau suivant donne, pour certaines de ces phases, les résultats de mesures acoustiques effectuées à proximité d'un chantier-type

Tableau 3.10-13 : Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier selon lest différentes phases de travaux

Phase de travaux	LA_{eq} en dB(A)[112]	Niveaux de pointe en dB(A)
Terrassement – fondations	67 - 71,5	90
Gros œuvre	68 - 72	88
Second œuvre	56 - 57	-

Les émissions sonores dépendront des techniques spécifiques choisies et de la puissance acoustique théorique des engins de chantier et varieront en fonction des différentes phases de construction (terrassement, gros œuvre, etc.). Ils devront impérativement respecter la directive Machines 2005/88/CE dont les valeurs limites applicables aux machines et engins utilisés à l'extérieur sont précisées dans le tableau ci-après.

[112] *LA_{eq} : niveau de bruit équivalent pondéré en dB(A) d'un bruit fluctuant pendant une période T. Est le niveau de bruit continu stable qui au cours d'une période égale aurait la même pression quadratique moyenne que le bruit fluctuant.*

Tableau 3.10-14 : niveaux de puissance sonore maximum autorisés pour les engins et équipements de chantier (source : directive Machines 2005/88/CE)

«Type de matériel	Puissance nette installée P, en kW Puissance électrique P_{el} en kW (1) Masse m de l'appareil, en kg Largeur decoupe L, en cm	Niveau admissible de puissance acoustique en dB/1 pW	
		Phase I à compter du 3 janvier 2002	Phase II à compter du 3 janvier 2006
Engins de compactage (rouleaux compacteurs vibrants et plaques et pilonneuses vibrantes)	$P \leq 8$	108	105 (2)
	$8 < P \leq 70$	109	106 (2)
	$P > 70$	89 + 11 lg P	86 + 11 lg P (2)
Bouteurs, chargeuses, chargeuses-pelleteuses sur chenilles	$P \leq 55$	106	103 (2)
	$P > 55$	87 + 11 lg P	84 + 11 lg P (2)
Bouteurs, chargeuses, chargeuses-pelleteuses sur roues, tombereaux, niveleuses, compacteurs de remblais et de déchets de type chargeuse, chariots élévateurs en porte-à-faux à moteur à combustion interne, grues mobiles, engins de compactage (rouleaux compacteurs non vibrants), finisseurs, groupes de puissance hydraulique	$P \leq 55$	104	101 (2) (3)
	$P > 55$	85 + 11 lg P	82 + 11 lg P (2) (3)
Pelles, monte-matériaux, treuils de chantier, motobineuses	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	83 + 11 lg P	80 + 11 lg P
Brise-béton et marteaux-piqueurs à main	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	94 + 11 lg m	92 + 11 lg m (2)
	$m \geq 30$	96 + 11 lg m	94 + 11 lg m
Grues à tour		98 + lg P	96 + lg P
Groupes électrogènes de soudage et de puissance	$P_{el} \leq 2$	97 + lg P_{el}	95 + lg P_{el}
	$2 < P_{el} \leq 10$	98 + lg P_{el}	96 + lg P_{el}
	$10 > P_{el}$	97 + lg P_{el}	95 + lg P_{el}
Motocompresseurs	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	97 + 2 lg P	95 + 2 lg P
Tondeuses à gazon, coupe-gazon/coupe-bordures	$L \leq 50$	96	94 (2)
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98 (2)
	$L > 120$	105	103 (2)

(1) P_{el} pour les groupes électrogènes de soudage: courant de soudage conventionnel multiplié par le voltage de charge conventionnel pour la plus faible valeur du taux de travail donnée par le fabricant.
P_{el} pour les groupes électrogènes de puissance: énergie primaire selon la norme ISO 8528-1:1993, point 13.3.2.

(2) Les chiffres de la phase II sont indicatifs uniquement pour les types de matériels suivants:
— rouleaux compacteurs à conducteur à pied
— plaques vibrantes (> 3 kW),
— pilonneuses vibrantes,
— bouteurs (sur chenilles d'acier),
— chargeuses (sur chenilles d'acier > 55 kW),
— chariots élévateurs en porte-à-faux à moteur à combustion interne,
— finisseurs équipés d'une poutre lisseuse comportant un dispositif de compactage,
— brise-béton et marteaux-piqueurs à main à moteur à combustion interne (15<m<30)
— tondeuses à gazon, coupe-gazon/coupe-bordures.
Les chiffres définitifs dépendront de la modification de la directive à la suite du rapport visé à l'article 20, paragraphe 1. En l'absence de modification, les chiffres de la phase I resteront applicables durant la phase II.

(3) Pour les grues mobiles monomoteurs, les chiffres de la phase I demeurent applicables jusqu'au 3 janvier 2008. Au-delà de cette date, les chiffres de la phase II s'appliquent.

Le niveau de puissance acoustique admissible est arrondi par défaut ou par excès au nombre entier le plus proche (pour moins de 0,5, l'entier inférieur; pour 0,5 ou plus, l'entier supérieur).»

De manière générale, on peut considérer que les engins de chantiers et équipements techniques annexes (compresseurs, groupes électrogènes, etc.) ont une puissance acoustique comprise entre 90 et 115 dB(A).

Le tableau ci-dessous montre les niveaux de bruit équivalent potentiel à une certaine distance de l'équipement de chantier (tenant compte de sa puissance acoustique).

Tableau 3.10-15 : Niveaux de pression acoustique en dB(A) en fonction de la distance équivalent à des niveaux de puissance acoustique indicatifs

Puissance acoustique Lw en dB(A)	100 dB(A)	105 dB(A)	110 dB(A)	115 dB(A)
distance en m				
50 m	57,8	62,8	67,8	72,8
100 m	51,6	56,6	61,6	66,6
150 m	47,9	52,9	57,9	62,9
200 m	45,2	50,2	55,2	60,2
250 m	43,1	48,1	53,1	58,1
300 m	41,3	46,3	51,3	56,3
350 m	39,7	44,7	49,7	54,7
400 m	38,4	43,4	48,4	53,4
450 m	37,2	42,2	47,2	52,2
500 m	36,0	41,0	46,0	51,0

A l'analyse de ces tableaux, on peut affirmer que chaque engin ou équipement de chantier cité ci-dessus pourrait perturber de manière très significative l'environnement sonore des riverains.

3.10.1.4.1.8 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…

3.10.1.4.1.9 Etude de la sensibilité du chantier par rapport aux méthodes et engins utilisés pour la construction

Tableau 3.10-16 : Impacts sonores prévisibles en fonction du type de travaux effectués

Sensibilité	Code couleur
Elevée (risque d'impact sonore important)	
Moyenne (risque d'impact sonore moyen)	
Faible (risque d'impact sonore moindre)	

Phases	Travaux considérés	sensibilité
Construction des tunnels	Travaux préparatoires et aménagement du lieu d'enfouissement	
	Première phase de construction de la gare ou du puits d'attaque	
	Amenée et montage du (ou des) tunnelier(s)	
	Fouille (base 2,5 tunneliers par tronçon)	
	Evacuation des déblais	
	Deuxième phase et fin de construction de la gare - ou du puits - après sortie du tunnelier.	
	Pose des voies	
Construction des ouvrages d'art	Construction des viaducs et ponts	
Construction des gares et ouvrages annexes (puits de ventilation, sites de maintenance)	Démolition / Terrassement	
	Gros œuvre	
	Second œuvre	
Evacuation des déblais / Acheminement des matières premières	Transport routier	
	Transport fluvial	
	Transport ferroviaire	
Equipements		

3.10.1.4.1.10 Etude de la sensibilité des bâtiments par rapport aux emprises de chantier

Tableau 3.10-17 : Ouvrages sensibles au bruit généré par les travaux

Type de bâtiments	Sensibilité aux bruits du chantier
Hôpitaux	Très sensible
Habitations	Très sensibles
Ecoles / université	Très sensibles
Routes / voies ferrées	Peu sensibles
Voies fluviales	Peu sensibles
Parc	Sensibles
Bureaux	Sensibles
industries	Peu sensibles sauf si industries sensibles vibrations
Commerces / gares	Sensibles
Espaces sportifs	Peu sensibles
Maisons de retraite	Très sensibles
Zones piéton	Très sensibles
Eglise / lieu de culte	Très sensibles

3.10.1.4.1.11 Conclusion

Les nuisances sonores durant la phase de chantier seront 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 matières pourront également engendrer des nuisances sonores.

Le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier.

De même une bonne localisation des sources de bruit et de la zone de livraison pourra permettre une réduction significative des nuisances sonores.

Enfin la planification des tâches et l'information des riverains sont des outils essentiels pour limiter la gêne sonore ressentie par les riverains. (voir chapitre recommandations)

3.10.1.5Impacts sonores indirects du projet

Un des objectifs du projet du métro automatique du Grand Paris est de réduire le trafic routier, ce qui aurait comme effet de réduire le niveau sonore généré par le trafic routier.

Le modèle utilisé pour l'estimation de l'impact sur les déplacements routiers est un modèle stratégique à l'échelle de la région qui modélise les axes principaux pour lesquels des données sont disponibles. Les impacts sur les voiries locales à l'échelle du quartier ne sont pas quantifiés. Or du point de vue du bruit, c'est précisément là que l'effet sera le plus important puisque les variations de flux peuvent y être très importantes relativement au flux présents. En effet, sur une autoroute, une diminution de plusieurs centaines de véhicules/heure n'aura pas d'impact significatif sur le bruit perçu alors que sur une voirie de quartier, une diminution de quelques dizaines de véhicules/heure peut engendrer une réduction importante du bruit. C'est pourquoi l'impact du projet sur le bruit routier est étudié à l'échelle régionale, sur base des cartes de bruits stratégiques réalisées, mais cet impact est également étudié de manière plus qualitative et plus locale à l'échelle du quartier mitoyen d'une future gare.

Impact du projet sur le report modal et le bruit généré par le trafic routier à l'échelle régionale

Méthodologie d'évaluation

Compte tenu de l'ampleur du territoire, la méthode analytique utilisée s'appuie sur des formules simplifiées de prévision du bruit routier 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[113], qui classe les méthodes par degré de pertinence et de précision, la méthodologie utilisée est de classe 1a ou 1b[114]. 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. En amont du lancement des chantiers, 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.

[113] *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*

[114] *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*

Pour la présente étude, et pour les scénarios 2035 avec et sans projet deux types de cartes ont été réalisés : une carte de classement sonore du bruit routier[115] et une carte de variation de niveaux sonore (voir atlas cartographique cartes P2.G.III-10-1-1 à 6). Les résultats sont aussi fournis sous forme de tableaux ou graphiques ci-après.

Après avoir envisagé d'étudier l'impact sonore du projet grâce aux nouveaux indices L_{den} (indicateur pondéré $Ld_{ay}e_{vening}n_{ight}$ représentant le niveau moyen annuel sur 24h) définis par la directive européenne 2002/49/CE[116], les indices finalement retenus sont les LA_{eq} jour (6h-22h) et LA_{eq} nuit (22h-6h) qui sont plus facilement comparables avec la réglementation française en termes de bruit des transports. L'ensemble de la méthodologie suivie ainsi que la justification du choix des indices retenus sont expliqués en annexe.

L'impact du bruit routier à l'échelle de l'Ile-de-France a été analysé sur base de deux types de cartographies : le classement des infrastructures routières pour la situation en 2035 avec et sans projet afin d'étudier, par différence, l'impact du projet, et les cartes d'isophones en période jour (6h-22h) qui permettent, par différence, d'étudier la variation des niveaux de bruit générés par les grandes infrastructures routières.

L'exposition de la population francilienne au bruit du trafic routier en 2035 a quant à elle été évaluée en croisant les données de densité de population (sur base des scénarios de localisation P+E transmis par la maîtrise d'ouvrage) avec les surfaces calculées par « tranche de niveaux sonores » (courbes isophones) pour le réseau routier 2035 en situation avec et sans projet. Les résultats sont donnés en annexe. Cette analyse se base sur les données du trafic routier issues du modèle DREIF ainsi que sur les projections de population à l'horizon 2035 fournies par le Maître d'ouvrage, en supposant une densité uniforme sur le territoire communal.

Classement sonore des voiries

L'arrêté du *30 mai 1996* définit les catégories des infrastructures de transport terrestre sur base de leur niveau sonore de référence LA_{eq} (6h-22h) et LA_{eq} (22h-6h) calculé à 2m des bâtiments pour une rue en U ou à une distance de 10m par rapport à l'infrastructure pour les tissus ouverts avec prise en compte de la réverbération des bâtiments afin d'être équivalent à un niveau sonore en façade.

Tableau 3.10-18 : Classement des infrastructures de transport terrestre (Source : arrêté du 30 mai 1996)

Niveau sonore de référence LA_{eq} (6-22h) en dB(A)	Niveau sonore de référence LA_{eq} (22-6h) en dB(A)	Catégorie de l'infrastructure	Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure
L > 81	L > 76	1	d = 300m
76 < L ≤ 81	71 < L ≤ 76	2	d = 250m
70 < L ≤ 76	65 < L ≤ 71	3	d = 100m
65 < L ≤ 70	60 < L ≤ 65	4	d = 30m
60 < L ≤ 65	55 < L ≤ 60	5	d = 10m

Les cartes référencées Carte N°P2.G.III-10-1-1 à 4 de l'atlas cartographique montrent le classement sonore des principales voies routières en 2035 avec et sans projet et pour les hypothèses basses et hautes de trafic.

[115] *Classement sonore des infrastructures routières tel que défini par le décret du 09/01/1995*
[116] *Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement (communément appelée « directive sur le bruit dans l'environnement »)*

On observe à partir de ces cartes que les classements des voies routières les plus importantes sont peu voire pas modifiés avec le projet.

Afin de mieux voir les variations, les parts de kilomètres de réseau routier par catégorie avec et sans projet sont présentées ci –après.

Evolution de la classification sonore des voiries avec et sans projet (2035)

Tableau 3.10-19 : Evolution de la classification sonore des voiries avec et sans projet en fonction du nombre de km (Source : arrêté du 30 mai 1996) – hypothèses haute et basse

Hypothèse basse	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5	
	$Laeq_{nuit} > 76$ et/ou $Laeq_{jour} > 81$	$71 < Laeq_{nuit} \leq 76$ et/ou $76 < Laeq_{jour} \leq 81$	$65 < Laeq_{nuit} \leq 71$ et/ou $70 < Laeq_{jour} \leq 76$	$60 < Laeq_{nuit} \leq 65$ et/ou $65 < Laeq_{jour} \leq 70$	$55 < Laeq_{nuit} \leq 60$ et/ou $60 < Laeq_{jour} \leq 65$	total réseau routier
km de voirie sans projet	2.307,8	1.493,0	5.710,8	6.901,0	3.479,0	19.891,5
km de voirie avec projet	2.298,5	1.480,1	5.679,1	6.951,8	3.471,6	19.881,2
variation avec projet (km)	-9,3	-12,8	-31,7	50,8	-7,3	-10,4
variation avec projet (%)	-0,41	-0,86	-0,55	0,74	-0,21	-0,05

Hypothèse haute	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5	
	$Laeq_{nuit} > 76$ et/ou $Laeq_{jour} > 81$	$71 < Laeq_{nuit} \leq 76$ et/ou $76 < Laeq_{jour} \leq 81$	$65 < Laeq_{nuit} \leq 71$ et/ou $70 < Laeq_{jour} \leq 76$	$60 < Laeq_{nuit} \leq 65$ et/ou $65 < Laeq_{jour} \leq 70$	$55 < Laeq_{nuit} \leq 60$ et/ou $60 < Laeq_{jour} \leq 65$	total réseau routier
km de voirie sans projet	2.339,7	1.497,2	5.690,3	6.825,7	3.511,7	19.864,6
km de voirie avec projet	2.321,1	1.501,9	5.647,8	6.836,7	3.547,4	19.854,9
variation avec projet (km)	-18,6	4,7	-42,5	11,0	35,7	-9,7
variation avec projet (%)	-0,80	0,31	-0,75	0,16	1,02	-0,05

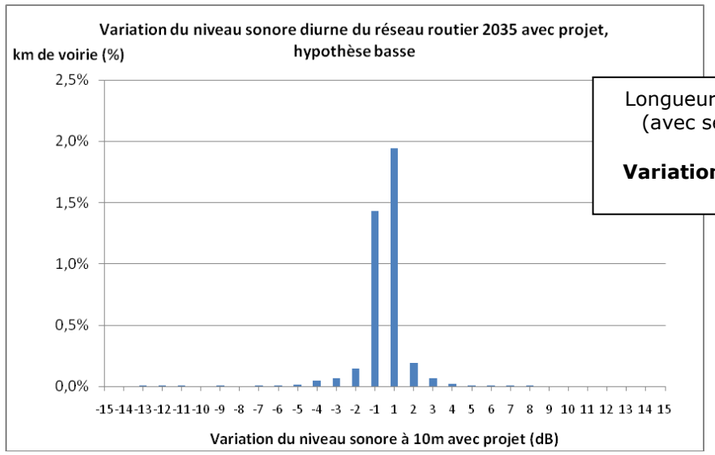
L'évolution de la classification des voies confirme l'analyse avec très peu de variations observées (moins de 1%).

Evolution du niveau sonore en bordure de voirie

Les cartes N°P2.G.III-10-1-5 et P2.G.III-10-1-6 de l'atlas cartographique montrent l'évolution du niveau sonore diurne en bordure de voirie entre la situation sans projet et avec projet pour les hypothèses hautes et basses de trafic.

Les cartes de variation de niveaux de bruit routier en 2035 avec et sans projet montre que l'impact du projet sur les grands axes est négligeable avec pour la grande majorité des routes moins de 1 dB(A) de variation constatée. Cela est logique vu les faibles variations de vitesses et de trafic prévisibles (maximum de l'ordre de 2%). Une diminution de quelques centaines de véhicules par heure sur des trafics de plusieurs milliers de véhicules n'engendre, en effet, que peu de variation de bruit. La carte de différence et les tableaux ci-après confirment cette analyse avec des niveaux sonores à proximité des voiries qui ne seront que très peu modifiés suite au projet.

Cette analyse est confirmée par les graphiques suivants qui reprennent en pourcentage de km de voirie les variations de niveaux sonores calculées.



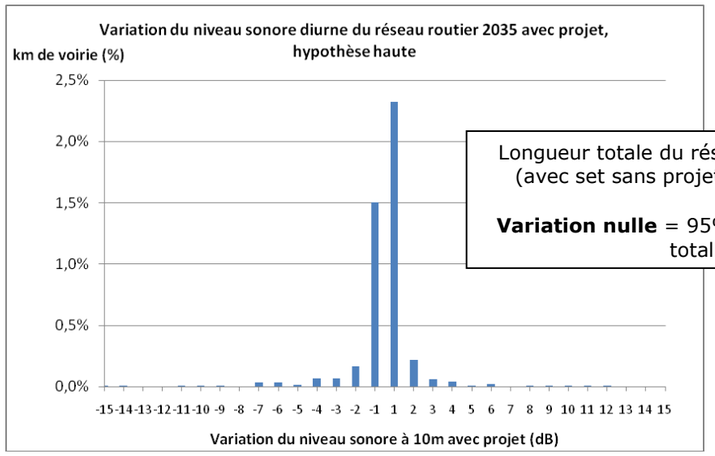
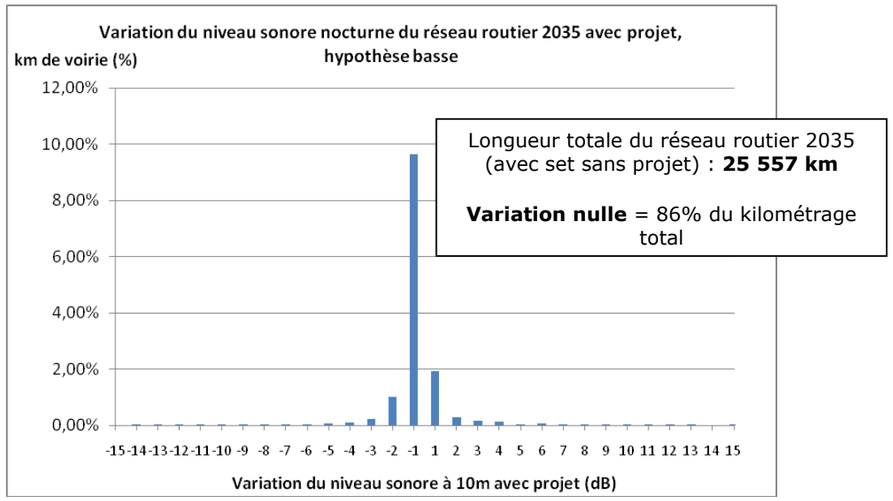


Figure 3.10-15 : Variation du niveau sonore diurne (6h-22h) sur l'ensemble du réseau routier entre la situation 2035 avec et sans projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) – hypothèses haute et basse



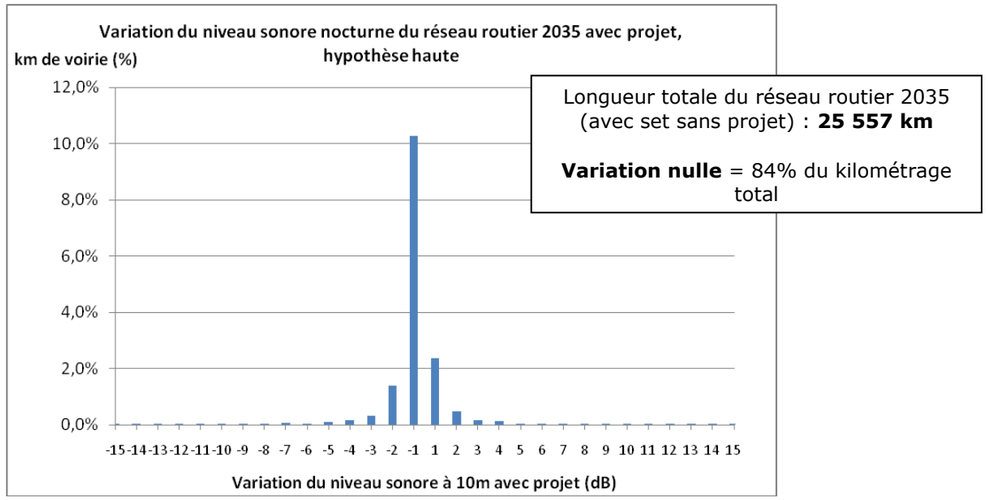


Figure 3.10-16 : Variation du niveau sonore nocturne (22h-6h) sur l'ensemble du réseau routier entre la situation 2035 avec et sans projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035) – hypothèses haute et basse

Les graphiques ci-dessus montrent qu'une très grande majorité du réseau routier subira un impact inférieur à +/- 1 dB(A) suite au projet. Compte tenu qu'une différence de niveau sonore inférieure à 1 dB(A) est inaudible pour l'oreille humaine, cela signifie que le projet n'aura pas d'impact significatif sur le bruit pour 84 à 96 % du réseau routier.

Enfin, pour la période de jour les variations observées sont relativement neutres puisque les pourcentages d'amélioration ou de détérioration sonores sont faibles (max 2,4%) et globalement équivalents, en revanche la nuit, il y aurait plutôt une légère tendance à l'amélioration puisque l'on observe une variation de -1 dB(A) pour 10% des routes contre à peine 2% montrant une variation de + 1 dB(A).

Exposition de la population au bruit routier (Laeq 6h-22h)

Le calcul de la population exposée a été réalisé en croisant les données de densité de population avec les surfaces calculées par « tranches de niveaux sonores » définies par les courbes isophones calculées pour la période de jour (6-22h), en situation avec et sans projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035).Les résultats sont donnés ci-après pour information.

Tableau 3.10-20 : Evaluation de la population exposée au bruit en 2035 pour la situation de référence et la situation avec projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035)

Hypothèses			LAeq (6h-22h) < 60 dB(A)	60 à 65 dB(A)	65 à 70 dB(A)	70 à 75 dB(A)	> 75 dB(A)
Situation de référence 2035	Basse	Nbre hab exposés	2 770 934	5 258 106	3 029 946	1 247 728	767 834
		%	21,19%	40,22%	23,17%	9,54%	5,87%
	Haute	Nbre hab exposés	2 915 285	5 325 476	2 993 104	1 218 787	739 265
		%	22,10%	40,37%	22,69%	9,24%	5,60%
Situation avec projet 2035	Basse	Nbre hab exposés	2 774 197	5 240 975	3 034 435	1 252 763	772 178
		%	21,22%	40,09%	23,21%	9,58%	5,91%
	Haute	Nbre hab exposés	2 900 289	5 322 740	3 002 165	1 223 815	742 908
		%	21,99%	40,35%	22,76%	9,28%	5,63%
Différence projet 2035 - référence 2035	Basse	Nbre hab exposés	-3 263	17 131	-4 489	-5 035	-4 343
		%	-0,02%	0,13%	-0,03%	-0,04%	-0,03%
	Haute	Nbre hab exposés	14 997	2 736	-9 061	-5 028	-3 643
		%	0,11%	0,02%	-0,07%	-0,04%	-0,03%

La méthode utilisée montre qu'en période de jour la majorité de la population (≈ 63%) est exposée à des niveaux LAeq (6-22h) compris entre 60 et 70dB(A). Près de 16% serait exposée à des niveaux de bruits supérieurs à 70dB(A) et 21 à 22% à des niveaux de bruit inférieurs à 60 dB(A) en période de jour. Toutefois, ces chiffres sont à prendre avec précaution car la méthode utilisée surestime légèrement l'exposition au bruit des personnes en 2035, principalement à cause du fait que l'impact des immeubles et de la topographie dans la propagation du bruit n'a pu être pris en compte dans le modèle. En revanche, la variation de population exposée est plus juste car il s'agit d'une estimation faite par différence. Cette variation étant très faible (<1%), l'impact du projet sur le bruit routier à l'échelle régionale sera quasi-nul car le nombre d'habitants exposés par plage de niveau sonore sera sensiblement identique entre la situation de référence et la situation avec projet.

Ces résultats sont à prendre avec précaution car la méthode de calcul utilisée ne tient pas compte des obstacles existants entre les axes routiers et les habitations, ne permet pas de différencier une façade calme d'une façade bruyante et considère une réverbération supplémentaire de 3dB(A) en façade qui n'est pas toujours prise en compte dans les cartographies sonores usuelles.

C'est pourquoi, lors des études d'incidences réalisées pour les gares, une étude spécifique du bruit devra être réalisée à l'échelle locale de la gare avec prise en compte de la topographie et du bâti dans la propagation du son pour étudier l'impact du projet sur le bruit routier à l'échelle du quartier de la gare.

Conclusion

Le projet de métro automatique n'aura pas d'impact significatif sur le bruit des grands axes routiers car les variations induites par le projet ne sont pas suffisamment importantes pour faire varier les niveaux sonores générés par le trafic routier de manière significative.

Impact du projet sur le report modal et le bruit généré par le trafic routier à l'échelle du quartier

Le modèle d'analyse des nuisances sonores à l'échelle régionale ne permet pas de montrer les effets de l'implantation des gares sur l'évolution de la circulation locale et ses conséquences en termes d'émissions sonores. Pourtant, la gare agit comme un pôle attracteur aussi bien des transports publics de rabattement (taxis, bus) que des transports privés (voiture particulière, deux-roues). D'autre part, les nouvelles activités susceptibles de s'installer à côté de ce pôle de transport pourront, elles aussi, générer un trafic sur les voiries locales plus important. C'est pourquoi l'accès aux gares ainsi que le développement des zones à leur proximité peut induire un impact sonore significatif sur les voiries de quartier. Ces impacts seront très probablement négatifs pour les voies existantes qui permettront l'accès aux gares, aux commerces et aux parkings de stationnement, en particulier aux heures de pointes.

Ce phénomène sera renforcé si :

- la gare est éloignée des habitations et des transports en commun ;
- la gare accueille aussi une gare de bus ;
- aucun aménagement n'est fait sur les voies existantes pour supporter le flux et/ou améliorer les conditions de circulation (changement de revêtement, limitation vitesse…).

Si des voies nouvelles sont aménagées pour faciliter l'accès aux gares et désengorger des voies existantes, alors l'impact au niveau du quartier pourra être localement positif pour les rues les plus chargées actuellement. Cela demande toutefois une réflexion profonde dans l'aménagement et la localisation des nouvelles voiries car ces dernières seront également sources supplémentaires de bruit pour les riverains.

Pour avoir un impact positif lors de la réalisation d'une nouvelle voirie, il faudra donc reporter intelligemment le trafic (et donc le bruit) sur les axes les moins sensibles et éviter une urbanisation désorganisée qui aurait l'effet inverse escompté. Des plans de circulation bien pensés ainsi qu'une bonne organisation de l'espace urbain permettront aussi de " contrer " efficacement l'afflux supplémentaire de véhicules à prévoir auprès des gares et réduiront l'impact sonore local lié au projet.

Il faut aussi rappeler que chaque implantation de gare aura ses propres problématiques qui varieront selon :

- ses objectifs de développement prioritaires (urbanisation, développement pôles de compétence, desserte des aéroports et/ou de lieux spécifiques…)
- son environnement (milieu urbain plus ou moins dense, gare combinée avec gare ou infrastructure de transport existante, espaces verts…)

Des études acoustiques complémentaires seront nécessaires pour chaque projet d'implantation de gare afin de prendre en compte ces différents paramètres et quantifier précisément l'impact sonore

lié à l'accessibilité des gares et l'augmentation de trafic induit par les projets de développement qui y sont associés.

Selon la typologie d'insertion de la nouvelle station, différents impacts sonores peuvent apparaître. Les gares peuvent être regroupées par typologie suivante :

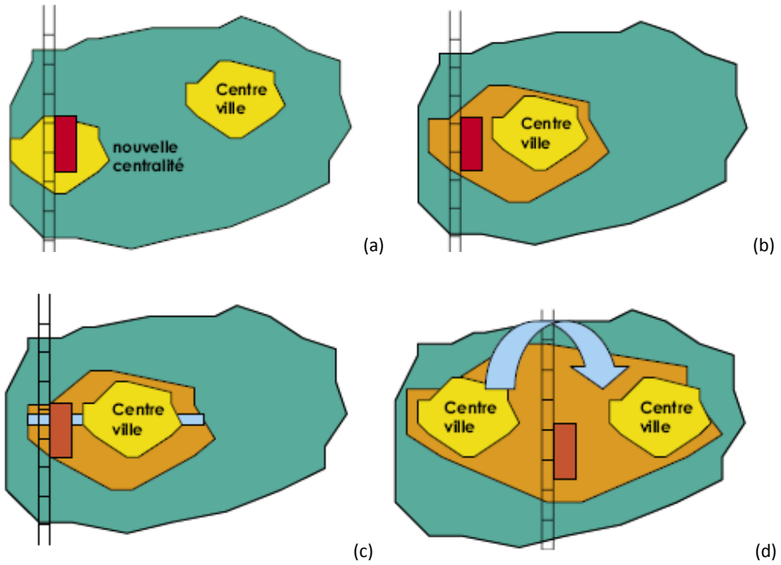


Figure 3.10-17 : Typologies d'insertion de la nouvelle station : (a) établissement d'une nouvelle centralité autour de la gare (b) élargissement du centre-ville en incorporant de nouveaux services (c) prolongation de l'axe piétonnier (d) traitement de la coupure urbaine créée par la nouvelle ligne (Source : Concevoir la ville à partir des gares. Rapport final du Projet Bahn Ville)

Insertion type (a) : nouvelle centralité autour d'une gare

Ce type d'insertion aura moins d'impact sur les riverains existants du fait de l'éloignement avec la voie ferrée. En outre, les nouveaux aménagements seront moins soumis à des contraintes techniques, pourront être totalement indépendants du centre ville et donc étudiés spécifiquement et maîtrisés pour réduire les impacts sonores. En revanche, l'éloignement de la gare va induire un trafic supplémentaire. Les accès de la gare doivent donc être bien étudiés pour ne pas induire une gêne sonore trop forte pour les nouveaux riverains.

Insertion type (b) ou (c) : élargissement du centre-ville, avec axe piétonnier pour le type (c)

L'élargissement du centre ville existant va induire plus de gêne pour les riverains existants du fait de l'augmentation du trafic lié à l'accès à la gare, le métro en lui-même mais aussi à la densification de la zone. La mise en œuvre d'un grand axe piétonnier permettrait cependant de réduire cet impact en limitant le nombre de véhicules. De plus, la localisation des zones commerciales et tertiaires à proximité des gares apporterait une protection contre le bruit pour les riverains existants et futurs.

Insertion type (d) : traitement de la coupure urbaine par une nouvelle ligne

Ici, les impacts sont dédoublés par rapport au type d'insertion de type (b). La seule manière de réduire l'impact d'une telle insertion est de mettre en place des zones tampons aux alentours des gares et de la voie pour limiter l'impact du projet sur les riverains existants et futurs.

Autres typologies de gares pouvant induire un impact sonore particulier :

Gares incontournables et / ou pôle de compétitivité

En considérant les critères de connectivité aux réseaux de transport existants (TC, routes, ferroviaire, aérien) et de développement des pôles de compétitivité, huit gares dites « incontournables» ressortent de la première phase de l'analyse :

Roissy, Saint-Denis, Nanterre, Versailles, Massy-Palaiseau, Orly, Villejuif IGR, Chelles, Pont de Sèvres. Ces gares sont attractives et déjà fortement fréquentées par les usagers des transports en communs actuels. L'augmentation de capacité de ces gares à destination et depuis des localisations va potentiellement engendrer un report modal du transport routier vers les transports en commun assez important à l'échelle du quartier. Les effets attendus sur le bruit routier à l'échelle du quartier seront faibles voire positifs pour ce type de gares.

Gares de correspondance et densification potentielles :

Les gares dites de correspondances potentielles articuleraient les TCSP existants ou à venir, des lignes de métro, des lignes de transport lourds types RER ou Transilien. A ce stade de l'étude, elles sont identifiées au nombre de 27. Leur impact sonore va directement dépendre de l'attractivité du quartier aux alentours de la gare et des possibilités de connectivité avec le réseau existant ou futur. Les impacts sonores attendus sont variables mais plutôt négatifs en raison de l'augmentation probable du trafic routier aux alentours des gares, et de leur fréquentation.

Gares nouvelles sur opportunité de densification

En complément des propositions issues des opportunités de correspondances, certaines gares sont proposées selon le critère de potentiel de densification autour de ces éventuelles gares. Cela correspond à quelques gares (4 ou 5) dans des secteurs où il n'y a pas de correspondance envisageable.

Ce type de gare est implanté dans des zones initialement peu dense et parfois moins structurées. Elles seront donc les potentiellement les plus impactant sur le bruit routier à l'échelle locale avec des augmentations significatives de trafic et la création de nouvelles voiries.

Autres impacts indirects du projet lié à l'implantation des gares

Afflux supplémentaires de piétons

La fréquentation des gares et établissements connexes va induire une augmentation significative de la circulation piétonne et donc potentiellement des nuisances sonores supplémentaires (bruits de voisinage).

Développement de commerces

Le développement potentiel de commerces aux alentours des gares peut potentiellement induire l'apparition des sources sonores suivantes :

- Equipements techniques
- Afflux de piéton, terrasses extérieurs d'établissement HoReCa
- Augmentation de trafic routier
- Livraisons de poids lourds
- Augmentation bruits de voisinage

Densification de la population

La densification ou le développement des quartiers résidentiels autour des gares va également induire des effets potentiellement néfastes pour l'environnement sonore tels que :

- augmentation du trafic routier (donc augmentation potentielle du bruit) ;
- augmentation des bruits de voisinages.

Conclusion

A ce stade de l'étude il semble que les impacts indirects les plus importants sont observés à l'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 va être 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 vont induire. Les impacts les plus importants seront à prévoir

- dans les zones urbaines ou semi-urbaines où aucune gare ni zone commerciale n'est implantée
- dans les zones de coupures entre deux zones urbaines
- dans les zones situées à proximité d'espaces verts si le développement de la gare est associé à une urbanisation importante de la zone

3.10.1.6Les zones de calme : un enjeu majeur

Il est considéré que les zones actuellement calmes existantes en région Ile-de-France doivent être conservées. En effet, ces zones constituent un véritable enjeu de santé publique et de préservation de la nature.

Cette préoccupation est récente mais va sans nul doute prendre une ampleur sans précédent dans les prochaines années car s'intègre totalement dans les démarches actuelles de développement durable, de recherche du bien-être et d'écologie (pour rappel, le bruit est considéré comme la première pollution par les français). L'IAURIF a réalisé une vaste étude à ce sujet en 2006 pour montrer l'intérêt de conserver et de développer les zones de calme. Ce rapport regroupe également les expériences et études européennes en matière de zones calmes.

Ces dernières auraient des propriétés curatives, lorsqu'elles sont associées à une zone d'espace vert, elles permettent entre autre:

- d'évacuer le stress et la fatigue
- de faire de l'exercice physique
- de créer des contacts sociaux
- de faire des activités nécessaires au bon développement des enfants
- de stimuler le développement personnel (meilleure concentration)…

Les personnes sont en forte demande pour fréquenter des zones calmes, surtout celles qui subissent du bruit chez elles. Lorsque l'on rapproche cela avec les effets potentiels du bruit sur la santé, on comprend à quel point la conservation/création de zones calmes est importante. Chaque pays a son approche spécifique et sa définition pour les zones calmes.

De manière générale, une zone calme est associée aux niveaux de bruits suivants :

- 40 à 50 dB(A) maximum en milieu urbain
- 30 à 40 dB(A) maximum en milieu rural
- 30 dB(A) pour les zones de protection naturelle

En effet, les études s'accordent toutes pour dire que la notion de calme varie en fonction du lieu où la personne se trouve (facteur non acoustique).

Les indices utilisés pour l'évaluation du bruit en zone calme ne sont pas encore uniformisés au sein de l'Europe. Plusieurs études s'accordent à dire que l'indice Lden ou LAeq (24h) permettent une bonne évaluation du bruit pour les zones calmes. Si l'on considère que les zones calmes sont surtout fréquentées en journée, l'indice LAeq jour (6-22h) peut aussi avoir son intérêt.

Enfin, l'indice LA90 est également proposé car il représente bien le niveau de bruit minimum observé sur une période (niveau sonore dépassé pendant 90% du temps). L'étude de la différence entre le LAeq et le LA90 permettrait donc d'étudier " la stabilité " du calme et les sources plus ponctuelles.

Influence du tracé envisagé par rapport aux zones calmes et aux perspectives de densification de la population

De manière générale, les zones où le métro est en souterrain seront les moins impactées sauf localement à proximité des puits de ventilation et des gares.

L'axe Est prévu en souterrain (tronçon T1) est néanmoins sensible à cause de la densité assez élevée de population qui sera observée en 2035 mais aussi l'absence d'axe routier transversal qui pourrait masquer le bruit du métro et la présence de plusieurs zones de parc à cet endroit (entre autres : les îles de la Marne, le massif de l'Aulnoye, le Parc de Sevran, la forêt de Bondy...). De plus, une augmentation assez importante de la population est envisagée, ce qui ajoutera un impact complémentaire lié à la densification en plus de celui généré par le métro.

Pour les autres zones à proximité des portions de métro en souterrain, une attention devra surtout être apportée aux zones naturelles / espaces verts répertoriés à proximité de ces tronçons car ce

sont des zones sensibles qu'il faut autant que possible préserver du bruit. Il s'agit, entre autre au nord du parc de la Seine-Saint-Denis, du parc forestier de Sevran, du parc de la Courneuve, au centre des Berges de la Seine et de la cité-Jardin, à l'ouest du parc du château de Bécon, du domaine de Versailles et de la forêt de Fausses Reposes ou encore au sud de la réserve du Bassin de la Bièvre et du domaine de Vilgénis (voir chapitre faune et flore phase 1 pour l'ensemble des espaces verts recensés).

En ce qui concerne les insertions en aérien, la partie nord du tronçon T5 est peu sensible car la zone est déjà fortement impactée par le bruit des axes autoroutiers (en particulier l'A1), ferroviaire (RER B et D) et des avions.

Or, comme vu précédemment, la gêne du bruit ferroviaire diminue lorsque le niveau de bruit ambiant, hors trafic ferroviaire, est déjà important. De plus, il semble que le tracé du métro en aérien est partiellement mutualisé avec des axes routier dans ces zones.

A noter néanmoins 2 zones naturelles plus sensibles sur le tronçon T5, le parc départemental du Sausset à Villepinte et une zone calme plutôt à caractère agricole entre le Bourget et Gonesse.

La partie en aérien du tronçon T2 est quant à elle assez sensible car plus calme avec de larges zones préservées d'axes routiers importants, l'occupation du sol est également principalement de l'habitat individuel avec en spécificité la présence de grands pôles de compétitivité comme le CEA Saclay ou Thalès ou universitaire comme l'école polytechnique ou le campus d'Orsay.

Le potentiel de densification de la population est également plus fort même si la majorité des terrains agricoles seront conservés.

Enfin à noter la présence de zones naturelles protégées comme la forêt domaniale de Malmaison, le domaine de Versailles qu'il est nécessaire de protéger dans le cadre de la préservation des zones de calmes.

Conclusion

Dans le cadre du présent projet, il est fortement recommandé de faire de la conservation et du développement de zones calmes une priorité majeure du projet car cela donnera, d'une part, une bonne image de marque au projet mais permettra aussi de compenser les impacts négatifs éventuels du projet sur certains riverains en leur mettant à disposition des zones calmes où ils pourront se ressourcer. A noter que cette démarche implique de porter une attention toute particulière à proximité des zones calmes existantes, en particulier les espaces verts publics et les zones à haute valeur biologique (Natura 2000) qui doivent être associés à des niveaux de bruit les plus faibles pour optimiser leurs vertus et les valoriser aux yeux des usagers.

Les zones les plus sensibles sont répertoriées de manière exhaustive dans le chapitre Faune et Flore de la Phase 1 qui donne pour chaque tronçon les espaces verts à préserver. Pour les zones présentant le plus d'intérêt au niveau biologique et les plus grandes surfaces, un niveau de 30 dB(A) est conseillé. Or, les calculs du chapitre précédent ont montré qu'en voie aérienne et sans obstacle, il faut prévoir au moins une distance de 1 km par rapport à la voie pour limiter l'impact des métros à 40 dB(A) en heure de pointe.

De manière générale, le métro sera systématiquement prévu en souterrain au niveau des zones naturelles sauf au niveau du parc du Sausset.

Néanmoins les puits de ventilation et les gares peuvent aussi impacter de manière significative ces espaces où la préservation du calme constitue un grand enjeu.

C'est pourquoi il sera important de réaliser des études précises relatives à l'impact sonore du projet pour les zones de parc public ou à haute valeur biologique située à moins de 500m de toutes les gares et ouvrages annexes (puits ventilation/sites de maintenance).

3.10.2 Volet vibration

Les vibrations et le bruit solidien constituent un point essentiel de la mise en place d'une infrastructure. Elles sont produites par le chantier ou par le fonctionnement du métro et elles ont une incidence sur diverses cibles, principalement les personnes, le bâti et les ouvrages.

Les vibrations et le bruit solidien étant des phénomènes vibratoires au sens physique du terme, leurs incidences dépendent des facteurs suivants :

- les caractéristiques des sources,
- l'aptitude du milieu souterrain à propager les vibrations,
- la sensibilité des cibles.

L'analyse des incidences est réalisée sous la forme d'une analyse de risque d'atteinte à la sécurité des personnes et des biens.

3.10.2.1Impacts en phase chantier

Les vibrations sont produites lors des travaux d'excavation et lors de la circulation des engins.

Il est facile d'imaginer qu'un engin attaquant un calcaire dur, de type calcaire grossier, produit beaucoup plus de vibrations que le même engin attaquant une argile ou un sable. La nature de la roche est donc un élément essentiel. La présence du calcaire grossier, strate généralement la plus dure rencontrée par l'ouvrage, est donc un élément défavorable.

La présence d'eau est également un facteur important, l'eau ayant un effet amortissant sur la propagation des vibrations. La plus grande partie de l'infrastructure étant souterraine et immergée, la phase travaux bénéficiera de cet effet d'amortissement.

Cependant, la distance de la source de production des vibrations aux cibles est le facteur principal de l'appréciation des impacts. En effet, la distance est également un facteur d'amortissement des vibrations. Plus elle est courte, moins les vibrations sont amorties.

Les zones sensibles sont donc les zones où les cibles sont nombreuses et où l'infrastructure est proche. Ces zones sont densément bâties et le tunnel est proche de la surface du sol, ou l'une des gares est proche.

En ce qui concerne la circulation des engins, il s'agit principalement de la circulation des camions. Les zones concernées sont donc les bases chantier où des camions apportent des matériaux et emportent des déblais.

Les impacts sont les suivants :

- les vibrations engendrent la déstabilisation d'ouvrages ou de bâtiments, ce qui produit des fissurations, voire des effondrements. Ces dégâts sont irréversibles et très difficiles à réparer.
- les vibrations engendrent l'effondrement d'anciennes carrières souterraines, qui elles mêmes conduisent aux dégâts décrits ci-dessus.
- les vibrations entrainent des perturbations dans l'exploitation d'ouvrages existants qui elles mêmes conduisent aux dégâts précités. C'est le cas de fuites dans des réseaux conduisant à des affouillements.

- les perturbations d'exploitation citées ci-dessus constituent en elles mêmes des impacts des vibrations. Certains appareils ont leur fonctionnement perturbé par les vibrations.

- les vibrations ont également des impacts sur les personnes :

  - sur la santé par perturbation du sommeil lors des travaux de nuit,

  - sur la concentration lors des travaux de jour,

  - par création d'anxiété et des conséquences associées.

3.10.2.2Impacts en phase exploitation

En phase exploitation, les impacts des vibrations dépendent du fait que l'infrastructure est aérienne ou souterraine.

Dans les parties souterraines, la structure du tunnel et la structure externe des gares qui sont des structures fermées exercent une certaine rétention des vibrations.

Dans les parties aériennes, la structure porteuse, ici un viaduc, transmet les vibrations au sol, qui lui-même les transmet aux cibles. Comme la structure souterraine mais dans une moindre mesure car n'étant pas une structure fermée, le viaduc amortit les vibrations émises vers le sol. L'impact des vibrations résiduelles dépend directement de la distance des piles du viaduc aux cibles. Il est en général faible voire nul. Il est le même que ci-dessus en atténué.

Le bruit solidien est le principal impact de cette phase. Il s'agit de vibrations qui parcourent la structure et qui sont transmises aux bâtiments de sorte que les personnes qui les occupent ont l'impression d'entendre le métro qui circule.

Pour qu'il y ait un impact perceptible, il faut que la structure externe du métro, en général le tunnel, soit proche des fondations pour qu'il y ait transmission directe. Dès que la distance dépasse quelques mètres, ce bruit est fortement atténué.

3.11 Santé et risques sanitaires

Les impacts potentiels du métro sur la santé concernent principalement les pollutions atmosphériques, le bruit et les accidents de la route.

3.11.1 Pollution atmosphérique

L'impact du projet Grand Paris Express les concentrations de polluants atmosphériques ainsi que sur l'exposition des franciliens à ces pollutions a été analysé en détails dans le cadre du chapitre spécifique à cette thématique. Les principales conclusions sont reprises ci-dessous.

Par ailleurs, les usagers du métro seront exposés à des concentrations particulières de particules fines dans les espaces confinés du métro. Il est donc nécessaire d'évaluer dans quelle mesure ces concentrations pourraient impacter la santé des usagers.

Pollutions atmosphériques issues du trafic routier

L'analyse des incidences du projet sur les émissions et concentrations de polluants atmosphériques en Ile-de-France a permis de montrer l'influence positive du projet sur la qualité de l'air.

Au niveau des émissions du trafic routier, le projet induit une diminution variant entre -1.5 et -2% des quantités émises de PM_{10}, NO_x, benzène, CO, COVNM, Ni et Cd. Ces diminutions des émissions induisent à leur tour une diminution des concentrations de polluants sur la majeure partie du territoire de l'Ile de France et principalement le long des grands axes routiers.

Concernant l'exposition des francilien, le calcul de l'Indice Pollution Population (IPP) pour les concentrations de polluants issus du trafic routier a montré une réduction de l'exposition des franciliens aux trois polluants étudiés : PM_{10}, le NO_2 et le benzène (-1.6%, -2.2% et -2.1%, respectivement).

Afin d'étudier l'impact du projet sur les zones où les concentrations moyennes annuelles de polluants dépassent les valeurs limites, les concentrations issues du trafic routier ont également été additionnées aux concentrations prévisionnelles de fond. Ces concentrations de fond ont été reprises du travail réalisé par AirParif dans le cadre du travail réalisé sur le projet de Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA). Ces concentrations ont été évaluées à l'horizon 2020 et non à l'horizon 2035. Cependant, à défaut d'avoir des données prospectives à des horizons plus lointains, nous avons considérés les concentrations de fond comme constantes entre 2020 et l'horizon de l'étude d'impact de 2035.

L'analyse des concentrations moyennes annuelles globales a également permis de quantifier les surfaces pour lesquelles les normes seront encore potentiellement dépassées à l'horizon 2035. Les résultats montrent que l'effet du projet est relativement modéré et correspond à une réduction de 0.7 km² des surfaces dépassant la valeur limite de NO_2 et de 0.3 km² des surfaces dépassant l'objectif de qualité de PM_{10}.

En termes de population exposée, le projet permet une diminution d'environ 1.4% du nombre de personnes exposées à des concentrations moyennes annuelles de PM_{10}. > 30µg/m³ et de 2.5% des personnes à des concentrations moyennes annuelles de NO_2 >40µg/m³. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.11-1 : Nombre de personnes potentiellement concernées par les zones où les concentrations moyennes annuelles dépassent l'objectif de qualité (PM_{10} > 30µg/m³) ou la valeur limite (NO_2>40µg/m³). Les habitants des communes ont été répartis uniformément sur les zones urbanisées de la commune.

Hypothèses	Scénarios	PM_{10} (>30µg/m³)	NO_2 (>40µg/m³)
		Nombre de personnes potentiellement exposées	
Bas	Référence	198 826	257 189
	Projet	195 765	250 823
	Projet - référence	-3061 (-1.5%)	-6366 (-2.5%)
Haut	Référence	205 231	272 381
	Projet	202 445	265 561
	Projet - référence	-2786 (-1.4%)	-6820 (-2.5%)

Tous les indicateurs montrent donc un impact globalement positif du projet sur les pollutions atmosphériques et par conséquent sur la santé des franciliens.

Les particules fines à l'intérieur des gares et du métro

Il n'existe actuellement pas de législation propre aux concentrations de particules fines ($PM_{2.5}$ et PM_{10}) en milieu confiné mettant en relation concentrations et durées d'exposition. Les durées d'exposition étant généralement relativement courtes (les gares de métro sont principalement des lieux de passage), les concentrations en particules fines ont été peu étudiées malgré un impact potentiel important sur la santé des utilisateurs.

Les particules les plus grosses sont généralement retenues par les voies aériennes supérieures et ont un effet limité sur la santé. Les particules plus fines peuvent, par contre, pénétrer dans les voies respiratoires inférieures et transporter des composés toxiques, pouvant causer, en particulier chez les enfants, des irritations aiguës ou chroniques des muqueuses bronchiques, une hyperréactivité bronchique, des allergies ou encore une exacerbation de pathologies respiratoires préexistantes. Certaines particules peuvent également contenir des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) aux propriétés mutagènes et cancérogènes. Les particules en suspension dans les gares de métro sont, de plus, particulièrement chargées en composés métalliques (fer, manganèse, baryum…) et en carbone issus de la friction des roues, des rails et des freins.

Deux programmes de recherche réalisés en partenariat entre la RATP et AIRPARIF, *Campagne de mesure à la gare de RER Auber*, septembre 2010 et *Campagne de mesure à la station de métro Faidherbe-Chaligny*, juin 2009 permettent d'évaluer les risques encourus.

Tout d'abord, concernant l'air intérieur à la gare de RER Auber, « les teneurs de particules PM_{10} et $PM_{2.5}$ mesurées durant la campagne sont les plus importantes sur le quai du RER avec des niveaux moyens respectivement de 329 µg/m³ et 117 µg/m³. Ces concentrations élevées sont dues au système de freinage des rames de RER et à la remise en suspension des poussières par le passage des rames. Les voyageurs, à travers leurs déplacements, peuvent également entrainer une remise en suspension dans l'air des particules déposées sur les quais. Ces émissions « indirectes » de particules engendrent une proportion plus importante de la fraction grossière comprise entre 2.5 µm et 10µm, avec les deux-tiers des teneurs de particules PM_{10}. ».

Ces données ne sont pas comparables à celles en extérieur, car les temps d'expositions ne sont pas les mêmes. C'est pourquoi le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a introduit une valeur guide pour des courtes durées, prenant en compte les teneurs de particules à l'extérieur. Ce point est mitigé, d'un coté, « aucune norme à l'échelle horaire n'est définie car c'est une exposition durable (de l'ordre d'une ou plusieurs journées) qui présente des effets sur la santé » ; et de l'autre, l'AFSSET a émis un avis sur les particules fines et il en ressort qu' « il n'y aurait pas de seuil de pollution en-dessous duquel il n'y a pas d'impact sanitaire. »

Quelle que soit la référence choisie, « à l'intérieur de la gare RER d'Auber, la valeur guide établie pour les particules PM_{10} par le CHSPF, et recalculée pour 2009, est dépassée la quasi-totalité du temps lors de la campagne durant les périodes de pointe du matin (7h à 11h) et du soir (16h à 21h) sur le quai du RER A avec des teneurs horaires supérieures à 142 µg/m³. »

Les concentrations mesurées sont, par ailleurs, dépendante du type de matériel roulant puisque « La concentration moyenne de PM_{10} sur le quai du RER A est de 3.5 et 5.5 fois supérieure par rapport aux quais du métro de la ligne 4 et 1, respectivement. Le matériel roulant plus lourd ainsi que la vitesse plus importante du RER entraineraient des émissions ainsi qu'une remise en suspension plus importantes. »

Enfin, la campagne de mesure dans la station de métro nous renseigne mieux sur l'effet de la ventilation, nécessaire pour le bon assainissement de l'air d'un métro. « Les mesures en intérieur sont significativement supérieures à celles en air extérieur, […] surtout en journée. La nuit, les concentrations intérieures et extérieures sont proches. Ce résultat met clairement en évidence une source intérieure de particules PM10, à savoir le trafic des métros.

Bien qu'il soit difficile d'évaluer précisément les risques des usagers, les résultats soulignent l'importance de mettre en place des mesures de réduction des concentrations en particules fines. Ces mesures concernent principalement la mise en place d'une ventilation adéquate des espaces confinés et un choix de matériel roulant permettant de réduire au maximum les émissions.

Tout comme dans les gares et les tunnels, les zones proches des puits de ventilation pourraient également atteindre lors de conditions météorologiques défavorables des concentrations élevées en particules fines. Il sera donc important de placer les puits de ventilation de manière stratégique afin d'éviter l'exposition de personnes aux concentrations de particules fines élevées sur des durées prolongées.

3.11.2 Bruit

Les principaux impacts sonores prévisibles sont liés aux effets induits sur le report modal et les nuisances sonores du trafic routier mais aussi à la phase temporaire de chantier et et à l'exploitation de l'ouvrage (fonctionnement du métro en lui-même, exploitation des gares, puits de ventilation, etc.).

Exposition au bruit en phase chantier

Les nuisances sonores durant la phase de chantier seront 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 matières pourront également engendrer des nuisances sonores.

Il est très difficile de quantifier l'intensité de ces bruits et encore plus d'évaluer l'impact sur la santé des riverains. Cependant la gène devrait être temporaire et limitée par les précautions qui seront prises pour minimiser l'impact sonore des chantiers. Le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants de même qu'une bonne localisation des sources de bruit sera primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier.

Exposition au bruit du métro

Le bruit généré par le métro provient principalement des sources de bruits suivantes : le contact roue/rail, les crissements, les appareils de voies (aiguillages, traverses, joints,…), les blocs moteurs et auxiliaires, les équipements de ventilation et les autres bruits (klaxon, ouvertures/fermetures portes, sirènes de fermeture des portes…).

En insertion souterraine, le métro n'aura que peu d'impacts sonores du moment que les vibrations sont bien traitées. La ventilation nécessaire aux tunnels est une source de bruit non négligeable mais elle peut être facilement maîtrisée.

En insertion aérienne l'impact des métros sera plus important et dans une première estimation il faut plus de 50m de distance pour que la valeur limite de 60 dB(A) applicable de jour aux infrastructures de transport ferroviaire dans une zone à ambiance préexistante modérée soit respectée, ce qui est le cas. L'étude des tronçons T2 et T5 (les seuls qui contiennent des parties implantées en aérien) a montré que la majeur partie des portions aériennes seront implantées dans des zones plus bruyantes ou des zones économiques où la valeur limite applicable de jour est de 65 dB(A), valeur qui est atteinte à 20m seulement de la voie. L'impact de l'infrastructure elle-même sur les nuisances sonores devrait donc être limité.

Exposition de la population au bruit routier

Le calcul de la population exposée aux différents seuils de niveaux sonores a montré que le métro automatique n'aura qu'une influence faible sur les niveaux de bruit en Ile-de-France. Les résultats détaillés sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.11-2 : Evaluation de la population exposée au bruit en 2035 pour la situation de référence et la situation avec projet (Source : réseau routier DREIF 2035, demande de 2035)

Hypothèses	Différence du nombre d'habitants exposés aux différents seuils de bruit entre le projet et la référence LAeq (6h-22h)				
	< 60 dB(A)	60 à 65 dB(A)	65 à 70 dB(A)	70 à 75 dB(A)	> 75 dB(A)
Basses	3 263	-17 131	4 489	5 035	4 343
	0,02%	-0,13%	0,03%	0,04%	0,03%
Hautes	-14 997	-2 736	9 061	5 028	3 643
	-0,11%	-0,02%	0,07%	0,04%	0,03%

Les résultats montrent que globalement le nombre de personnes exposées aux différents seuils sonores sont légèrement à la hausse. L'analyse approfondie à également montré qu'une très grande majorité du réseau routier subira un impact inférieur à +/- 1 dB(A) suite au projet, or une différence de niveau sonore inférieure à 1 dB(A) est inaudible pour l'oreille humaine. Bien que le projet pourrait augmenter légèrement le niveau sonore en Ile-de-France, les impacts sur la santé seront donc très limités.

3.11.3 Mobilité

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le report modal induit par le Grand Paris Express 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.

Pour évaluer l'impact du report modal sur le nombre d'accidents, il a d'abord 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. Nous avons donc différencié trois types de routes 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 à l'horizon 2035, 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 2035 sont les suivants :

Tableau 3.11-3 : Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2035 (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	0,0200	0,0275	0,0115	0,0006
RN + RD	0,0634	0,0871	0,0377	0,0018
Agglomération	0,1123	0,1543	0,0199	0,0010

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 MODUS de la DRIEA (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 présentés dans les deux figures suivantes selon les hypothèses hautes et basses.

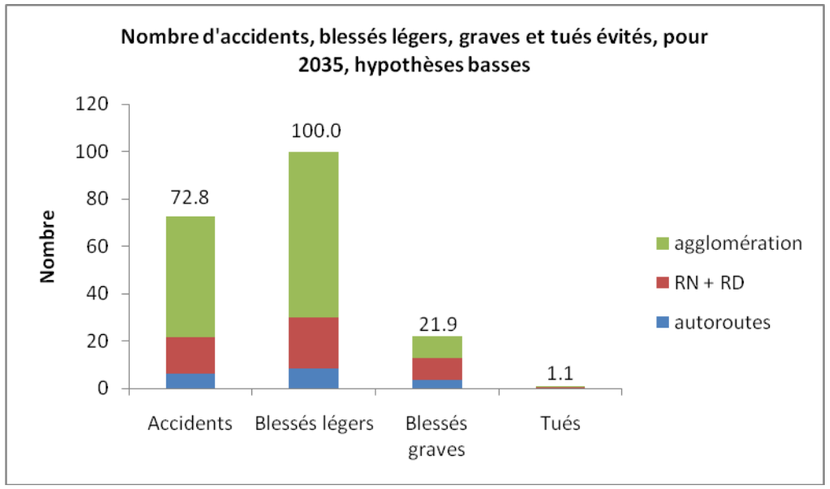


Figure 3.11-1 : Nombre d'accidents, blessés légers, graves et tués évités, pour 2035, hypothèses basses

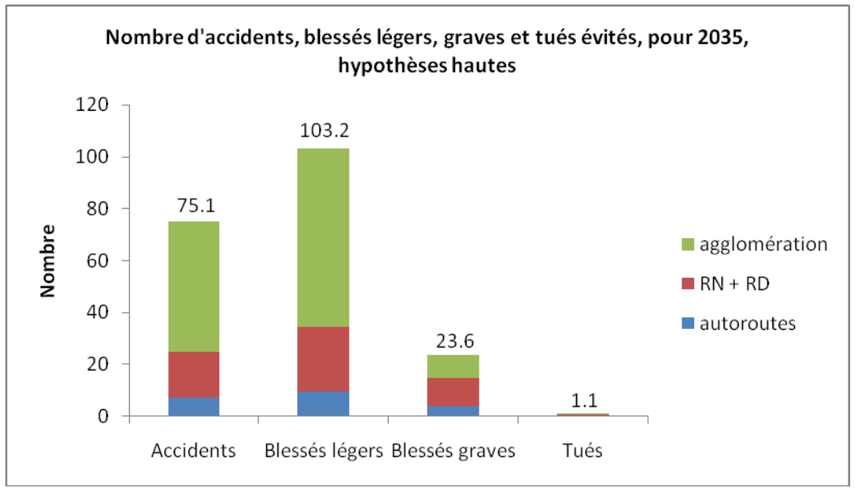


Figure 3.11-2 : Nombre d'accidents, blessés légers, graves et tués évités, pour 2035, hypothèses hautes

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 70 accidents et 120 blessés évités par an grâce au projet. Les différences entre les scénarios d'hypothèses hautes et basses sont relativement faibles. Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète l'amélioration des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée du Grand Paris Express.

4 Analyse des effets cumulés

4.1 Projets susceptibles d'avoir un effet cumulé

Cette analyse des effets cumulés ne peut prendre en compte tous les projets en cours car certains projets restent à un stade de définition peu avancé et nécessitent encore des arbitrages susceptibles de modifier fortement leurs caractéristiques.

Les projets pris en compte sont donc suffisamment avancés pour que soit :

- ils aient été autorisés : les procédures administratives ont été conduites avec succès et les autorisations délivrées. Les travaux de réalisation vont commencer.

- l'Administration ait été saisie par le dépôt d'un dossier de demande d'autorisation complet et régulier. Ce dépôt valide le fait que le Maître d'ouvrage juge son projet suffisamment abouti pour en faire une évaluation environnementale et le soumettre à l'avis de l'Administration. Ce dépôt valide également la procédure de concertation menée par le Maître d'ouvrage.

Les projets susceptibles d'avoir un ou des effets cumulés sont de différentes natures :

- les infrastructures de transport routières ou ferroviaires au sens large : les effets cumulés potentiels portent à la fois sur la construction de l'infrastructure et sur le fonctionnement général du réseau, leur mise en service étant susceptible d'influencer l'utilisation des modes de transport et les flux de voyageurs,

- les projets d'aménagement urbain de type Zone d'Aménagement Concerté (ZAC), écoquartiers : les projets concernés nécessitent une certaine taille pour avoir une réelle influence à l'échelle globale, que ce soit en phase travaux ou en phase exploitation.

Les projets de transports en commun sont listés et classés par catégorie dans le tableau IV.1-1 ci-dessous.

Il n'existe pas de projet routier marquant et entrant dans les critères de prise en compte dans la zone du fuseau de cette étude globale. Les principaux projets routiers en cours d'étude, donc à un stade pas suffisamment avancé pour être pris en compte, portent sur le contournement ouest de l'agglomération parisienne, en particulier sur le bouclage ouest de la francilienne (A104). En effet, les solutions actuelles, boulevard périphérique et RN 184 (entre Cergy-Pontoise et Louveciennes), ne sont pas satisfaisantes et conduisent à des problèmes de circulation importants. Dans les études d'impact tronçon, des projets plus locaux et donc d'une importance moindre, pourront être pris en compte. Il s'agira notamment du projet de requalification de la RD 36 en une infrastructure multimodale.

Le cas des projets d'aménagement urbain est particulier. En effet, la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris prévoit la création et la mise en œuvre d'un outil permettant la gestion urbanistique de l'arrivée des gares du futur métro à l'échelle d'un territoire. Cet outil est le Contrat de Développement Territorial (CDT).

L'objectif du CDT est d'analyser les conséquences de l'implantation d'une ou plusieurs gares du futur métro et d'envisager les aménagements à réaliser pour y faire face dans les domaines suivants :

- les flux de circulation piétonne, automobile et de transport en commun : une gare nouvelle engendre une restructuration complète des flux de circulation. Sa desserte engendre des flux nouveaux susceptibles de créer des embouteillages et crée des besoins en transport en commun,

- l'aménagement des abords de la nouvelle gare : les nouveaux flux nécessitent des aménagements de la voirie, la création d'espaces de stationnement pour tous types de véhicules,

- la gestion du foncier dans un périmètre proche : la nouvelle gare modifie le marché immobilier dans un rayon plus ou moins important et engendre des besoins nouveaux en logements et locaux d'activités, bureaux et ateliers,

- l'urbanisme communal ou intercommunal : les besoins nouveaux doivent être planifiés et leur satisfaction organisée par la modification des documents d'urbanisme de niveau communal ou intercommunal et en relation avec les documents généraux que sont les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) et les Schémas Directeurs (SDRIF en cours de révision).

Les CDT ont été conçus pour gérer ces problématiques. Ils ont leur logique propre. Comme tout document de planification, ils sont réglementairement soumis à évaluation environnementale.

A la date du 1er avril 2012, les porteurs de CDT n'ont pas développé de projets significatifs pouvant être pris en compte dans la présente étude d'impact.

Il n'y aura donc pas d'analyse croisée CDT – Métro dans la présente étude d'impact.

Cependant, l'implantation d'une gare nouvelle a une incidence sur l'aménagement de son environnement immédiat. Cette incidence sera analysée à deux niveaux :

- un niveau général dans le présent document dans un rayon de 500 m : les impacts pouvant être pris en compte le seront, principalement de façon qualitative car les projets de gare ne sont pas encore définis,

- un niveau détaillé : le projet de chaque gare devra détailler les fonctions annexes (présence de commerces, de services y compris publics) le parti architectural, l'implantation dans le bâti existant et l'aménagement des abords avant sa mise en œuvre. En outre, des études réglementaires complémentaires seront à réaliser : Permis de Construire, procédures ICPE et Loi sur l'eau, le cas échéant.

Certains projets d'aménagement urbain sont cependant pris en compte car ils ont des interactions directes avec le projet de métro. Ces projets sont cités dans l'analyse des impacts du chapitre précédent. De manière générale et dans le cadre de la présente étude, des recommandations pourront être formulées quant à l'implantation du projet, à son insertion paysagère, etc…

La mise en place d'une infrastructure de transport d'une envergure telle que celui du Grand Paris Express, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, crée la polarisation requise et rend possible la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords. Toutefois, la construction du Grand Paris Express n'est pas une fin en soi. A lui seul, le projet de métro ne pourra assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du Grand Paris ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Pour parvenir à ces objectifs, le projet Grand Paris Express devra être intégré dans une véritable logique d'aménagement du territoire mettant en œuvre des mesures d'accompagnement complémentaires (décrites au chapitre 6.7).

Ainsi, tous les projets (régionaux, départementaux, communaux ou locaux) d'aménagement du territoire qui intégreront des mesures d'accompagnement complémentaires, telles que décrites dans la partie 6.7, consistant en des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature du Grand Paris Express, auront un effet cumulé synergique avec le projet. Les principaux projets dont les effets se cumuleront à ceux du Grand Paris Express sont les suivants :

- le projet de Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (en cours de révision) et les autres documents d'urbanisme, dans la mesure où ils peuvent déterminer les zones à ouvrir à l'urbanisation et prescrire les densités. Le projet de SDRIF est encore en gestation. C'est pourquoi nous avons préféré examiner ce qu'il serait bon d'y prévoir, pour maximiser l'efficacité cumulée qu'il apporterait en support du projet Grand Paris.

- le PDU régional, récemment approuvé, dans la mesure où il poursuit la structuration de l'espace par les réseaux de transport dans le même esprit que le projet du Grand Paris et dans la mesure où il permettra d'organiser la concurrence entre le transport public et le véhicule particulier de façon à ne pas encourager l'usage de ce dernier.

Tableau 4.1-1 : Liste des projets de transports en commun pris en compte

Mode	Projet
Ligne à grande vitesse	Bouclage LN interconnection
	Gare TGV Saint-Denis Pleyel
	LN Interconnection Sud
	LN Paris-Normandie
	LN Paris-Orléans-Clermont-Lyon
	LN Roissy-Picardie
Métro	M5 à Drancy
	M11 à Rosny
	M12 à Aubervilliers
	M12 à issy
	M14 à Pleyel
	M4 à Bagneux
	M7 au Bourget
	M8 à Créteil
	Réseau complémentaire arc xpress
RER, Transilien	Schéma directeur RER C et D
	Doublement du tunnel RER entre Châtelet et Gare du Nord
	Matériel roulant sur le RER A
	Réalisation d'une troisième paire de voies entre Paris et Juvisy
	RER B Nord +
	Arrêt à Bry-Villiers (Transilien P)
	Arrêt à Sevran-Livry (Transilien K)
	Arrêt au Vert de Maisons (Translien R)
	Création d'un arrêt des trains de la ligne H du Transilien à Saint-Denis Pleyel
	Création d'un arrêt nouveau sur le RER E en lien avec la gare Bry-Villiers-Champigny
	RER E gare Evangile
	RER E Ouest
	TCSP "Barreau de Gonesse" RER D
TCSP	Liaison entre Paris (Porte Dauphine) et Suresnes
	Liaison entre Pont de Sèvres et Saclay
	TCSP Altival
	TCSP Bezons-Villepinte
	TCSP Est TVM
	TCSP Massy-Les Ulis
	TCSP Orly-Val d'Yerres-Val de Seine
	TCSP Val de Seine entre Saint-Cloud et Meudon
	TCSP Velizy-Saclay-Les Ulis
	Tzen RN3
	Tzen Val de Seine (94)
Tram	Prolongement du tramway Croix-de-Berny - Clamart à Issy RER
	Prolongement du tramway T1 de Genevilliers jusqu'à Nanterre-Rueil
	T1 Val de Fontenay
	T3 Porte d'Ivry - Porte d'Asnières via Porte de la Chapelle
	T5 St Denis - Sarcelles
	T6 Chatillon - Viroflay
	T7 Juvisy-Evry
	T7 Villejuif - Athis Mons - Orly - Juvisy
	Tram Clichy Montfermeil
	Tram Croix-de-Berny-Clamart-Issy
Tram Train	Tangentielle Nord
	Tangentielle Ouest
	Tram Train Massy Evry

4.2 Types d'effets pouvant être cumulés et analyse

4.2.1 Volet Milieu physique

4.2.1.1 Modifications de la topographie

Les modifications de la topographie par le projet sont faibles et surtout locales. La phase chantier est susceptible d'avoir localement une incidence significative.

Il y a effets cumulés lorsque les projets et/ou leurs bases chantiers sont suffisamment proches géographiquement pour qu'il y ait interaction. Pour cette thématique, la distance maximale est faible, de l'ordre du kilomètre.

Parmi la liste du tableau IV.1-1 ci-dessus, un certain nombre de projets prévoient des correspondances ou des sections proches avec le projet de métro.

Lorsque le métro est souterrain, et le ou les projets géographiquement proches aérien, les effets cumulés sont limités. En effet, les impacts des autres projets sont prépondérants par rapport à ceux du métro. Dans la situation inverse, les impacts du métro sont prépondérants.

Lorsque le métro est aérien, et le ou les projets géographiquement proches aérien, les effets cumulés des projets sur la topographie dépendent directement du mode de réalisation choisi (au sol ou en viaduc) et des tracés. La solution en viaduc est celle qui engendre le moins d'impact, seuls les ancrages au sol étant susceptibles de modifier la topographie dans une aire limitée à quelques centaines de mètres carrés.

Les impacts les plus importants ont lieu en phase chantier, quelque soit le mode de réalisation envisagé. En effet, au moins deux chantier seront menés séparément et à des périodes proches et dans des aires géographiques proches.

En ce qui concerne les bases chantiers, il est très probable que les surfaces nécessaires s'additionnent. Les modifications potentielles de la topographie par terrassement et stockage de matériaux sont donc amplifiées. La mutualisation n'est pas envisagée à ce stade. Elle consisterait à utiliser successivement une même base chantier pour plusieurs projets.

Les chantiers eux-mêmes peuvent conduire temporairement à des modifications concomitantes ou successives de la topographie, a fortiori lorsque les travaux sont réalisés en tranchée couverte. Ce type de travaux nécessite le stockage temporaire de matériaux à proximité car ces matériaux doivent être remis en place, au moins partiellement.

L'un des éléments de cette analyse est le volume de déblais. En effet, la plupart des chantiers de ce type engendre des flux de déblais, parfois importants. Actuellement, l'essentiel de ces déblais est transporté en ISDI. La capacité d'accueil des ISDI régionales est donc centrale dans cette analyse. Il y a une sorte de concurrence dans les volumes de déblais car les capacités d'accueil des ISDI sont limitées. Dans le projet Grand Paris Express, les volumes envisagés sont gigantesques et constituent plusieurs années d'accueil en ISDI. Les volumes envisagés par les autres projets sont faibles en comparaison. L'impact cumulé résulte donc principalement des déblais du Grand Paris Express.

4.2.1.2 Gestion des risques naturels

En ce qui concerne **le risque inondation**, l'application de la réglementation élimine toute notion d'effets cumulés. En effet, elle suppose que tous les volumes et surfaces pris à l'expansion de la crue soient compensés en volume, en surface et en altimétrie. Comme chaque projet doit compenser ses propres effets, il ne peut y en avoir de cumulés. Cependant, la compensation mutualisée permettrait d'optimiser les obligations de chacun et d'envisager des effets positifs.

Les principales zones concernées sont les Ardoines, les Grésillons et le Pont de Sèvres où cette problématique est importante, l'arrivée de la gare étant accompagnée d'aménagements urbains.

En ce qui concerne **les risques géologiques**, la réalisation de l'un des projets considérés peut engendrer des difficultés pour le projet dont la réalisation suit chronologiquement. Le creusement d'un tunnel ou d'une tranchée couverte est susceptible d'engendrer des fragilités dans les strates géologiques, que ce soit par destructuration locale de la roche en place ou par création de voies de circulation d'eau.

Lors de la réalisation du projet suivant, ces fragilités peuvent conduire à la déstabilisation d'ouvrages par tassements différentiels ou à l'effondrement de galeries souterraines, et donc conduire à des dommages graves, que la seule réalisation du premier ouvrage n'aurait pas engendré. Des contraintes supplémentaires à la réalisation du second projet peuvent également être créées, les conditions géotechniques n'étant plus les mêmes.

Les principales zones concernées sont le sud-ouest de Paris, avec la problématique des anciennes carrières de calcaire grossier, et le nord-nord-est de Paris, avec celles du gypse et des anciennes carrières.

4.2.1.3 Gestion des eaux pluviales

Cela ne concerne que les sections aériennes du Grand Paris Express. En effet, le viaduc collectera les eaux pluviales qui y tomberont et le rejet devra être organisé :

- soit par infiltration, mode privilégié par le SDAGE Seine Normandie,
- soit par rejet dans un réseau, en général avec une contrainte de débit et de qualité,
- soit par rejet dans un cours d'eau, avec le même type de contrainte, le rejet devant être compatible avec les objectifs du SDAGE Seine-Normandie.

L'application de la réglementation élimine toute notion d'effet cumulé sur ce thème. Comme pour le risque inondation, elle impose une gestion des eaux pluviales « à la parcelle », en tout cas proche des zones de production. Elle impose également une régulation des débits et, en cas de nécessité un traitement minimal par débourbage et déshuilage.

Cependant, et comme pour le risque inondation, la mutualisation de certains ouvrages de gestion des eaux pluviales permettrait de limiter leur nombre et d'optimiser leur capacité et leur fonctionnement.

Les zones principalement concernées sont le Plateau de Saclay et le Triangle de Gonesse et les zones proches. En effet, ces zones font l'objet de nombreux projets d'aménagement dont l'emprise intègre le passage du viaduc du métro (ZAC Polytechnique, zones d'activités du Triangle de Gonesse et de Tremblay en France). L'intégration du projet de métro sur ce thème, et sur de nombreux autres, est importante dans la performance environnementale de l'ensemble.

4.2.1.4 Hydrogéologie

L'analyse hydrogéologique se rapproche de celle effectuée pour les risques géologiques. En effet, les effets principaux d'un projet souterrain sont l'effet barrage, le dénoiement d'ouvrages et les conséquences qui y sont liées, la circulation d'eaux souterraines polluées.

Le premier ouvrage construit crée une situation modifiée donnée pour ces trois effets. La réalisation de l'ouvrage suivant conduit à une variation de l'effet qui dépend de la position des deux ouvrages l'un par rapport à l'autre sur le plan hydrogéologique.

L'effet barrage cumulé par deux ouvrages souterrains parallèles et ayant une certaine proximité peut être supérieur ou égal à celui du premier ouvrage seul. Cela dépend de l'occultation de la couche aquifère concernée par le second ouvrage.

En ce qui concerne le dénoiement d'ouvrages, en général suite à des opérations de rabattement de nappe, il n'y a d'effet cumulé que pour des chantiers réalisés simultanément. Cet effet dépend directement des caractéristiques hydrogéologiques de la zone et de la distance des points de rabattement de nappe aux ouvrages cibles. En phase exploitation, il faudrait que les rabattements soient permanents dans chacun des deux projets.

Les projets souterrains comme la prolongation ouest d'EOLE et les prolongations des lignes de métro sont directement concernées par ce type d'effet cumulés.

Il est aisé de comprendre, pour prendre l'exemple d'EOLE, que la zone de proximité des deux projets que constitue le secteur de La Défense, sera sujet à des effets cumulés potentiellement importants. La nature et l'importance de ces effets dépendent directement de la position relative des ouvrages des 2 projets (tunnels, gares et ouvrages annexes) et de la position de ces ouvrages par rapport aux nappes souterraines, en particulier leur piézométrie et le sens de circulation des eaux.

4.2.2 Volet faune-flore

4.2.2.1 Impacts hydrologiques cumulés des projets

La question du phasage des travaux envisagés pour le projet Grand Paris Express (lignes, gares, ouvrages annexes et centre de maintenance compris) est primordiale pour l'analyse des impacts cumulés.

Ce calendrier sera à mettre en perspective avec les travaux pour d'autres gros projets prévus à ce stade.

Au stade de la rédaction de ce document, plusieurs points de vigilance ont été identifiés :

- La période des travaux du SMR du Bourget et ceux de la ligne rouge Nord « Les Grésillons-Le Mesnil Amelot » : des rabattements de nappe seront nécessaires et l'impact cumulé de ces travaux, s'ils sont concomitants, pourraient avoir un effet significatif sur les niveaux d'eau des plans d'eau du Parc Georges Valbon et du Parc du Sausset, deux entités du site Natura 2000 et ce même si des mesures de réduction sont prévues ;

- La période des travaux de construction des gares de Chelles, Noisy-Champs et Neuilly-Hôpitaux : la construction concomitante de ces gares, envisagées à ce stade en tranchée couverte, pourrait avoir des effets cumulés significatifs (même en mettant en place des mesures de réduction type paroi moulée) sur les niveaux d'eau des plans d'eau du Parc de la Haute Ile, entité du site Natura 2000, sur les mares du site Natura 2000 ZSC « Bois de Vaires », sur de petit cours d'eau, comme le rû du Gué ou de Chantereine … ;

- La période des travaux de la tangentielle légère nord (TLN) au niveau du Parc Georges Valbon et ceux de la ligne rouge : les travaux pour la TLN auront a priori lieu avant ceux pour le Grand Paris Express, qui doivent débuter en 2014, mais il n'y a pas de certitudes à ce stade. Ces deux projets peuvent avoir des effets cumulés significatifs sur le niveau d'eau des plans d'eau du Parc Georges Valbon, entité du site Natura 2000 ;

- La période des travaux de la gare de Noisy-Champs, de la ligne rouge (T0 et T1), de la ligne orange et du raccordement de cette gare à la ligne orange : la concomitance de ces travaux pourrait avoir une incidence sur le niveau d'eau des mares de la Butte Verte, dont le mode d'alimentation n'est pas connu.

A ce stade, l'impact cumulé éventuel ne peut être quantifié avec précision. Des investigations complémentaires seront nécessaires pour préciser les volumes d'eau à pomper, les fonctionnements hydrologiques des secteurs concernés et les impacts des rabattements prévus, lorsque ces derniers seront quantifiés et calés dans le temps.

4.2.2.2 Impacts cumulés sur la fonctionnalité écologique du territoire d'étude

En phase 1, deux secteurs à enjeux forts pour la fonctionnalité du territoire ont été identifiés via l'étude des continuités écologiques réalisées dans le cadre de cette étude. Il s'agit à l'est de la limite entre la Seine-Saint-Denis et la Seine-et-Marne et à l'ouest du plateau de Saclay et des massifs boisés des Yvelines et des Hauts-de-Seine. Les premiers éléments du SRCE Ile-de-France, actuellement en cours de rédaction au moment de la rédaction de la présente étude, sont en accord avec ces résultats.

L'étude des impacts cumulés nous permet de constater que les réservoirs de biodiversité (cœurs de nature) ainsi que les corridors de la partie est de la zone d'étude (tronçon 1) semblent préservés d'un effet d'emprise ou de coupure des continuités par un ou des projets annexes au Grand Paris.

A noter cependant que les espaces semi-naturels répertoriés dans l'enceinte des aéroports d'Orly et de Roissy-Charles de Gaulle et identifiés comme cœur de nature pour la trame ouverte, sont tous deux impactés par des projets annexes. Le rôle de ces espaces est cependant à nuancer, compte tenu de leur probable artificialisation.

A l'ouest de l'aire d'étude, au niveau des boucles de la Seine entre Mantes la Jolie et Paris, plusieurs projets d'infrastructures, comme EOLE ou la tangentielle Ouest, concernent directement ou indirectement des cœurs de nature et des axes de déplacements potentiels (impact périphérique). Les trois trames étudiées (forestières, milieux humides, milieux secs) semblent impactées. La superposition du Grand Paris Express dans ce secteur peut donc entraîner une perte de fonctionnalité supplémentaire, d'autant plus qu'un passage grand faune, au niveau de la RN 12, a été identifié dans le fuseau d'étude. Compte tenu de la densité de boisement dans cette portion de la zone d'étude, une problématique liée aux déplacements de la grande faune (chevreuil…) sera probablement à traiter en cas de passage en aérien ou de réalisation en tranchée couverte.

A une échelle plus fine, au niveau du plateau de Saclay, l'aménagement de la ZAC QOX (Ecole Polytechnique) sous maîtrise d'ouvrage de l'EPPS et l'arrivée du métro risquent de modifier le réseau de mares et mouillères local et d'avoir des impacts cumulés sur les corridors utilisés par les amphibiens ainsi que sur la dynamique de populations d'Etoile d'eau (*Damasonium alisma*), protégée nationalement. Dans ce même secteur, l'impact de l'aménagement de la départementale

RD 36 en structure multimodale et d'autres projets d'infrastructure envisagés (doublement RN 118…) seront également à considérer à l'échelle de ce secteur sur les continuités écologiques notamment, le Grand Paris Express étant envisagé en aérien dans ce secteur. Ces réflexions seront développées davantage dans l'étude d'impact du tronçon 2.

4.2.2.3 Impacts cumulés sur la fréquentation des milieux naturels

La création d'une gare de correspondance importante, de type Noisy-Champs (correspondance RER A, T1, T0, ligne orange), peut entraîner une augmentation de la fréquentation des milieux naturels à proximité immédiate des gares. Pour la gare de Noisy-Champs, il s'agit par exemple des mares et boisements de la butte verte, mais la question se posera également pour d'autres espaces naturels.

L'impact de la création de gare à proximité d'espaces naturels jusque là peu accessibles en transport en commun sera également à prendre en compte en fonction des enjeux écologiques identifiés. A ce stade, le cas de la gare de Clichy-Montfermeil, qui a fait l'objet d'une analyse dans l'étude d'incidences de la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » constitue un exemple de cette problématique.

4.2.3 Volet occupation du sol

Pour que le projet Grand Paris Express prenne toute ta mesure, il est nécessaire qu'il soit intégré dans une politique globale d'aménagement du territoire intégrée « occupation du sol/transport ».

L'exercice d'évaluation des impacts du projet sur l'occupation du sol, développé dans le chapitre 3.7.2, est, en soi, une évaluation des effets cumulés conditionnels qui se créeraient, d'ici à l'horizon 2035, si les projets mentionnés au point précédent étaient réalisés. En effet, les hypothèses prises dans la définition de l'évolution de l'urbanisation en situation de projet considèrent la mise en œuvre parallèle de politiques d'aménagement du territoire visant à la densification et au renouvellement urbain à proximité des nœuds de transport en commun et, en particulier, du Grand Paris Express.

Les résultats de l'exercice développé au chapitre 3.7.2 permettent de souligner des **effets cumulés synergiques positifs** que la mise en œuvre de telles politiques pourrait avoir, en termes de :

- préservation d'espaces non bâtis de l'urbanisation nouvelle ;
- diminution des coûts viabilisation pour l'urbanisation nouvelle ;
- diminution de la consommation énergétique des bâtiments ;
- report modal vers les transports en commun ;
- diminution des distances parcourues et des émissions de gaz à effet de serre induites ;
- etc.

Autant d'effets cumulés qui ont un impact environnemental positif, mais également un impact économique non négligeable.

4.2.4 Volet Mobilité

Dans le domaine de la mobilité, le fonctionnement est par définition systémique. Il faut dès le départ de l'analyse prendre en compte tous les projets susceptibles d'être réalisés. L'approche choisie de la modélisation permet de prendre en compte tous les effets cumulés en intégrant dans un seul outil systémique, l'ensemble des projets qui devront interagir.

Le tableau ci-après donne un indicateur de fréquentation pour chaque projet et le nombre indicatif de correspondances avec le métro GPE, tel qu'issu des résultats bruts du modèle Modus. Ces chiffres doivent essentiellement être interprétés en valeur relative, en vue de disposer d'ordres de grandeur permettant de comparer le potentiel d'interaction entre le réseau Grand Paris Express et les différents projets pris en compte. La définition précise du nombre prévisionnel de correspondants entre lignes nécessiterait en effet des analyses détaillées à l'échelle de chaque point de maillage, qui n'ont pas été réalisées pour les besoins de la présente étude d'impact.

Par ailleurs, pour aller plus loin dans l'analyse et isoler les effets de la réalisation ou non réalisation de projets d'infrastructure ou de développement sur les performances du métro du GPE, il est possible d'utiliser l'outil de modélisation en simulant systématiquement avec et sans projet. Cette approche évidemment très lourde n'a pas été retenue ici.

Mode	Projet	Chapitre 2 du schéma d'ensemble	Synergie avec le Grand Paris Express	Voyageurs/h à l'HPM, hyp. Basse, 2035		
				Corresp. du Grand Paris Express	Corresp. vers le Grand Paris Express	Total
Ligne à grande vitesse	Bouclage LN interconnexion	x	Gares TGV nouvelles à l'aéroport d'Orly et la Défense ; trafic supplémentaire à Versailles-Chantiers, Massy TGV et CDG2 TGV			
	Gare TGV Saint-Denis Pleyel	x	Trafic de la LGV interconnection (La Défense-Roissy) et de la LGV Nord-Europe			
	LN interconnexion Sud	x	Gare TGV Orly			
	LN Paris-Normandie	x	Gare TGV de la Défense			
	LN Paris-Orléans-Clermont-Lyon	x				
	LN Roissy-Picardie	x	Hausse du trafic de la gare CDG 2 TGV			
Métro	M5 à Drancy	x	Rabattement sur la ligne orange à Bobigny-Pablo Picasso			
	M11 à Rosny		Correspondance possible avec la ligne orange à Rosny-Bois Perrier	1.334	2.019	**3.353**
	M12 à Aubervilliers		Correspondance possible avec la ligne orange à Mairie d'Aubervilliers	1.533	831	**2.364**
	M12 à Issy	x	Correspondance possible avec la ligne rouge à Issy	1.143	2.351	**3.494**
	M14 à Pleyel	x	Intégré dans la ligne bleue			
	M4 à Bagneux	x	Correspondance avec la ligne rouge à Bagneux	490	1.030	**1.520**
	M7 au Bourget	x	Correspondance avec la ligne rouge au Bourget	322	749	**1.071**
	M8 à Créteil		Augmentation de la fréquentation de la gare Créteil l'Echat			
	Réseau complémentaire arc express	x	Ligne orange			
RER, Transilien	Schéma directeur RER C et D	x	Augmentation de la capacité sur ces lignes (et de la fréquentation)			
	Doublement du tunnel RER entre Châtelet et Gare du Nord	x	Augmentation de la capacité sur ce tronçon. Tracé alternatif via la place de la République envisagé			
	Matériel roulant sur le RER A	x	Augmentation de la capacité et de la qualité de service de la ligne			
	Réalisation d'une troisième paire de voies entre Paris et Juvisy	x	Augmentation de la capacité de la ligne			
	RER B Nord +	x	Augmentation de la capacité et de la qualité de service de la ligne			
	Arrêt à Bry-Villiers (Transilien P)	x	Correspondance avec la ligne rouge			
	Arrêt à Sevran-Livry (Transilien K)	x	Correspondance avec la ligne rouge			
	Arrêt au Vert de Maisons (Transilien R)	x	Correspondance avec la ligne rouge			
	Création d'un arrêt des trains de la ligne H du Transilien à Saint-Denis Pleyel	x	Correspondance avec les lignes rouge, bleue et orange	2.154	9.892	**12.046**
	Création d'un arrêt nouveau sur le RER E en lien avec la gare Bry-Villiers-Champigny	x	Correspondance avec la ligne rouge	784	2.330	**3.114**
	RER E gare Evangile					
	RER E Ouest	x	Correspondance avec la ligne rouge à la Défense, augmentation de la capacité entre Paris et l'Ouest de l'Ile-de-France, soulagement du RER A	3.444	5.715	**9.159**
	TCSP "Barreau de Gonesse" RER D	x	Tronçon commun avec la ligne rouge entre Triangle de Gonesse et Parc de Expositions	44	81	**125**
TCSP	Liaison entre Paris (Porte Dauphine) et Suresnes	x	Correspondance avec la ligne rouge à Rueil/Suresnes Mont Valérien ?			
	Liaison entre Pont de Sèvres et Saclay	x	Correspondance avec la ligne rouge à Pont de Sèvres et avec la ligne verte sur le plateau de Saclay			
	TCSP Altival	x	Correspondance avec la ligne rouge à Bry-Villiers-Champigny	677	1.535	**2.212**
	TCSP Bezons-Villepinte	x	Correspondance avec la ligne rouge à Triangle de Gonesse et Parc des Expositions	8	21	**29**
	TCSP Est TVM	x	Correspondance avec la ligne rouge à Saint-Maur Créteil			
	TCSP Massy-Les Ulis	x	Correspondance avec la ligne verte à Massy Palaiseau	236	490	**726**
	TCSP Orly-Val d'Yerres-Val de Seine	x	Correspondance avec la ligne verte et la ligne bleue à Orly	516	1.351	**1.867**
	TCSP Val de Seine entre Saint-Cloud et Meudon	x				
	TCSP Velizy-Saclay-Les Ulis	x	Correspondance avec la ligne verte à CEA St Aubin et Orsay Gif	357	716	**1.073**
	Tzen RN3		Correspondance avec la ligne orange à Pont de Bondy	197	68	**265**
	Tzen Val de Seine (94)	x	Correspondance avec la ligne bleue à Bibliothèque et avec la ligne rouge aux Ardoines	462	678	**1.140**
Tram	Prolongement du tramway Croix-de-Berny - Clamart à Issy RER	x	Correspondance avec la ligne rouge à Issy	1.229	2.409	**3.638**
	Tram Croix-de-Berny-Clamart-Issy		Correspondance avec la ligne rouge à Issy			
	Prolongement du tramway T1 de Gennevilliers jusqu'à Nanterre-Rueil	x	Correspondance avec la ligne Orange à Colombes et avec les lignes orange, verte et rouge à Nanterre	264	110	**374**
	T1 Val de Fontenay		Correspondance avec la ligne orange à Val de Fontenay	145	7	**152**
	T3 Porte d'Ivry - Porte d'Asnières via Porte de la Chapelle		Correspondance avec la ligne bleue à Porte de Clichy			
	T5 St Denis - Sarcelles					
	T6 Chatillon - Viroflay		Correspondance avec la ligne rouge à Châtillon	508	1.915	**2.423**
	T7 Juvisy-Evry	x	Correspondance avec la ligne rouge à Villejuif, avec les lignes verte et bleue à Orly			
	T7 Villejuif - Athis Mons - Orly - Juvisy		idem	3.822	2.894	**6.716**
	T8 T'y		Correspondance avec ligne orange à La Plaine-Stade de France	615	397	**1.012**
	Tram Clichy Montfermeil		Correspondance avec la ligne rouge à Clichy-Montfermeil	315	1.228	**1.543**
Tram Train	Tangentielle Nord	x	Correspondance avec la ligne rouge au Bourget, avec la ligne orange à Bobigny	868	1.948	**2.816**
	Tangentielle Ouest	x				
	Tram Train Massy Evry		Correspondance avec la ligne verte à Massy Palaiseau	134	546	**680**

Tableau 4.2-1 : Tableau récapitulatif des projets pouvant avoir un effet cumulé

4.2.5 Air, énergie, climat

Les impacts du projet Grand Paris Express sur la qualité de l'air, les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre seront en interaction avec de nombreux autres projets principalement ceux en relation avec le secteur des transports. Deux types de projets peuvent être distingués : les infrastructures de transport et les documents de planification.

L'ensemble des projets parallèles d'infrastructures de transport qui sont ou ne sont pas pris en compte dans les scénarios d'hypothèses (voir partie mobilité pour une liste détaillée) peuvent avoir des effets synergiques ou antagonistes avec le projet Grand Paris Express. C'est pourquoi l'analyse des effets sur la mobilité s'est attachée à identifier tous les projets importants qui ont une forte probabilité d'être réalisés et les a pris en compte dans la modélisation du trafic routier et des transports en commun. Les résultats présentés dans l'analyse des impacts du projet incluent donc la plupart des effets cumulés avec les autres projets connexes. Les systèmes de transport étant complexes et le report modal étant dépendant de nombreuses spécificités locales, il n'est, par contre, pas possible de quantifier les effets cumulés de l'ensemble des projets moins probables ou de moindre importance qui pourraient potentiellement voir le jour à l'horizon de l'étude. Cependant, il est important de noter que l'impact du métro sur le report modal de la route vers les transports en commun repose essentiellement sur un effet « réseau » de mise en connexion de zones précédemment mal ou non connectées par le réseau de transports en commun. Les projets parallèles devraient généralement renforcer cet effet réseau en améliorant la connectivité de certaines zones et donc induire une synergie avec le Grand Paris Express. Il est toutefois recommandé, lors de l'étude de ces projets, de réaliser des simulations de trafic à l'aide du modèle MODUS afin de quantifier plus exactement les effets cumulés des projets sur ces thématiques.

Les thématiques air, énergie et climat sont le centre d'un intérêt particulier depuis le Grenelle de l'environnement. Elles sont donc l'objet de nombreux documents de planification, dont certains ont pour objectif de créer un cadre stratégique et d'accompagner les politiques environnementales régionales, départementales et locales. Ces documents constituent des leviers pour supporter la prise en compte des dimensions du climat de l'air et de l'énergie et accompagner la région Ile-de-France et ses projets vers ses objectifs de qualité de l'air, de réduction des dépenses énergétiques et des émissions de GES. Ils pourront donc interagir avec le projet Grand Paris Express. La Figure ci-dessous présente l'articulation des documents de planification autour du Schéma régional climat air énergie (SRCAE).

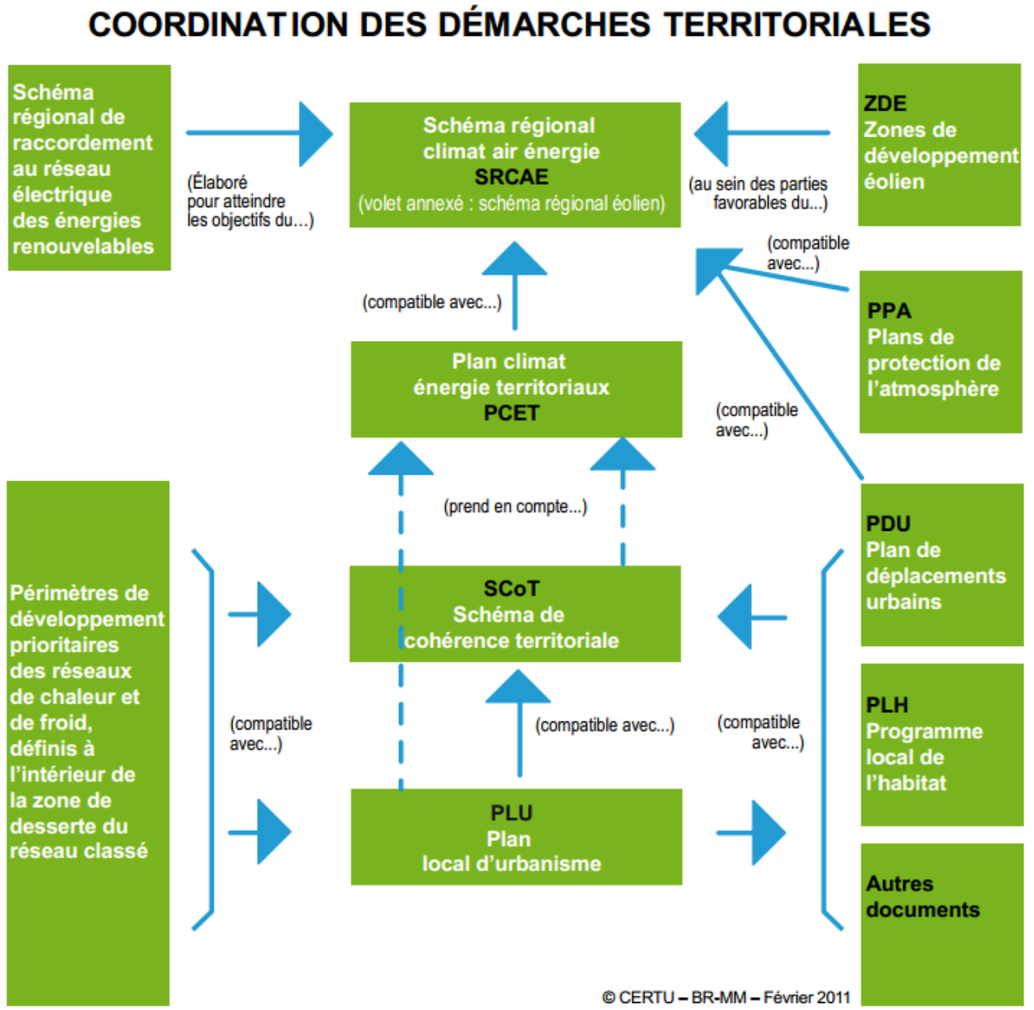


Figure 4.2-1: Gouvernance des démarches territoriales (source : CERTU 2011, Décryptage Grenelle, Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie)

La cohérence du projet Grand Paris Express avec les documents existants a été analysée précédemment. Cependant, ces documents évoluent fréquemment pour s'adapter au progrès déjà réalisés et aux nouveaux enjeux qui sont apparus. Le PPA est notamment en cours de révision. Ces adaptations pourraient également interagir avec le projet Grand Paris Express. Les implications concernant les impact du Grand Parsi Express sur l'air, l'énergie et le climat sont repris dans les sections ci-dessous.

4.2.5.1 Air

Les principaux documents d'orientation relatifs aux émissions de polluants atmosphériques sont repris dans la Figure ci-dessous. Les axes d'améliorations concernant la qualité de l'air sont transcrits dans le SRCAE, le PPA, le PRQA, et le PDU pour les actions liées au secteur routier. Les principaux domaines susceptibles d'évoluer concernent le PPA et la mise en place de zones d'aménagement particulier pour l'air (ZAPA).

Au niveau de la révision du PPA, 26 actions ont été étudiées pour réduire les émissions de polluants atmosphériques. Dans les mesures réglementaires envisagées, seule la mesure de diminution des émissions en cas de pointe de pollution est en relation avec le projet de métro. Elle prévoit l'abaissement des vitesses maximales sur les grands axes rapides ce qui devrait permettre des synergies avec les impacts du Grand Paris Express. Elle prévoit également une circulation alternée et l'interdiction des véhicules les plus polluants en cas de pic de pollution. Ces mesures impliquent de proposer aux personnes lésées des solutions alternatives de transports moins polluants. Dans ce sens, le Grand Paris Express permet de renforcer l'acceptabilité de ces mesures en proposant une solution alternative aux véhicules particuliers. Les recommandations et mesures d'accompagnement envisagées sont également en cohérence avec le Grand Paris Express et devraient permettre des synergies entre les projets. Ceci concerne notamment les préconisations de restreindre la circulation des véhicules les plus polluants dans le cœur de l'agglomération parisienne, de promouvoir une politique de transport respectueuse de la qualité de l'air et de promouvoir une gestion optimisée des flux de circulation et le partage multimodale de la voirie.

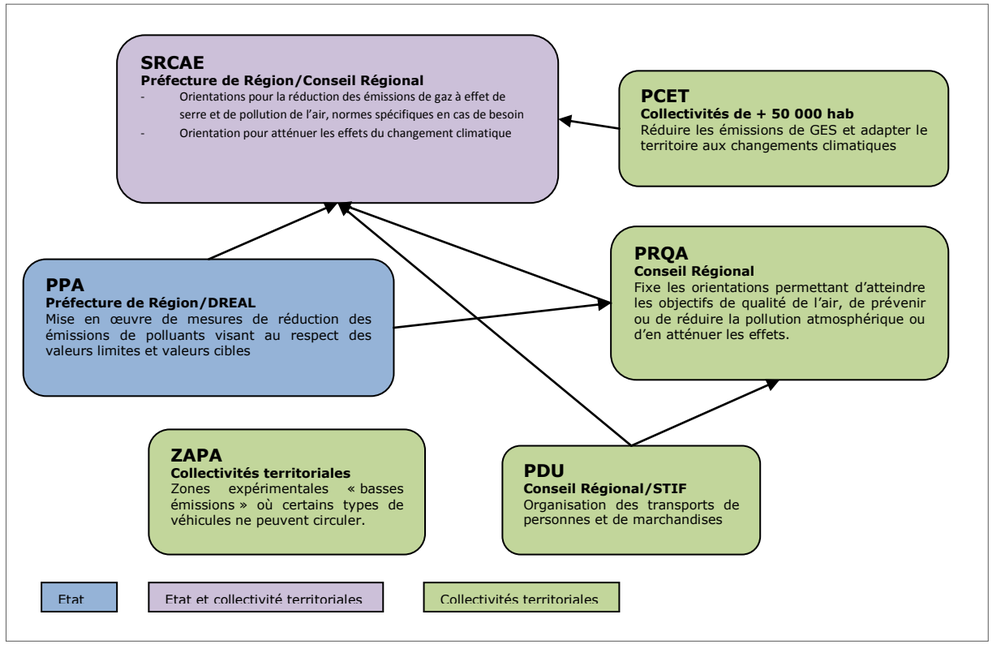


Figure 4.2-2 : Gouvernance de la qualité de l'air en France, d'après Airparif dans Premier projet de PPA révisé, DRIEE, 2012.

4.2.5.2 Energie et Climat

Les différents documents évoqués précédemment s'appliquent également aux problématiques de consommations énergétiques et de changements climatiques et préconisent généralement la diminution de la consommation énergétique des bâtiments, le report modal vers les transports en commun et l'augmenter la production des énergies renouvelables. A ceux là s'ajoutent le Plan Régional pour le Climat (PRC) et les Plans Climat Energie Territoriaux (PCET).

Les PCET visent à aider les collectivités territoriales publiques à organiser la gestion des ressources énergétiques de manière plus économe et respectueusement pour l'environnement et à limiter leurs contributions à l'effet de serre, tout en développant une stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Les secteurs visés par les PCET sont représentés dans la Figure ci-dessous.

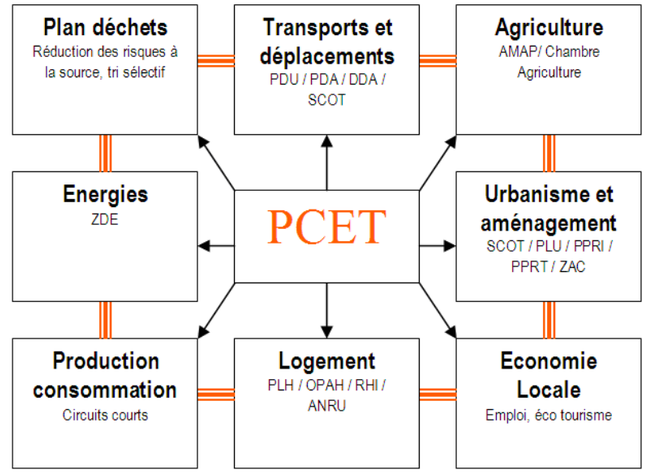


Figure 4.2-3 : Secteurs concernés par les PCET (source : www.scot-ouestetangdeberre.fr)

Les PCET en cours ou susceptibles d'évoluer devraient également présenter des synergies avec le Grand Paris Express notamment en ce qui concerne les transports, et l'aménagement du territoire plus durable.

4.2.6 Bruit

Pour l'analyse des effets cumulés, la liste des projets de transports en commun du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris est prise en compte (voir tableau ci-dessus).

Les projets listés auront une synergie non négligeable avec le projet Grand Paris Express puisque l'on observe de nombreuses correspondances entre les projets TC et le projet du Grand Paris.

Les modélisations de report modal du trafic routier réalisées pour les grandes infrastructures routières au chapitre III.10.1 « Impact du projet sur le report modal et le bruit généré par le trafic routier à l'échelle régionale ».

Les autres impacts sonores cumulés potentiels liés à ces projets sont essentiellement concentrés aux intersections / gare de correspondance entre les différents réseaux de transports ou bien liés à l'apparition d'une nouvelle source sonore en surface qui pourrait s'ajouter aux impacts directs du projet grands Paris.

A titre indicatif, les impacts sonores cumulés à proximité des gares du projet Grand Paris Express lorsque celles-ci ont une correspondance avec une gare d'un autre projet de transport (TGV, RER, Transilien, Métro, TCSP, Tram…) ou avec un réseau de transport existant dont la capacité de fréquentation va augmenter sont les suivants :

- Amplification des impacts sonores liés au trafic routier (à l'échelle du quartier de la gare commune ou voisine)
- 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
- Densification de la population piétonnière et des commerces, soit une augmentation des bruits de voisinages

Les projets relatifs à des réseaux de métros ou des réseaux ferroviaires souterrains (certaines portions de RER) n'auront que peu d'impacts cumulés supplémentaires avec le projet Grand Paris Express si ce n'est très localement au niveau de leur puits de ventilation. Mais le risque d'un tel effet cumulé est jugé très réduit.

En revanche, les projets de transports en commun en surface pourraient avoir un impact sonore cumulé avec le projet du Grand Paris, en particulier les réseaux longeant le tracé du métro Grand Paris comme le TCSP Saint Quentin – Massy-Orly et le TCSP Velizy-Les Ulis qui auront un impact sonore direct avec les parties aériennes du tronçon T2.

Au regard de ces différents impacts sonores potentiels, le tableau suivant reprend l'ensemble des projets et analyse pour chacun d'entre eux le risque d'impacts sonores cumulés selon la légende suivante :

Risque d'impact sonore cumulé faible ou nul	
Risque d'impact sonore cumulé moyen	
Risque d'impact sonore cumulé assez important	
Risque d'impact sonore cumulé important à très important	

A noter que cette analyse tient compte également du nombre de réseaux TC présents aux alentours du tracé du Grand Paris Express. Plus le nombre de réseaux TC est important, plus le risque d'impact sonore cumulé est jugé important.

4.2.7 Santé

Les effets cumulés sur la santé du projet Grand Paris Express et d'autres projets connexes ont été traités en détails en ce qui concerne les pollutions atmosphériques et le bruit dans les parties spécifiques.

En ce qui concerne les accidents de la route, il faut à nouveau souligner le lien direct avec le report modal induit par le projet. Les projets de mise en place de nouveaux services de transport devraient comme mentionné précédemment amplifier l'effet réseau et augmenter le report modal. Des synergies entre les projets devraient donc permettre de réduire d'avantage les accidents.

Par ailleurs, l'amélioration des conditions de trafic en Ile-de-France devrait également permettre de mettre en place des mesures de sécurité routière plus restrictives créant également des synergies de réduction des accidents.

Mode	Projet	Chapitre 2 du schéma d'ensemble	Synergie avec le Grand Paris Express	Risque d'impact sonore cumulé
Ligne à grande vitesse	Bouclage LN interconnexion	x	Création Gares TGV nouvelles à l'aéroport d'Orly et la Défense ; trafic supplémentaire à Versailles-Chantiers, Massy TGV et CDG2 TGV	
	Gare TGV Saint-Denis Pleyel	x	Création d'une Gare TGV à Saint-Denis Pleyel	
	LN interconnexion Sud	x	Création d'une Gare TGV à Orly	
	LN Paris-Normandie	x	Création d'une Gare TGV à la Défense	
	LN Paris-Orléans-Clermont-Lyon	x		
	LN Roissy-Picardie	x	Hausse du trafic de la gare CDG 2 TGV	
Métro	M5 à Drancy	x	Pas de correspondance directe avec le projet	
	M11 à Rosny		Pas de correspondance directe avec le projet	
	M12 à Aubervilliers		Pas de correspondance directe avec le projet	
	M12 à Issy	x	Correspondance avec la ligne rouge à Issy	
	M14 à Pleyel	x	Intégré dans la ligne bleue	
	M4 à Bagneux	x	Correspondance avec la ligne rouge à Bagneux	
	M7 au Bourget	x	Correspondance avec la ligne rouge au Bourget	
	M8 à Créteil		Pas de correspondance directe avec le projet	
	Réseau complémentaire arc xpress	x	Ligne orange – correspondance avec ligne rouge à Noisy-Champs, Champigny centre et Saint-Denis pleyel	
RER, Transilien	Schéma directeur RER C et D	x	Augmentation de la capacité sur ces lignes (et de la fréquentation)	
	Doublement du tunnel RER entre Châtelet et Gare du Nord	x	Augmentation de la capacité sur ce tronçon. Correspondance via la ligne bleue.	
	Matériel roulant sur le RER A	x	Augmentation de la capacité et de la qualité de service de la ligne	
	Réalisation d'une troisième paire de voies entre Paris et Juvisy	x	Augmentation de la capacité de la ligne	
	RER B Nord +	x	Augmentation de la capacité et de la qualité de service de la ligne	
	Arrêt à Bry-Villiers (Transilien P)	x	Correspondance avec la ligne rouge	
	Arrêt à Sevran-Livry (Transilien K)	x	Correspondance avec la ligne rouge	
	Arrêt au Vert de Maisons (Transilien R)	x	Correspondance avec la ligne rouge	
	Création d'un arrêt des trains de la ligne H du Transilien à Saint-Denis Pleyel	x	Correspondance avec les lignes rouge, bleue et orange	
	Création d'un arrêt nouveau sur le RER E en lien avec la gare Bry-Villiers-Champigny	x	Correspondance avec la ligne rouge	
	RER E gare Evangile			
	RER E Ouest	x	Correspondance avec la ligne rouge à la Défense, augmentation de la capacité entre Paris et l'Ouest de l'Ile-de-France, soulagement du RER A	
	TCSP "Barreau de Gonesse" RER D	x	Tronçon commun avec la ligne rouge entre Triangle de Gonesse et Parc de Expositions	
TCSP	Liaison entre Paris (Porte Dauphine) et Suresnes	x	Correspondance avec la ligne rouge à Rueil/Suresnes Mont Valérien	
	Liaison entre Pont de Sèvres et Saclay	x	Correspondance avec la ligne rouge à Pont de Sèvres et avec la ligne verte sur le plateau de Saclay	
	TCSP Altival	x	Correspondance avec la ligne rouge à Bry-Villiers-Champigny	
	TCSP Bezons-Villepinte	x	Correspondance avec la ligne rouge à Triangle de Gonesse et Parc des Expositions	
	TCSP Est TVM	x	Correspondance avec la ligne rouge à Saint-Maur Créteil	
	TCSP Massy-Les Ulis	x	Correspondance avec la ligne verte à Massy Palaiseau	
	TCSP Orly-Val d'Yerres-Val de Seine	x	Correspondance avec la ligne verte et la ligne bleue à Orly	
	TCSP Val de Seine entre Saint-Cloud et Meudon	x		
	TCSP Velizy-Saclay-Les Ulis	x	Correspondance avec la ligne verte à CEA St Aubin et Orsay Gif	
	Tzen RN3		Correspondance avec la ligne orange à Pont de Bondy	
	Tzen Val de Seine (94)	x	Correspondance avec la ligne bleue à Bibliothèque et avec la ligne rouge aux Ardoines	
Tram	Prolongement du tramway Croix-de-Berny - Clamart à Issy RER	x	Correspondance avec la ligne rouge à Issy	
	Tram Croix-de-Berny-Clamart-Issy		Correspondance avec la ligne rouge à Issy	
	Prolongement du tramway T1 de Genevilliers jusqu'à Nanterre-Rueil	x	Correspondance avec la ligne Orange à Colombes et avec les lignes orange, verte et rouge à Nanterre	
	T1 Val de Fontenay		Correspondance avec la ligne orange à Val de Fontenay	
	T3 Porte d'Ivry - Porte d'Asnières via Porte de la Chapelle		Correspondance avec la ligne bleue à Porte de Clichy	
	T5 St Denis - Sarcelles			
	T6 Chatillon - Viroflay		Correspondance avec la ligne rouge à Châtillon	
	T7 Juvisy-Evry	x	Correspondance avec la ligne rouge à Villejuif, avec les lignes verte et bleue à Orly	
	T7 Villejuif - Athis Mons - Orly - Juvisy		idem	
	T8 T'y		Correspondance avec ligne orange à La Plaine-Stade de France	
	Tram Clichy Montfermeil		Correspondance avec la ligne rouge à Clichy-Montfermeil	
Tram Train	Tangentielle Nord	x	Correspondance avec la ligne rouge au Bourget, avec la ligne orange à Bobigny	
	Tangentielle Ouest	x		
	Tram Train Massy Evry		Correspondance avec la ligne verte à Massy Palaiseau	
	Tangentielle Champigny-Orly			

Tableau 4.2-2 : Tableau récapitulatif des projets pouvant avoir un effet cumulé dans le domaine du bruit

5 Principales solutions de substitution

L'objectif de ce chapitre est d'exposer le cheminement de la définition du projet et les variantes qui ont été étudiées.

5.1 La genèse du projet

Les problèmes de la Région Ile-de-France en matière de transports collectifs sont connus depuis longtemps et le réseau actuel présente de nombreuses lacunes et souffre d'une sur utilisation.

L'usage des transports collectifs s'est fortement développé dans la région sur les 10 dernières années et les capacités du réseau sont devenues insuffisantes en de nombreux points, les lignes A et B du RER dans Paris étant le symbole de ces insuffisances.

Devant ce constat et les besoins futurs engendrés par l'évolution démographique et économique de la région, l'autorité politique a décidé de conduire la réalisation d'une infrastructure nouvelle.

En fait, deux projets principaux ont été menés en parallèle :

- le projet du Métro du Grand Paris porté par l'Etat,
- le projet Arc Express porté par le Conseil Régional d'Ile de France.

Ces deux projets, bien que différents, ont des objectifs similaires, à savoir :

- Favoriser les déplacements de banlieue à banlieue, assez complexes à l'heure actuelle, en particulier à cause de la configuration du réseau actuel,
- Améliorer l'accessibilité aux aéroports franciliens,
- Améliorer le maillage des transports en commun en Île-de-France
- Concurrencer de manière efficace l'usage de la voiture particulière en liaison avec les objectifs d'amélioration de la qualité de l'air, en particulier dans Paris et la Petite Couronne.

La philosophie générale de ces projets est différente.

Le principe fondateur du projet Arc Express est de faire une rocade autour de Paris, en proche banlieue pour faciliter les correspondances avec le métro existant et pour desservir la zone densément peuplée de la banlieue.

Le principe fondateur du projet du Métro du Grand Paris réside dans le développement de plusieurs pôles d'activités (Aéroport de Roissy, Aéroport d'Orly, Quartier de La Défense, cluster universitaire de Saclay, etc. – voir figure V.1-1 ci-contre), qui seront reliés entre eux par un métro souterrain automatique, constitutifs du réseau primaire de transport du Grand Paris. Le tracé est également conçu pour être en correspondance avec les principales lignes de transport actuelles et ainsi favoriser les échanges de banlieue à banlieue, peu développés à l'heure actuelle.

L'ambition de ce projet est donc de faciliter les déplacements tout en améliorant les conditions environnementales en particulier liées à la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

La première représentation de ce projet est présentée sur la figure V.1-1 ci-dessous. Les principes généraux du projet sont définis dès ce stade initial :

- une boucle principale en rocade autour de Paris,
- une seconde boucle située dans l'ouest parisien destinée à la desserte de certains pôles,
- l'insertion de la ligne 14 dans le projet et sa prolongation nord et sud,
- la desserte de Roissy.

Ce schéma prévoit déjà deux variantes apparaissant en violet et portant sur la liaison Versailles – Saint-Denis Pleyel.

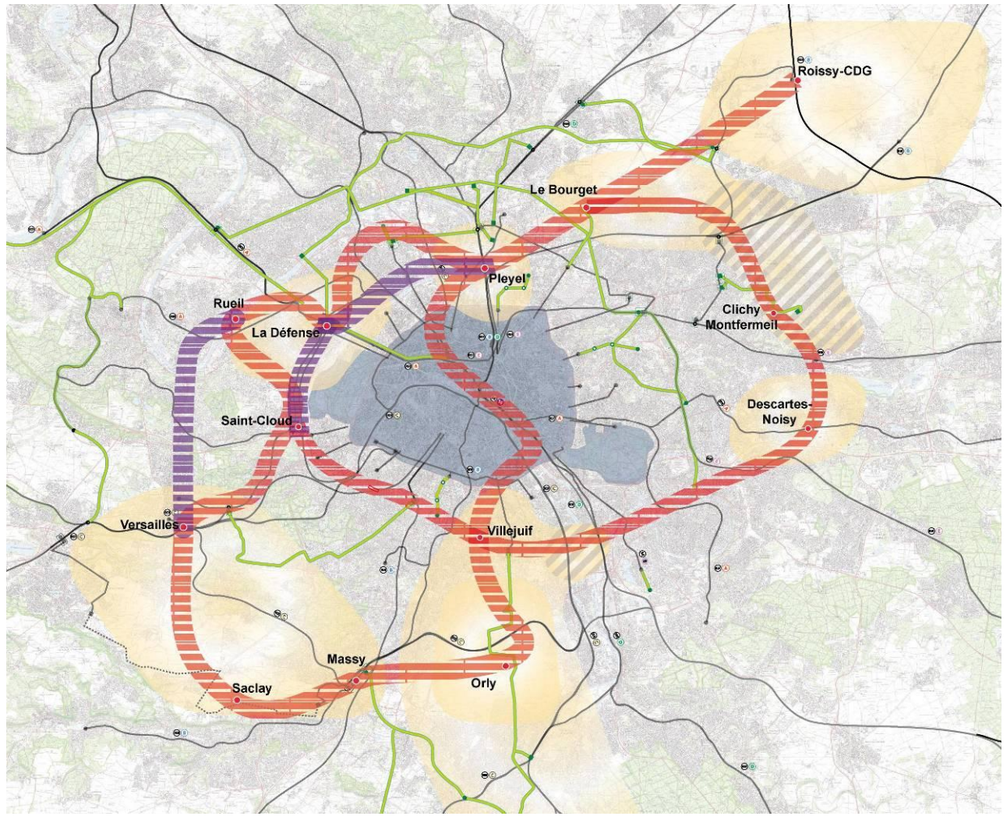


Figure 5.1-1 : Schéma de principe du réseau primaire de transport du Grand Paris – Première représentation du projet 2009

En jaune : les pôles de développement économique ; En rouge et en violet : le tracé schématique du réseau primaire de transport du Grand Paris

Le projet de Métro du Grand Paris est en lien avec plusieurs projets, schémas ou plans au niveau de l'Île-de-France. Il intègre notamment un projet phare du STIF : le prolongement de la ligne 14 jusqu'à Saint-Ouen.

Le principal projet d'aménagement avec lequel le projet de Métro du Grand Paris est en interaction est le projet de transport, dénommé « Arc Express » et proposé par la Région Île-de-France dans le Schéma Directeur de la Région Île-de-France (SDRIF).

Le plan de déplacements urbains d'Ile-de-France (PDUIF) est un document de planification et de programmation qui définit les objectifs à atteindre et les actions à entreprendre pour organiser de façon durable les déplacements des Franciliens.

Le projet de Métro du Grand Paris partage plusieurs objectifs communs avec le PDUIF, et à ce titre est en conformité avec les objectifs de ce document :

- Adapter l'offre de transports collectifs à la demande de déplacements, c'est-à-dire améliorer le système actuel, notamment pour résoudre la saturation et offrir de nouveaux services dans les territoires les moins bien desservis ou ceux qui vont se développer,
- Les transports collectifs doivent davantage s'articuler les uns avec les autres, afin de former une chaîne de déplacements continue et fluide, et permettre ainsi une véritable intermodalité,
- Faire des Franciliens des acteurs responsables de leurs déplacements,
- Rendre les transports collectifs plus attractifs,
- Agir sur les conditions d'usage de l'automobile.

5.2 Une évaluation environnementale a priori

Le projet de Métro du Grand Paris a fait l'objet d'une évaluation environnementale dite stratégique. Cette évaluation a été réalisée a priori de manière à définir les contraintes à la réalisation du projet et à envisager les impacts potentiels de l'ouvrage.

Un fuseau représenté sur la figure V.1.2-1 a été défini pour la réalisation de cette étude. Large d'au moins 3 km, ce fuseau avait pour but d'anticiper les futures zones de projet. Il devait permettre de définir les impacts a priori et d'anticiper un certain nombre de problématiques sans idée préconçue sur certaines caractéristiques du métro comme sa position en souterrain, au sol ou en viaduc.

Cette évaluation environnementale a conduit le Maître d'ouvrage à poser les bases du projet en connaissance de cause.

Certains choix actuels résultent des conclusions de cette évaluation environnementale.

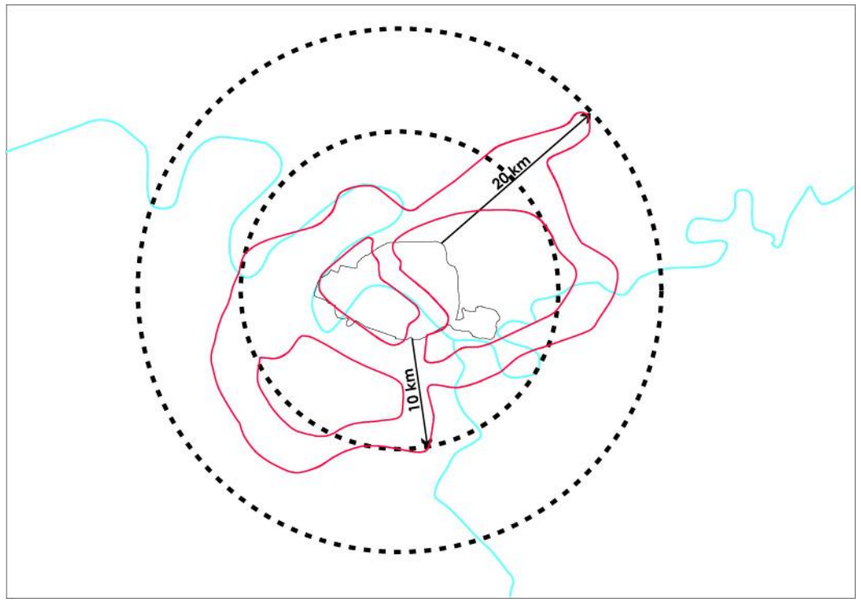


Figure 5.2-1 : Le fuseau de l'évaluation environnementale stratégique

5.3 Un débat public fondateur

Le projet de Métro du Grand Paris et le projet Arc Express ont été soumis en parallèle au débat public réglementaire. Les débats ont été menés conjointement par la CNDP, mais avec des réunions communes.

Le public s'est largement exprimé et a imposé certains choix : la convergence des deux projets est l'un des résultats fondateurs du projet actuel.

Le projet Grand Paris Express constitue donc bien la solution de substitution globale au projet initial de Métro du Grand Paris et au projet ArcExpress.

Le projet a également remporté l'adhésion du public sur de nombreux points, en particulier sur l'amélioration des dessertes de banlieue à banlieue.

Le débat public a également fait ressortir la nécessité de réaliser une offre structurante nouvelle à l'échelle de la région, les infrastructures actuelles étant devenues insuffisantes. Cela a été démontré par la partie mobilité de l'évaluation environnementale stratégique.

Il est aussi ressorti du débat public la nécessiter de travailler sur ces infrastructures actuelles et sur le matériel afin d'améliorer fortement la fiabilité des transports actuels. Il a été demandé des travaux importants sur les lignes actuelles du RER, y compris en dehors de la zone concernée par le projet, sur les lignes C et D du RER en particulier.

La seule amélioration des infrastructures existantes a également été jugée insuffisante comme **solution de substitution globale au Métro du Grand Paris**.

Un important programme de travaux ferroviaires est en cours de réalisation sur les années 2012 et 2013. Les travaux prévus vont au delà du simple entretien. Il s'agit pour beaucoup de sections

d'une rénovation en profondeur de l'infrastructure ferroviaire. Un plan d'investissement sur le matériel est également en cours de réalisation.

Les sommes concernées se comptent en milliards d'euros.

5.4 Le projet actuel

Le projet actuel résulte donc de la convergence des deux projets initiaux actée par l'accord politique entre l'Etat et la Région Ile de France du 26 janvier 2011.

Ce projet reste encore à un stade de définition qui nécessitera consolidation (stade études préliminaires). Cependant, par rapport aux précédents, les gares ont été positionnées. La position des gares résulte également d'accords politiques pour certaines d'entre elles. Pour la plupart, elle est imposée par la nécessité de correspondances indispensables à un maillage efficace des réseaux.

A l'échelle globale, le projet se présente sous la forme d'un fuseau, large d'au moins 1 km (500 m de part et d'autre du tracé imaginé, plus large à certains endroits, car des variantes de tracé ont été prises en compte, comme l'exige la réglementation).

Ce fuseau présente encore quelques variantes :

- Au niveau de la ligne verte, au niveau de l'agglomération de Saint-Quentin en Yvelines : il existe une variante directe à la desserte de l'université de Saint Quentin en Yvelines. L'objectif est de limiter les nuisances en diminuant la zone urbanisée exposée.

- Au niveau de la ligne rouge à l'est, dans le secteur de Chelles : il existe une variante passant largement à l'est du tracé direct. L'objectif est d'éviter la zone urbaine de Chelles, de faciliter la correspondance car le secteur de la gare actuelle de Chelles est difficile et d'éloigner le tracé du Parc de la Haute Ile, Parc Départemental appartenant à la zone Natura 2000 ZPS de Seine Saint Denis.

Le fuseau est suffisamment large pour permettre les variantes de tracé à l'intérieur et laisser la souplesse aux concepteurs de l'infrastructure. Il permet ainsi au Maître d'ouvrage de s'appuyer sur les conclusions des études d'impact pour affiner ses choix, donnant ainsi toute leur importance aux études d'impact, et valablement procéder aux saisines préalables aux déclarations d'utilité publiques.

La description de ces variantes de tracé sera faite dans les études d'impact tronçon.

5.5 Avantages et inconvénients des principales solution de substitutions

5.5.1 Air, énergie, climat

5.5.1.1 Air

Les émissions de polluants atmosphériques par un métro sont très minimes et largement moins élevées que celles des véhicules routiers. Les principales solutions de substitutions qui permettraient de réduire également les émissions de polluants atmosphériques se limitent donc aux modes de transport en commun alternatifs, principalement le RER, le tramway et les bus à faibles émissions (à hydrogène ou électriques). Du point de vue des émissions par l'infrastructure elle-même, il n'y a que des différences minimes, l'ensemble de ces modes de transports émettant pratiquement uniquement des particules fines de manière assez limitée. Au niveau de l'impact sur la mobilité et la réduction des émissions liées au trafic routier, il est par contre important de noter que, étant donné l'espace aérien disponible restreint des zones concernées, l'implantation de tramway ou de bus en sites propres diminuerait inévitablement l'espace disponible pour le trafic routier. Or, comme nous l'avons montré, les émissions de la plupart des polluants atmosphériques par le trafic routier est minimisé à des vitesses intermédiaires de l'ordre de 70km/h, bien au-dessus de la vitesse moyenne de circulation en Ile-de-France.

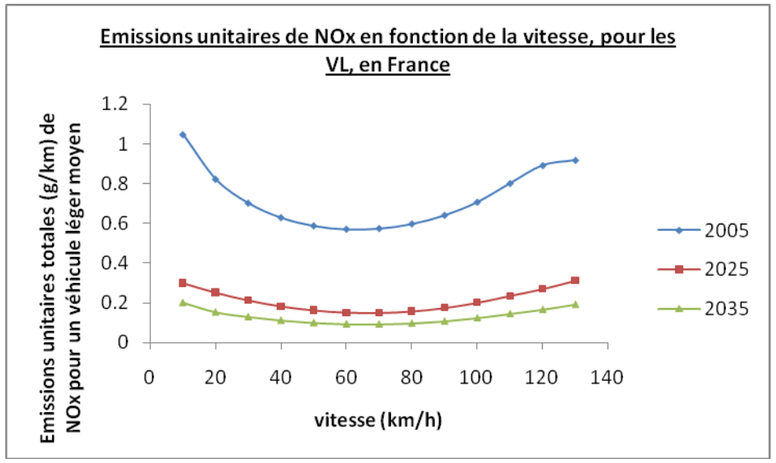


Figure 5.5-1 : Emissions unitaires totales de NOx (g/km) en fonction de la vitesse, pour un véhicule léger moyen, en fonction des parcs automobile roulant, pour 2005, 2025 et 2035 (Source : Stratec, méthodologie basée sur COPERT IV).

La réduction de l'espace disponible pour le trafic routier suite à l'implantation de TCSP qui aura un effet de réduction des vitesses moyennes aura par conséquences des effets d'augmentation des émissions contrebalançant en partie les gains réalisés sur les diminutions de

véhicules.kilomètres parcourus. Dans ce sens, le Grand Paris Express s'impose comme la solution la plus intéressante du point de vue de la réduction des émissions de polluants atmosphériques.

Notons cependant qu'en ce qui concerne les usagers des transports en commun, l'exposition aux particules en suspensions dans l'environnement confiné des gares et des rames pourrait être supérieure à l'exposition en milieu aérien. En l'absence de données précises sur l'exposition des usagers des différents modes de transport, il est difficile de comparer les différentes alternatives. Des choix éclairés en ce qui concerne le matériel roulant le moins émetteur de particules et des aménagements spécifiques permettant de limiter l'exposition des usagers (protection des quais et des gares, isolation des rames, aération adéquate, systèmes de filtration,…) devraient cependant permettre de minimiser l'exposition des usagers du métro et de renforcer son intérêt par rapport aux autres modes de transport en commun.

5.5.1.2 Energie

Le métro étant largement moins consommateur en énergie que les véhicules particuliers, les seules alternatives au projet qui pourraient potentiellement accroître les gains énergétiques seraient la mise en place de services de transports en commun plus efficaces du point de vue énergétique.

Les graphiques ci-dessous représentent les consommations moyennes des différents modes de transport à Paris et à Bruxelles. Les résultats montrent que le métro, le RER et le tramway constituent, tous trois, des modes de transport peu consommateurs en énergie en comparaison avec le bus. En Ile-de-France, le Tramway est le moins consommateur tandis qu'à Bruxelles c'est le métro qui est le moins consommateur.

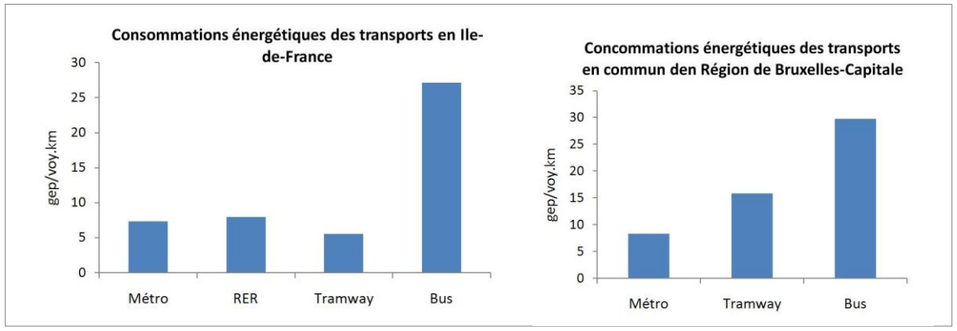


Figure 5.5-2 : Consommations énergétiques des transports en commun de Bruxelles et Paris. Graphiques : Stratec, données : Paris : Efficacité énergétique des modes de transports en Idf (2003) dans Note rapide sur les transports, IAURIF, 2005, Bruxelles : Comparaison des émissions de CO2 par mode de transport en Région de Bruxelles-Capitale, CO2logic, 2008.

De plus, il est important de noter que les infrastructures souterraines permettent d'améliorer les services de transport en commun sans diminuer la capacité des routes et donc sans augmenter la congestion du réseau routier. Pour assurer un service fiable et rapide, le tramway devrait par contre être installé en site propre, altérant ainsi de manière importante la capacité des routes. La congestion ainsi induite causerait une augmentation des consommations du trafic routier qui contrecarrerait les gains réalisés au niveau de l'infrastructure elle-même.

Le projet Grand Paris Express apparaît donc comme la solution la plus adéquate en termes de réduction des consommations énergétiques.

5.5.1.3 Climat

L'étude des impacts du projet a permis de souligner les avantages du métro par rapport aux véhicules particuliers du point de vue des émissions de GES. A nouveau, les solutions de substitution susceptibles de réduire de manière importante les émissions de GES concernent principalement les autres modes de transport en commun. Le graph ci-dessous donne un aperçu des émissions de GES liées aux différents modes :

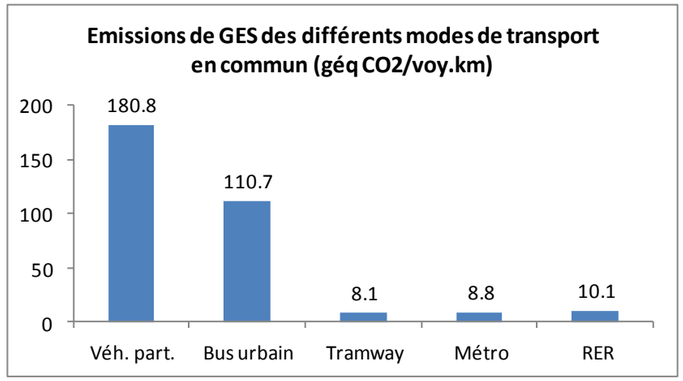


Figure 5.5-3 : Emissions de GES des différents modes de transport en commun (géq CO/voy.km) en 2010 (hors construction). Source : Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, Société du Grand Paris, 2012

Comme le montre le graphique, le tramway, le métro et le RER sont de loin les trois modes de transport les moins émetteurs en CO_2. Ils correspondent tous trois à des émissions du même ordre, d'approximativement 10 g de CO_2 par voyageur.km. Il faut évidemment noter que ces valeurs ne prennent pas en compte les émissions de GES liées à la construction des infrastructures. Bien que les émissions liées à la mise en place d'un tramway ou d'un RER n'aient pas encore été comparées avec les émissions liées à la mise en place d'un métro, il est probable qu'elles soient plus élevées à cause des quantités de terres terre à excaver et des quantités de béton nécessaires.

Par ailleurs, il est important de noter comme précédemment que les infrastructures souterraines permettent d'améliorer les services de transport en commun sans diminuer la capacité des routes et donc sans augmenter la congestion du réseau routier. Pour assurer un service fiable et rapide, le tramway devrait par contre être installé en site propre, altérant ainsi de manière importante la capacité des routes. La congestion ainsi induite causerait une augmentation des consommations du trafic routier et donc des émissions de GES qui contrecarrerait les gains réalisés au niveau de l'infrastructure elle-même.

Une autre composante importante est le choix des matériaux. Comme nous l'avons vu au paragraphe concernant l'analyse des émissions de GES liées à la construction, l'impact prépondérant est celui dû aux matériaux employés. Il en résulte que la construction de tunnels par tunnelier est la plus émissive puisqu'elle met en œuvre une grande quantité de béton ou de ciment pour la réalisation du radier. En outre, il s'agit de la solution constructive la plus

employée (environ 150 km de double voie de tunnels réalisées au tunnelier contre environ 12 km en tranchée couverte et 22 km d'ouvrages aériens[117]).

Si l'on compare l'ensemble des méthodes constructives, et toujours pour les mêmes raisons, la réalisation de voies sur viaduc présente les émissions les plus élevées par km de voie réalisée. La figure suivante présente les émissions liées à la construction d'un km de voie selon les différentes méthodes constructives. Les valeurs sont issues de l'outil *CarbOptimum*®.

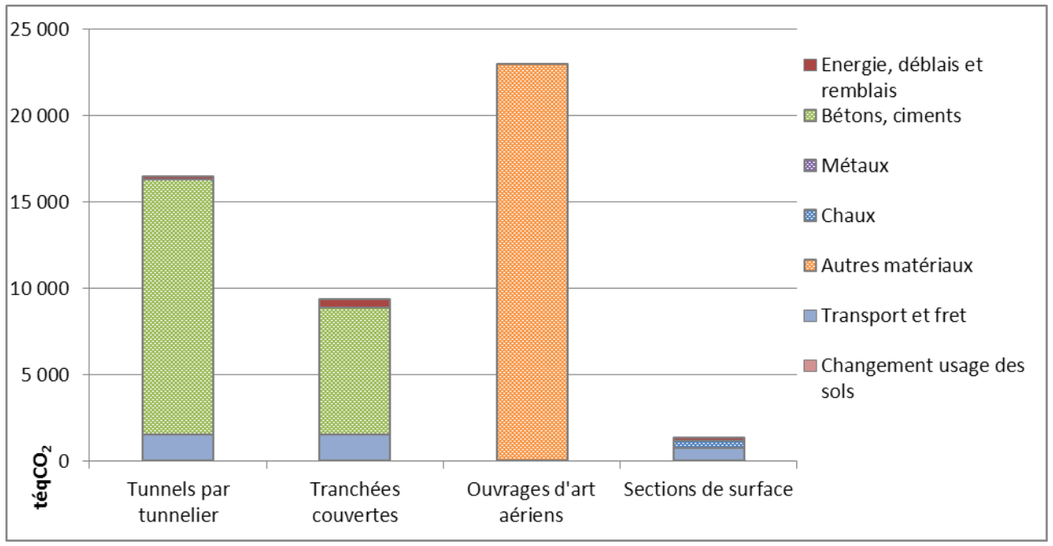


Figure 5.5-4 : émissions de GES par procédé de réalisation des voies, pour 1 km de voie réalisé

Ainsi, d'un point de vu émissions de GES, il est préférable de réaliser des sections de surface sans ouvrage aérien.

[117] Pour la variante 1, à savoir la combinaison T0_S1-ouest / T0_S1-est / T1_S2 / T2_S1 / T3_S1 / T5_S2 / T4_S1 / RCS telle que rappelée dans le tableau 11

6 Mesures d’accompagnement et impacts résiduels

6.1 Milieu physique

6.1.1 Topographie

Les mesures d'évitement ne sont pas possibles, la réalisation du projet engendrant un minimum de terrassements et stockages de matériaux, permanents ou non.

Les mesures de réduction consistent à, en phase chantier :

- Optimiser les niveaux de plateforme par rapport à la topographie environnante. Le corollaire est l'optimisation des surfaces des bases de chantier. Plus elles sont petites, plus facile est l'insertion dans la topographie.

- Gérer les stocks de matériaux pour les réduire au minimum. Cela passe par une gestion des flux applicable à tous les produits.

- Organiser les flux de déblais en fonction de la capacité des ISDI à les accueillir.

- Organiser l'entreposage des déblais. Cela passe par la mise en œuvre d'un Schéma Directeur de la Gestion des déblais, prévu par le Maître d'ouvrage et comprenant les voies de transport, les destinations. Ces éléments sont à prendre en compte, parmi d'autres, dans l'organisation de la construction de l'infrastructure.

Les impacts résiduels peuvent être significatifs, en particulier les impacts indirects liés à la gestion des déblais.

Les **mesures compensatoires** seront déterminées avec les études complémentaires ci-dessous. Elles pourraient porter sur l'insertion des modifications topographiques pour diverses thématiques, en lien ou non avec le projet : paysage, hydraulique, en particulier.

Les études à mener sont les suivantes :

- **Etudes techniques** :
  - Organisation précise des plateformes de manière à limiter les stocks et à optimiser leur implantation,
  - Organiser et prévoir les flux de matériaux sur la base de pratiques industrielles de type flux tendu,
- **Etudes réglementaires** :
  - Demande d'autorisation de création d'ISDI,
  - Demande d'autorisation de création d'ISDND,
  - Déclaration ou DDAE pour les installations relevant de la réglementation ICPE,
  - Déclaration ou autorisation Loi sur l'eau (zones inondables en particulier).

6.1.2 Géologie et hydrogéologie

Concernant la géologie et l'hydrogéologie, **les mesures d'évitement** ne sont pas possibles. La réalisation du projet engendre la disparition partielle de strates géologiques et des interférences avec les eaux souterraines.

Les **mesures majeures de réduction** consistent à mettre en œuvre des méthodes constructives qui limitent au maximum les perturbations sur le milieu naturel. Réciproquement, la limitation des perturbations sur le milieu naturel s'accompagne de la diminution des contraintes du milieu naturel sur le projet.

6.1.2.1 En phase chantier

La mesure majeure consiste à limiter au maximum les débits résiduels qui seront éventuellement nécessaires pour assécher les fouilles (sous-sections courantes en tranchées ouvertes ou couvertes, gares, puits d'aération, sites de maintenance et de réparation annexes). Ainsi, la construction de fondations spéciales pour limiter les débits résiduels est la règle constructive. Ces fondations spéciales peuvent être de 2 types :

- Paroi moulée seule : ancrage d'un écran étanche dans un horizon peu perméable naturel ;

- Paroi moulée associée à un fond injecté ou une jupe injectée : création artificielle d'un frein hydraulique en injectant un terrain perméable pour le rendre très peu perméable.

Ces mesures ont des coûts importants qui ne seront pas détaillés ici car ils dépendent des caractéristiques des ouvrages. Des précisions seront apportées dans les études tronçons. Cependant, l'ordre de grandeur de ces coûts est au minimum la dizaine de milliers d'euros.

La limitation des débits résiduels s'accompagnera des effets bénéfiques suivants :

- Limitation du rabattement des nappes d'eau souterraines et donc des éventuels tassements dans les remblais sensibles aux variations de niveau d'eau et dans les formations aquifères captives, notamment les sables de l'Yprésien ;

- Limitation du risque de dissolution du gypse en cas de pompage dans les formations susceptibles d'en contenir (formations du gypse au sens large mais aussi Marnes et caillasses et Calcaire grossier (gypse anté-Ludien)) ;

- Limitation de la perturbation des écoulements des nappes d'eau souterraines qui permettra de minimiser l'impact potentiel du projet sur les usages de l'eau, et en particulier, sur l'approvisionnement en eau potable ;

- Limitation de la contrainte que constituent le pompage d'eaux souterraines polluées et la nécessité du traitement de ces eaux avant rejet dans le milieu naturel ou les réseaux.

6.1.2.2 En phase définitive

La mesure majeure consiste à limiter l'effet barrage induit dans certaines zones par l'ouvrage souterrain sur l'écoulement des nappes d'eau souterraines. Les gares, les puits d'aération et les sous-sections réalisées en tranchées ouvertes ou en tranchées couvertes, sont susceptibles de constituer des écrans locaux parfois très importants (profondeur des ouvrages parfois importante) à l'écoulement des nappes d'eau souterraines : il pourra être nécessaire de limiter cet effet barrage via la mise en œuvre de solutions de régulations des eaux souterraines. Concernant la section courante réalisée au tunnelier, la mise en œuvre de mesures compensatoires devra faire l'objet

d'études hydrogéologiques détaillées. Ces études locales permettront d'évaluer précisément l'effet barrage de l'ouvrage dans les zones du fuseau concernées.

Les impacts résiduels sont liés aux débits résiduels qu'il est nécessaire de pomper et à l'aire géographique concernée par ces débits. Ils sont fortement inférieurs aux impacts bruts.

Les **mesures compensatoires** ne sont pas définissables à ce stade.

Les études à mener sont les suivantes :

- **Etudes techniques** :
  - Etudes hydrogéologiques détaillées,
  - Détermination des caractéristiques locales des aquifères,
  - Détermination précise de la géométrie de ces fondations spéciales (cote optimale d'ancrage des écrans étanches, configuration des fonds ou jupes injectés).
- **Etudes réglementaires** :
  - Déclaration ou autorisation Loi sur l'eau (pompage de rabattement de nappe).

6.1.3 Les usages de l'eau souterraine – eau potable

Les champs captant et captages d'eau potable susceptibles d'être impactés par le projet ont été identifiés.

L'emprise du projet évite les périmètres de protection à une exception près : le périmètre rapproché du champ captant de Villeneuve la Garenne est intercepté par le fuseau.

Les mesures de réduction citées ci-dessus seront aussi efficaces pour les champs captants.

Les impacts résiduels ne sont pas mesurables à ce stade. Ils seront définis ultérieurement.

Les études à mener sont les suivantes :

- **Etudes techniques** :
  - Etude hydrogéologique, avec modélisation le cas échéant, pour les principaux champ captant et captages afin de déterminer précisément les impacts,
- **Etudes réglementaires** :
  - Déclaration ou autorisation Loi sur l'eau (pompage de rabattement de nappe).
  - Conformité aux prescriptions du périmètre de protection de la prise d'eau de Sèvres (dossier ARS et Hydrogéologue Agréé).

6.2 Eaux superficielles

6.2.1 Le réseau hydrographique

Globalement, le réseau hydrographique est peu impacté par le projet. Le fait que l'infrastructure soit très majoritairement souterraine est **une mesure d'évitement**.

6.2.1.1 Réseau souterrain

Seuls les gares et points particuliers ont des impacts négatifs sur les eaux superficielles. Ces impacts étant similaires à ceux du passage aérien ou terrestre, les mesures qui sont présentées ci-dessous sont également similaires.

Quelques points particuliers cependant :

- la Gare de Pont de Sèvres : sa position fait que les travaux de construction auront une incidence sur la Seine,
- le puits tunnelier de l'Ile Monsieur : sa position fait que les travaux de construction auront une incidence sur la Seine,
- la Gare de Sevran – Livry : elle est située sous le canal de l'Ourcq et sa construction en tranchée couverte engendre la coupure potentielle du canal. Cet impact important est réduit par l'organisation du chantier : la coupure ne serait pas totale mais réalisée en deux fois de manière à permettre la continuité hydraulique et piscicole. La continuité de navigation ne serait pas assurée.

6.2.1.2 Réseau aérien

a) Mesures d'évitement

En ce qui concerne le franchissement de cours d'eau, les mesures d'évitement consistent à faire en sorte que le franchissement n'ait aucune incidence sur ces cours d'eau. Il s'agit donc de faire des ouvrages d'art à une arche dont les ancrages ne modifient pas les berges du cours d'eau. Ces solutions sont envisageables dans certaines zones du projet, mais elles ont une influence directe sur le tracé de part et d'autre de l'ouvrage.

b) Mesures de réduction

Du point de vue quantitatif, les mesures de réduction résident dans la conception des formes des ouvrages implantés et dans leur localisation, notamment pour les gares et points particuliers.

Durant la phase chantier, les eaux pluviales devront être gérées selon les exigences des gestionnaires de réseau et la réglementation en vigueur. Si cela est nécessaire, des systèmes de traitement devront être mis en place. En ce qui concerne les bases vie en phase chantier, les eaux usées seront raccordées au réseau.

Afin de combattre le rejet de particules « fines » en phase chantier, des ouvrages de collecte provisoires de type fossés, éventuellement équipés de filtres, pourraient être réalisés.

Concernant les pollutions accidentelles, un Plan de Secours en cas de pollutions accidentelles ou d'incidents pourrait être mis en place avant le démarrage des travaux. Il 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) pendant et après la crise. Par

ailleurs, la mise en place de mesures préventives au regard d'éventuelles pollutions accidentelles peut s'avérer nécessaire :

- limiter les interventions en zone sensible, en particulier aux abords des berges des cours d'eau, dans les périmètres de protection de captages AEP et au sein des zones inondables (choix des sites d'installations de chantier et des zones de stationnement des engins) ;

- entretien des engins sur des aires spécialement aménagées (par exemple sur des surfaces étanches ou dans un espace confiné soit étanche soit comprenant un système permettant le traitement) ;

- Stockage des produits polluants à l'abri de la pluie et dans des conditions telles qu'ils ne pourront pas être mélangés et polluer le sol.

De manière générale, le maitre d'ouvrage devra veiller à ce que la réglementation sur l'eau soit respectée. Pour cela, des études de gestion des eaux seront nécessaires.

Concernant la problématique eaux superficielles, des points particuliers sont particulièrement concernés pour des diverses raisons, variant en fonction du tronçon considéré. Le détail de ces points sera présenté dans l'analyse des incidences propres à chaque tronçon.

L'application de la réglementation sur l'eau limite fortement les **impacts résiduels** dans ce domaine.

Les études à mener sont les suivantes :

- **Etudes techniques** :
  - Etudes hydrauliques de bassins versant pour l'analyse précise des écoulements potentiellement interrompus,
  - Etudes hydrauliques, avec modélisation le cas échéant, au niveau de la Seine (Pont de Sèvres) et du Canal de l'Ourcq,
  - Etudes des zones inondables.
- **Etudes réglementaires** :
  - Déclaration ou autorisation Loi sur l'eau (modification du lit mineur d'un cours d'eau, ouvrages en lit majeur, rejet d'eaux pluviales dans le milieu naturel).

6.2.2 Les usages de l'eau superficielle – eau potable

Les travaux prévus dans le cadre du projet ne sont susceptibles d'engendrer qu'un faible impact sur les captages AEP superficiels recensés. Le projet évite globalement les zones concernées par ces captages.

De manière générale, pendant les phases travaux et exploitation les servitudes figurant dans les arrêtés DUP des périmètres de protections de captages traversés par le fuseau seront à respecter.

Par ailleurs, les mesures précisées auparavant afin de prévenir les éventuelles pollutions accidentelles permettront de limiter les risques au regard de l'exploitation de la ressource en eau pour l'eau potable.

Dans les zones sensibles où le fuseau intercepte les périmètres de protection, il pourra être envisagé un suivi de la qualité des eaux avec un point de référence au démarrage des travaux et des prélèvements régulier tout au long du chantier.

Les études à mener sont les suivantes :

- **Etudes techniques** :
  - Etude hydraulique du secteur Pont de Sèvres - Ile Monsieur (principal secteur concerné) en relation avec la prise d'eau de Sèvres.
- **Etudes réglementaires** :
  - Conformité aux prescriptions du périmètre de protection de la prise d'eau de Sèvres (dossier ARS et Hydrogéologue Agréé).

6.3 Milieu naturel

6.3.1 Mesures d'évitement et de réduction

L'existence d'impacts sur la faune, la flore et les milieux naturels oblige le porteur de projet à mettre en place la démarche suivante dans le cadre de son projet :

- 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.

L'insertion environnementale du projet est donc conçue selon un triptyque de mesures graduées.

Toutes ces mesures doivent être :

- Détaillées, afin qu'elles soient lisibles ;
- Planifiées, dans le temps et l'espace et intégrées aux plannings du projet ;
- Chiffrées, a minima par le biais de fourchettes estimatives ;
- Garanties, via la mise en annexe du dossier de tous les documents attestant de leur mise en œuvre effective et concrète ;
- Synthétisées pour une meilleure lecture par les services instructeurs.

6.3.1.1 Mesures d'évitement

a) E01 : Adapter la conception du projet aux enjeux écologiques

Très tôt dans la conception du projet de métro automatique du Grand Paris, les préoccupations environnementales ont été au cœur des débats. Ce projet a d'ailleurs fait l'objet d'une évaluation stratégique environnementale en 2009-2010, ce qui a permis d'identifier très en amont les enjeux environnementaux et notamment ceux liés aux milieux naturels.

Les conclusions de l'évaluation stratégique environnementale soulignent que l'évitement des zones repérées comme à enjeu écologique permet de réduire la quasi-totalité des incidences envisagées et notamment celle par effet d'emprise. Cette recommandation a notamment été suivie lors de la précision du projet puisque les entités de la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis », site Natura 2000 mais également site à enjeu pour les différents groupes de faune, sont évitées.

Toujours dans cette même optique de prise en compte des impacts environnementaux le plus tôt possible, l'analyse menée lors de l'étude d'incidences au titre de Natura 2000 sur la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » a permis d'identifier les variantes, qui, au stade des études de faisabilité, avait une incidence significative :

- Le scénario entièrement en souterrain sur la section Les Grésillons – Le Mesnil-Amelot, ce scénario ayant des incidences significatives sur le réseau hydrologique du Parc du Sausset entre les gares du Triangle de Gonesse et du Parc des Expositions ;

- Le scénario prévoyant la réalisation du métro en tranchée couverte dans le secteur de la RN2 à Aulnay : le tracé du métro automatique n'était pas remis en cause mais la tranchée couverte nécessitait des rabattements de nappe et induisait des incidences potentiellement fortes pour les milieux humides du Parc départemental du Sausset. Cette section sera donc réalisée en tunnelier ;

- Les scénarios prévoyant des travaux en tranchée couverte au niveau de la forêt de Bondy : le tracé du métro n'était pas remis en cause mais la tranchée couverte induisait des destructions notables d'habitats d'espèces. Cette section sera donc réalisée en tunnelier ;

- Le scénario en tranchée couverte de la réalisation de la gare de Chelles : l'implantation de la gare n'est pas remise en cause, mais la méthode de rabattement de nappe doit être adaptée afin de limiter les impacts (parois moulées par exemple), afin d'éviter une incidence par modification du régime hydrique sur les Mares de la Butte Verte et le bois de Vaires ;

- La réalisation de la gare de Sevran Livry sous le canal de l'Ourcq et en tranchée couverte : le positionnement de la gare n'est pas remis en cause mais l'adaptation de la technique constructive permettrait de limiter les impacts potentiels sur les continuités écologiques, sur la qualité de l'eau et sur la faune piscicole.

La mesure de suppression associée a donc consisté à abandonner ces variantes et à ne pas localiser de puits d'aération ni de base chantier dans les zones identifiées comme sensibles et/ou à enjeux écologiques.

Cette mesure est à intégrer directement au programme de conception. Le coût de cette mesure est égal à la différence entre le coût du programme initial et le coût du programme révisé après ces mesures.

b) E02 : Eviter les rabattements de nappe ou les adapter pour qu'ils n'aient aucune incidence

En ce qui concerne le rabattement de nappe, la mesure de suppression consiste à ne pas faire de rabattement, et donc à prendre les dispositions nécessaires pour éviter tout rabattement, ou à faire du rabattement de nappe n'ayant aucune incidence sur les niveaux d'eau. Ces dispositions peuvent consister à :

- Choisir des techniques de construction ne nécessitant pas de rabattement de nappe : le tunnelier dans ses formes actuellement utilisées ne nécessite pas cette opération, au contraire de la tranchée couverte. De même, il existe des techniques de mise en place des émergences (puits d'aération, accès secours) ne nécessitant pas de rabattement de nappe ;

- Eloigner les ouvrages des zones sensibles : privilégier les variantes et les émergences les plus lointaines ;

- Utiliser le viaduc plutôt que le passage en souterrain ;

- Faire une étude poussée de conception du rabattement de nappe avec les données locales de manière à éliminer tout effet sur les zones sensibles. Le but est d'optimiser les caractéristiques du rabattement et d'écarter les zones sensibles du cône de rabattement.

Ces mesures sont envisageables pour les sections en tunnel, les ouvrages annexes, et certaines gares.

En ce qui concerne les perturbations des écoulements souterrains, ce type de mesure n'est pas applicable pour les sections en tunnel et les gares.

Cette mesure est à intégrer directement au programme de conception. Le coût de cette mesure est égal à la différence entre le coût du programme initial et le coût du programme révisé après ces mesures.

c) E03 : Ne pas implanter de base chantier, d'ouvrages annexes ou toutes implantations temporaires ou permanentes dans les secteurs identifiés à enjeux écologiques à ce stade

Carte VII.3.1-1 : Localisation des secteurs sensibles à l'installation de base chantier

A ce stade du projet, la localisation des bases chantier (puits d'entrée du tunnelier, site de stockage, site de traitement sur site…) n'est pas connue sur l'ensemble des tronçons. Trois impacts potentiels sont envisageables : le dérangement (bruit, circulation…), la dégradation des habitats d'espèces (pollution accidentelle par exemple) et l'emprise sur les habitats d'espèces.

Quatre types de secteurs sensibles ont ainsi été identifiés afin de localiser en amont les secteurs à éviter pour ces implantations :

- Les entités du site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis », très sensibles et dont l'effet d'emprise d'une telle installation serait significative,

- Les zones tampon autour des entités de la ZPS : les installations de chantier peuvent être à l'origine de nuisances sonores et de vibrations et donc de dérangement des espèces. Une zone tampon de 200 m a été construite autour des entités de la ZPS afin de garantir un niveau sonore inchangé. Lors de la précision du projet et en particulier des localisations des bases chantier et de leur spécificité (traitement sur site, concassage…), **ces distances**

pourront être affinées en fonction des caractéristiques des installations et si nécessaire par des études acoustiques locales,

- Les zones sensibles, dans lesquelles l'installation de base chantier pourrait avoir une incidence indirecte : il s'agit par exemple de cours d'eau alimentant les plans d'eau, les berges des cours d'eau, les secteurs servant potentiellement de corridors entre les différentes entités du site,

- Les secteurs dont la sensibilité est à confirmer : il s'agit de milieux identifiés comme zones relai entre les différentes entités de la ZPS dans l'étude menée par le MNHN (Zucco et Julliard, 2008).

Le cahier des charges des travaux devra inclure des cartes précisant l'ensemble des secteurs à enjeux écologiques. Ceux-ci devront être clairement identifiés comme « à éviter obligatoirement » pour l'installation d'une base chantier, d'ouvrages annexes ou toutes implantations temporaires ou permanentes.

Coût de la mesure : non quantifiable, intégrée au programme de travaux.

6.3.1.2 Mesures de réduction

Le tableau ci-après présente les mesures de réduction générales proposées et les met en relation avec les impacts identifiés dans la partie III.6.1. Ces mesures ont été numérotées selon le code suivant :

- A pour mesures d'accompagnement,
- R pour mesures de réduction,
- S pour suivi.

☞ Cette liste regroupe l'ensemble des mesures générales pour les différents tronçons. Certaines pourront être précisées et plus détaillées dans les études d'impact relatives aux tronçons.

☞ Pour le **scénario souterrain**, les mesures de réduction énoncées ne s'appliquent qu'aux ouvrages annexes et aux gares, qui seront localisés en surface.

Tableau 6.3-1 : Mesures de réduction générale proposées en fonction de l'impact identifié

Impacts potentiels	*Tronçons concernés*	*Sections*	*Scénario*	*Mesures*	*Habitats et espèces concernés*
Mesures avant la phase travaux					
Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Destruction des habitats naturels (Fouilles archéologiques, sondages géotechniques)	GARES Tous les tronçons	TOUTES TOUS	TOUS	E03 : Ne pas implanter de base chantier, d'ouvrages annexes ou toutes implantations temporaires ou permanentes dans les secteurs identifiés à enjeux écologiques à ce stade R01 – Limiter au maximum l'emprise du chantier au passage des zones à enjeux	Habitats naturels, habitats et espèces patrimoniaux, sites à enjeux … Cf. carte sensibilité écologique
Mesures pendant la phase travaux					
Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Destruction des habitats naturels	GARES Base de chantier Tous les tronçons	TOUTES TOUS	TOUS	R01 – Limiter au maximum l'emprise du chantier au passage des zones à enjeux	Habitats naturels, habitats et espèces patrimoniaux, sites à enjeux … Cf. carte sensibilité écologique
				R03 – Clôtures étanches à la traversée des milieux naturels	
				R05 – Eviter les modifications de l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	
				R06 – Maintenir les berges des cours d'eau	
				R07 – Eviter la prolifération d'espèces invasives / favoriser la réimplantation d'espèces indigènes locales	
				R08 – Gestion et traitement des déblais	
				R12 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	
				A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	
				S01 – Suivi de chantier par un écologue	
				R01 – Emprise du chantier	
Destruction d'individus	GARES OUVRAGES ANNEXES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES TOUS M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien Souterrain Souterrain	R01 – Emprise du chantier	Oiseaux, amphibiens, reptiles, mammifères, insectes
				R02 – Adapter le calendrier en fonction des contraintes biologiques	
				R04 – Favoriser le passage sécurisé de la faune	
				R05 – Eviter les modifications de l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	
				R06 – Réaliser des caches de substitution pour la petite faune	
				A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	
				S01 – Suivi de chantier par un écologue	

Impacts potentiels	*Tronçons concernés*	*Sections*	*Scénario*	*Mesures*	*Habitats et espèces concernés*
Destruction de tout ou partie de l'habitat d'espèces animales	GARES OUVRAGES ANNEXES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien ? Souterrain	E03 : Ne pas implanter de base chantier, d'ouvrages annexes ou toutes implantations temporaires ou permanentes dans les secteurs identifiés comme sensibles à ce stade	Oiseaux, amphibiens, reptiles, mammifères, insectes
				R01 – Emprise du chantier	
				R03 – Clôtures étanches à la traversée des milieux naturels	
				R04 – Faciliter le passage sécurisé de la faune	
				R05 – Eviter les modifications de l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	
				R07 – Maintenir et/ou reconstituer les berges des cours d'eau	
				R08 – Eviter la prolifération d'espèces invasives / favoriser la réimplantation d'espèces indigènes locales	
				R09 – Gestion et traitement des déblais	
				R12 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	
				A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	
				S01 – Suivi de chantier par un écologue	
Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Zones effectuées en tranchées couvertes où le rabattement de nappe est nécessaire Zones travaux en surface Puits de tunnelier Puits d'aération / Puits d'accès secours		Souterrain Souterrain /aérien	E02 : Eviter les rabattements de nappe ou les adapter pour qu'ils n'aient aucune incidence	Milieux humides, plans d'eau, amphibiens, faune piscicole, végétations hygrophile
				R05 – Eviter les modifications de l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	
				R07 – Maintenir et/ou reconstituer les berges des cours d'eau	
Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces	GARES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES M, N A E, F, G	Souterrain Souterrain /aérien	R03 – Clôtures étanches à la traversée des milieux naturels	Tous les habitats et espèces, notamment les milieux humides
				R09 – Gestion et traitement des déblais	
				R12 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	
				A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	
				S01 – Suivi de chantier par un écologue	

Impacts potentiels	*Tronçons concernés*	*Sections*	*Scénario*	*Mesures*	*Habitats et espèces concernés*
Diffusion/favorisation d'espèces invasives	GARES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien Souterrain Souterrain / aérien	R08 – Eviter la prolifération d'espèces invasives / favoriser la réimplantation d'espèces indigènes locales SO1 – Suivi écologique du chantier A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	Habitats naturels
Enclavement de territoire / coupures d'axes de déplacement	GARES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien Souterrain /aérien	R04 – Favoriser le passage sécurisé de la faune R07 – Maintenir et/ou reconstituer les berges des cours d'eau	Amphibiens, oiseaux, chiroptères, poissons, mammifères terrestres, etc.
Dérangement de la faune	GARES T2 T5 Ligne orange Zones effectuées en tranchées couvertes	TOUTES M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien Souterrain /aérien	R02 – Adapter le calendrier en fonction des contraintes biologiques R10 – A proximité des zones à enjeux écologiques, ne pas éclairer le chantier la nuit R11 : Aux abords des sites à enjeux écologiques, limiter les perturbations sonores A01 – Formation obligatoire du personnel de chantier	Oiseaux, mammifères
Mesures en phase exploitation					
Dérangement en phase opérationnelle	GARES T2 T5 Ligne orange	TOUTES M, N A E, F, G	TOUS Aérien Aérien	R13 – Limiter l'éclairage et choisir un éclairage adapté R15 – Limiter le risque de collision des trains avec la faune R16 – Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares R18 – Eviter le dérangement de la faune	Oiseaux, chiroptères, insectes
Dégradation des habitats en phase opérationnelle	Toutes les gares et leurs abords T2 T5 Ligne orange	Toutes M, N A E, F, G	Tous Aérien Aérien	R19 - Eviter le désherbage chimique des portions de voies ferrées terrestres S02 - Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux	Habitat naturels, toute faune

Impacts potentiels	*Tronçons concernés*	*Sections*	*Scénario*	*Mesures*	*Habitats et espèces concernés*
Coupures d'axes de déplacement / collision	Toutes les gares et leurs abords T2 T5 Ligne orange	Toutes M, N A E, F, G	Tous Aérien Aérien	R14 – Eviter l'enclavement de territoire et la coupure d'axes de déplacement pour la faune	Oiseaux, chiroptères, amphibiens, mammifères
				R15 – Limiter le risque de collision des trains avec la faune	
				S02 - Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux	
Pollution accidentelle ou pollution diffuse	Tous	Toutes	Tous	R12 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	Habitats naturels, toute faune
Modifications des conditions stationnelles	Tous	Toutes	Tous	R13 - Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares	Habitats naturels
				R15 – Eviter le dérangement de la faune	
				R17 – Prendre en compte l'augmentation de fréquentation de certains axes routiers	
				R19 - Eviter le désherbage chimique des portions de voies ferrées terrestres	
				S02 - Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux	
Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Tous	Toutes	Tous	S02 - Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux	Zones humides, plans d'eau
Modification de l'occupation du sol	Toutes les gares et leurs abords T2 T5 Ligne orange	Toutes M, N A E, F, G	Tous Aérien Aérien ?	R16 - Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares	Habitats naturels
				R20 – Remise en état du sol	

6.3.1.3 Mesures de réduction en phase travaux

a) R01 – Limitation de l'emprise du chantier – Préservation des zones connexes

Pour les tronçons souterrains, les impacts par emprise seront plus importants en phase travaux qu'en phase exploitation, les emprises des ouvrages annexes étant ponctuels et de faible superficie.

Les impacts par emprise en phase travaux pourront être :

- Les zones de travaux nécessaires à la construction d'un ouvrage annexe, que ce soit un puits d'aération ou d'accès secours. Ces secteurs seront localisés et dispersés le long du tracé, en raison de l'obligation réglementaire de localiser ces ouvrages annexes tous les 800 m environ. Les emprises chantier associés à ces ouvrages sont variables. Sans contrainte particulière, elles sont de l'ordre de 1 500 m² ;

- Les zones de travaux autour des puits d'entrée ou de sortie du tunnelier : leur nombre dépendra du nombre de tunneliers utilisés. Les emprises chantier nécessaires sont plus importantes que pour les ouvrages et sont de l'ordre de 6 000 à 8 000 m², suivant leur localisation ;

- Les zones de travaux autour de l'emplacement des gares : à ce jour, la maîtrise d'ouvrage envisage la construction de la plupart des gares souterraines à ciel ouvert. Cette technique constructive dite « en tranchée couverte » génère une zone de travaux autour de la future gare plus ou moins importante, suivant la complexité de la gare : terminus permanent ou temporaire, interconnexion avec une ligne de métro existante ou future, possibilité pour les trains de faire demi-tour (arrière gare)…

De manière générale, tout chantier en surface devra être d'emprise la plus limitée possible.

L'emprise des chantiers devra être autant que possible localisée en dehors de toute zone naturelle, et *a fortiori* en dehors de toute zone à enjeux écologique.

En cas de chantier à proximité de zones naturelles, et à plus forte raison à proximité de zones naturelles à enjeux, le chantier devra obligatoirement être délimité par du matériel de type rubalise. Ceci permettra d'éviter l'expansion du chantier et le piétinement des zones connexes au chantier.

En cas de présence de zones naturelles dans la zone tampon de 500 mètres autour des futures gares, celles-ci devront être délimitées physiquement et identifiées en tant que telles.

Figure 6.3-1 : Exemples de balisage de zones à enjeux écologiques – © BIOTOPE

Les matériaux utilisés pour le balisage, notamment la rubalise, plus difficile à éliminée à la fin des chantiers, devront être biodégradables au maximum et faire l'objet d'un enlèvement spécifique. Ces balisages devront être effectués sous le contrôle d'un écologue.

Au sein des emprises balisées, seront interdits :

- la circulation et les manœuvres d'engins,
- le dépôt de matériel,
- le stockage, même temporaire, de matériaux,
- toute autre activité susceptible de dégrader le milieu.

<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
- Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ)

De façon à garantir la préservation de zones écologiquement sensibles, une protection physique sera également mise en place en cas d'implantation de base chantier à proximité. Celle-ci se matérialisera sur le terrain par la pose d'une clôture pérenne. La clôture sera composée de piquets métalliques et d'un grillage d'au moins 2m de haut (type industriel : ERAS par exemple).

Au sein des emprises balisées, seront interdits :

- la circulation et les manœuvres d'engins,
- le dépôt de matériel,
- le stockage, même temporaire, de matériaux,
- toute autre activité susceptible de dégrader le milieu.

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.

Figure 6.3-2 : Exemples de clôtures pérennes – © BIOTOPE

Cette mesure est applicable pour les travaux d'aménagement, mais également pour les travaux indirectement induits par le projet (chantier de sondages géotechniques, fouilles archéologiques…).

Les clôtures devront être constituées de grillage classique pour grande faune (treillis noué ou soudé à maille progressive), doublé à la base d'un grillage soudé à petites mailles (treillis petite faune de maille 6,5 mm X 6,5 mm). Dans les zones susceptibles d'accueillir des tritons, la couche de grillage « petite faune » devra présenter un rabat dans sa partie supérieure. En effet, les tritons peuvent escalader les grillages à petites mailles ; le rabat les empêchera ainsi de franchir malgré tout la clôture.

Figure 6.3-3 : Triton escaladant un grillage petites mailles, stoppé par le rabat (Source : setra, cete ouest, 2008)

Coût :

- Clôtures standard grande faune : de 35 à 50 € le mètre linéaire,
- Clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire.

b) R02 – Adapter le calendrier des travaux en fonction des contraintes biologiques

➢ **Période de déboisements**

Afin d'éviter la destruction d'individus, au nid (oiseaux) ou en hibernation (chauves-souris notamment) et organismes saproxylophages, les déboisements devront être effectués à l'automne.

En cas de coupe d'arbres d'intérêt faunistique (arbres âgés ou présentant des cavités), l'arbre coupé sera laissé au sol en bordure de la bande de travaux.

Le coût de cette mesure est difficilement calculable. Il convient de l'intégrer direction au programme de travaux et au cahier des charges des travaux.

➢ **Dérangement en période de reproduction**

A proximité des zones à enjeux, la période de début de chantier sera adaptée aux périodes de reproduction des différentes espèces présentes, ce qui permettra de garantir une absence de dérangement.

Si des rabattements de nappes sont nécessaires, ils pourront être privilégiés hors période de reproduction, ce qui limitera la dégradation du milieu des espèces d'oiseaux ou des amphibiens entre autre. Cela permettra effectivement à l'ensemble de la flore de terminer son cycle de reproduction et de rentrer en dormance, ce qui facilitera leur survie pendant les travaux et la présence d'une banque de semence abondante pour la reconstitution de la végétation.

Calendrier civil	Janv	Fév	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Calendrier des travaux												

Légende

période favorable pour les travaux à proximité immédiate des sites à enjeux

période défavorable pour les travaux à proximité immédiate des sites à enjeux

Il n'y a pas de coût associé à cette mesure. 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.

c) R03 – Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels

Afin d'éviter la propagation de substances polluantes, chaque traversée de milieux naturels par le tracé devra être systématiquement accompagné de clôtures étanches. Celles-ci permettront notamment d'éviter le lessivage des zones dénudées par les travaux et la pollution des eaux de surface par des matières en suspension.

En fonction des enjeux, les eaux pluviales devront être au minimum décantées avant de rejoindre le milieu naturel. Dans certains cas (eaux ruisselant sur les zones d'entretien des engins par exemple), les eaux devront subir un ou plusieurs traitements complémentaires (débourbeur-déshuileur, aération…), les fossés collecteurs devront alors être étanches.

Des kits anti-pollution devront également pouvoir être 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 les milieux aquatiques et les espèces les fréquentant, telles que les amphibiens et les oiseaux d'eau.

A la fin des travaux, les fossés et bassins temporaires devront être rebouchés, dans le strict respect de l'ensemble des mesures de réduction. La topographie initiale sera ainsi restaurée, ainsi que l'écoulement initial des eaux météoriques.

Coûts indicatifs :

- 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

Le coût et l'ampleur de cette mesure est à déterminer par l'étude hydrologique.

d) R04 – Favoriser le passage sécurisé de la faune

Sur l'ensemble du tracé prévu en scénario aérien, des mesures doivent être prises pour éviter la coupure d'axes de déplacement, l'enclavement de territoires et la fragmentation de l'habitat d'espèces animales.

Les emprises de travaux peuvent éventuellement avoir les mêmes incidences. Dans le cas de scénario en tranchées couvertes ou au niveau des zones de travaux, les mesures développées ici pourront être temporaires.

- **Amphibiens**

Au niveau des emprises travaux, afin de réduire la destruction d'individus lors des périodes de migration, il sera nécessaire de mettre en place des clôtures temporaires étanches avant la phase terrestre des amphibiens. En cas d'axe de migration identifiés, les amphibiens devront être déplacés de l'autre côté du chantier, de façon à assurer leur migration vers leur zone de reproduction. Ceci devra être répété lors de la migration inverse.

La barrière-piège est un aménagement provisoire qui permet de sauver les amphibiens en phase de migration. La technique consiste à installer une toile ou bâche de 50 cm de hauteur sur une longueur déterminée par la zone de migration. La bâche doit être tendue et enterrée à sa base. Le long de la bâche sont positionnés des seaux, enterrés sur leur hauteur, aménagés d'une évacuation au fond pour permettre à l'eau de s'évacuer. Le nombre et l'espacement des seaux est à déterminer en fonction de l'importance de la migration.

Les amphibiens suivant leur axe de migration vont être stoppés par la toile ou bâche et alors la longer. Ils tomberont ensuite dans l'un des seaux mis en place et pourront être déplacés de l'autre côté du chantier.

Le déplacement sera effectué par les ouvriers de chantier chaque matin en période de migration, sous l'égide des correspondants environnement, eux-mêmes encadrés par le coordinateur environnement (cf. Mesure S01 Suivi écologique du chantier).

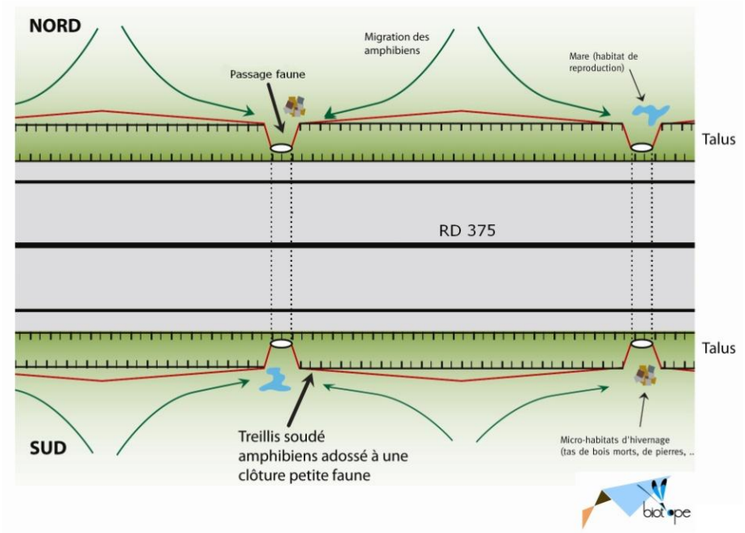


Figure 6.3-4 : Système de collecte en « zigzag » permettant de canaliser la faune vers les points de passage. (Source : © Biotope)

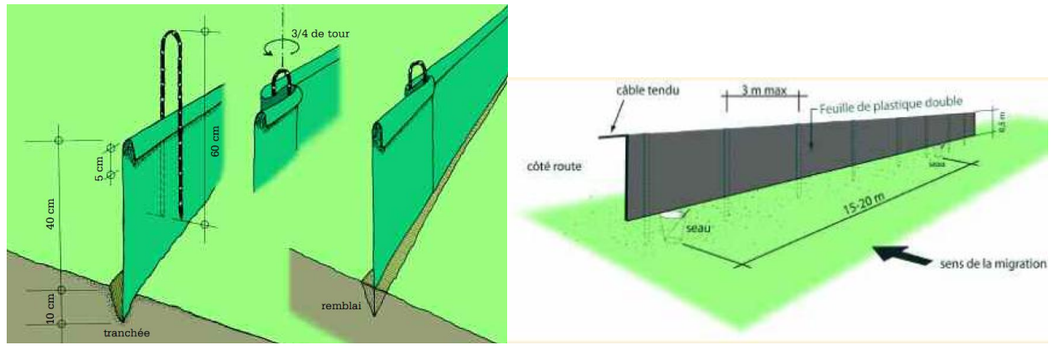


Figure 6.3-5 : Indications technique pour le montage de la barrière-piège pour les amphibiens (source : Les batraciens sur nos routes, Région Wallonne)

Figure 6.3-6 : Mise en œuvre de la barrière-piège pour les amphibiens (source : BIOTOPE©)

Coût :

- Barrière-piège : 500 € / 100m pour une hauteur de 50 cm (source : Valliance)
- Déplacement des amphibiens : à intégrer au programme travaux

➢ **Faune aquatique**

Afin de préserver la faune aquatique, l'installation de ponts provisoires pour le franchissement des cours est nécessaire.

Figure 6.3-7 : Exemple de pont provisoire pour le franchissement d'un cours d'eau - © BIOTOPE

Plusieurs méthodes de franchissement de cours d'eau existent. Le but ici est, autant que possible, de ne pas endommager les berges, et de ne pas couper l'axe de déplacement que constitue le cours d'eau. Pour cela, il convient de mettre en place des ouvrages de franchissement sans contact avec l'eau, qui enjambent la rivière. La taille est les matériaux de ces ouvrages sont à adapter à la largeur et à la profondeur des cours d'eau concernés.

Si l'ouvrage mis en place n'est pas étanche (type rampe en métal grillagée), un platelage sera à prévoir pour éviter de polluer le cours d'eau avec matière en suspension. Un nettoyage des roues ou chenilles des engins peut être mis également en place en cas de besoin.

Exemple de coûts en fonction du type d'ouvrage :

- Pont amovible en Polyéthylène Haute Densité : 1500 € + 700 € de montage
- Rampe métallique : 9000 € + 700 € de montage

e) R05 – Ne pas modifier l'alimentation en eau des secteurs à enjeux

Cf. étude hydraulique

➢ **Période favorable**

Avant d'envisager un rabattement de nappe, le choix de la période de basse piézométrie doit être recherché. En effet, cela peut résoudre une partie du problème, en diminuant la hauteur de rabattement nécessaire, donc les débits, donc les coûts. En général, dans la région Ile-de-France, et pour les nappes superficielles alimentées principalement par la pluviométrie, la période de basses eaux se situe en septembre - octobre, soit à la fin de la période défavorable du calendrier ci-dessous. Cependant, cette période peut être décalée dans le temps en fonction de la météorologie : par exemple, pour la nappe de la craie aux environs de Beauvais, le point bas de la piézométrie a été atteint le 26 décembre 2011. Pour cela, il faut disposer d'information piézométrique et de suivi préalable aux travaux.

Si des rabattements de nappe sont nécessaires, ils pourront être privilégiés hors période de reproduction de la faune et hors période de végétation de la flore, ce qui limitera la dégradation du milieu des espèces d'oiseaux ou des amphibiens entre autres. Cela permettra effectivement à l'ensemble de la flore de terminer son cycle de reproduction et de rentrer en dormance, ce qui facilitera leur survie pendant les travaux et la présence d'une banque de semence abondante pour la reconstitution de la végétation.

➢ **Adapter les possibles rabattements de nappe aux zones à enjeux**

Si un rabattement de nappe est nécessaire, il peut, dans une certaine mesure, être adapté aux nécessités du site. Il faut pour cela prendre les dispositions nécessaires suffisamment tôt pour que la conception de l'opération prenne en compte toutes les contraintes écologiques y compris réglementaires.

Les éléments ci-dessous sont à prendre en compte dans l'étude de conception permettant l'adaptation du rabattement de nappe :

- Identifier les zones sensibles et leurs spécificités : pourquoi sont-elles sensibles, quel est leur degré de sensibilité, quelle baisse de niveau d'eau est possible sans incidence ou avec une incidence acceptable. Dans notre cas, les zones sensibles sont les plans d'eau et la baisse de niveau d'eau acceptable est très faible (Etang de Savigny) ou nulle (le Marais du Sausset et les étangs du Parc Georges Valbon) ;

- Connaître au mieux le contexte hydrogéologique et les paramètres hydrodynamiques du ou des aquifères concernés. Des essais de pompage peuvent être nécessaires. C'est le seul moyen de connaître précisément les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère au droit de la zone de projet et surtout, s'ils sont menés dans cette optique, d'évaluer la présence d'éventuelles hétérogénéités de la structure de la roche : barrière à l'écoulement, zone d'écoulement privilégié ;

- Adapter les caractéristiques du ou des forages : position géographique, profondeur, aquifères captés ;

- Adapter les caractéristiques du pompage : débit, durée ;

- Adapter le nombre de forages et leur position géographique ;

- Adapter la position géographique des points de rejet.

Il est également possible de limiter l'étendue géographique du rabattement de nappe. La zone de travail est alors rendue étanche au moyen de techniques du type parois moulées et le rabattement limité à la zone de travail. L'incidence piézométrique est fortement réduite, voire nulle, selon les conditions hydrogéologiques.

L'annexe 3 du rapport d'étude d'incidences du Grand Paris Express sur la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » (modélisation hydrogéologique du parc départemental de la Haute Ile) présente un exemple concret de réduction de l'incidence d'un rabattement de nappe par la mise en œuvre d'un

dispositif de type parois moulées : dans le cas étudié, le rabattement passe de 50 cm à 10 à 20 cm au droit de la cible.

La position du point de rejet a son importance. En effet, un point de rejet situé en aval de la zone de travail et en amont hydraulique des plans d'eau cibles est susceptible de modifier la piézométrie en aval du rejet. L'impact consisterait en une hausse localisée et temporaire de la piézométrie.

- **Limiter les perturbations des écoulements souterrains**

Comme pour le rabattement, la connaissance précise de ces écoulements permet de les prendre en compte dans les études de conception.

Comme pour l'adaptation du rabattement de nappe ci-dessus, l'essai de pompage localisé permet d'évaluer la présence d'éventuelles hétérogénéités de la structure ayant une incidence sur les écoulements.

Dans certaines configurations, des systèmes de drainage permettent le « contournement »de l'ouvrage et donc de réduire ces perturbations. La mise en œuvre de ces systèmes doit être envisagée au cas par cas en s'assurant que les conditions de leur fonctionnement sont bien réunies. **Pour cela, chaque zone amenée à subir un rabattement de nappe devra faire l'objet d'une étude hydrogéologique approfondie, en prenant en compte les enjeux écologiques, proches ou lointains, susceptibles d'être en relation hydrogéologique avec la dite zone.**

f) R06 – Réaliser des caches de substitution pour la petite faune

Des gîtes préfabriqués à Hérisson d'Europe, mi en place avant la phase de chantier, ainsi que des caches constituées de rémanents du chantier seront placés en périphérie des zones d'aménagement. Cela permettra d'attirer les individus de petite faune (reptiles, petits mammifères en dehors des zones impactées directement par les travaux. Ces caches devront être placées dans des endroits propices à l'accueil de la faune. Un écologue devra être chargé de l'accompagnement à la mise en œuvre de cette mesure (optimisation de l'emplacement des caches en fonction de l'écologie des espèces concernées).

Figure 6.3-8 : Principe d'un nichoir à Hérisson

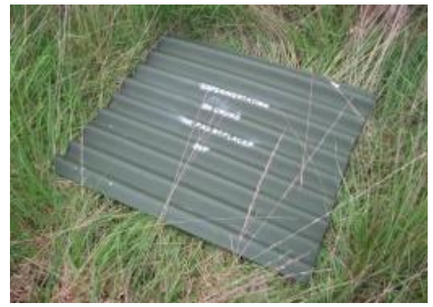


Figure 6.3-9 : Plaque de carton ondulée et bitumée, favorable aux reptiles © BIOTOPE

Coût (exemples) :

- Nichoir de Hérisson : de 80 à 140 euros l'unité
- Plaque à reptiles : 5€ / m²

g) R07 – Maintenir les berges des cours d'eau

Le tracé prévu croise plusieurs cours d'eau et canaux (Marne, Seine, Canal de l'Ourcq, Canal de Saint Denis). Ceux-ci présentent une continuité et des milieux naturels favorables à la faune et la flore.

La destruction ou la dégradation de berges remet en cause la continuité écologique de ces éléments. Par ailleurs, la modification des structures de berges peut modifier l'orientation et la force des courants, plus ou moins localement.

Les berges devront donc être évitées aussi souvent que possible.

les berges endommagées devront être reconstituées le plus fidèlement possible, en termes de profils, et revégétaliser uniquement avec les conseils d'un écologue.

Coût :

Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m^3

Reconstitution de la ripisylve : 8 euros le m²

h) R08 – Eviter la prolifération d'espèces invasives / favoriser la réimplantation d'espèces indigènes locales

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.

Cet export sera sûrement nécessaire dans le cadre des travaux d'aménagement. La terre végétale devra donc être contenue dans des systèmes clos (camions bâchés) et subir un traitement permettant la destruction de l'ensemble des propagules (compostage en site contrôlé).

Les surfaces mises à nu seront à revégétaliser 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.

Des mesures prophylactiques spécifiques (nettoyage du matériel et des engins, en particulier les godets, roues, chenilles, etc.) seront à envisager afin d'éviter la propagation d'espèces invasives.

Un état 'zéro' « plantes invasives » devra être effectué sur les zones de chantier et les bases travaux, avant le démarrage des travaux. Un état final « plantes invasives » sera à réaliser pour comparer et mettre en place des mesures de restauration si nécessaire.

En tout état de cause, la « non propagation des plantes invasives » devra apparaitre dans le cahier des charges des entreprises effectuant les travaux.

Coût :

- Décapage et mise en dépôt, ou évacuation de la terre végétale (sans traitement) : 3 à 4 euros le m^3
- Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m^2

i) R09 – Gestion et traitement des déblais

Les travaux d'aménagement vont engendrer une quantité non négligeable de déblais. Ces déblais devront être stockés en dehors des zones naturelles et de manière à ne pas modifier l'écoulement des eaux de surface. Ils devront être évacués rapidement et traités (valorisation ou élimination). En aucun cas ils ne devront être épandus dans des milieux naturels, à l'intérieur ou hors du fuseau d'étude. Ils devront faire l'objet d'un traitement par des entreprises spécialisées, dans le cadre strict de la réglementation en vigueur.

A ce stade de l'étude, la destination finale de ces matériaux extraits n'est pas déterminée. En fonction des enjeux identifiés sur leur site de stockage définitif, d'autres études devront être menées.

L'élimination et le traitement des déblais fait l'objet d'études spécifiques. Ils doivent être intégrés au programme travaux.

j) R10 – A proximité des zones à enjeux, ne pas éclairer le chantier la nuit

L'éclairage des zones de travaux la nuit risque de perturber les oiseaux et les chauves-souris. La pollution lumineuse peut effectivement avoir des effets très négatifs sur les espèces migratrices qui se déplacent de nuit (désorientation). Il est donc conseillé de limiter au maximum les éclairages de chantier à proximité des secteurs à enjeux.

En cas de nécessité d'éclairer le chantier, les niveaux d'éclairage seront basés sur le minimum de la réglementation en termes de sécurité des personnes (code du travail). Les éclairages des postes de travail ne fonctionneront pas en continu et seront en outre orientés vers le sol avec un cône d'émission de 70° (éclairage directionnel). Cette prescription sera à appliquer principalement au cours de la période de nidification des oiseaux (mi-mars / mi-juillet).

Les principes généraux pour optimiser l'éclairage et limiter la pollution lumineuse sont les suivants :

- Eviter toute diffusion de lumière vers le ciel : munir toutes les sources lumineuses de système (réflecteurs notamment) renvoyant la lumière vers le bas (éclairage directionnel) ;
- Utiliser des lampes peu polluantes : préférer les lampes au sodium basse pression ou tout autre système pouvant être développé à l'avenir / Eviter l'usage de lampes à vapeur de mercure haute pression ou à iodure métallique ;
- Utiliser la bonne quantité de lumière : ajuster la puissance des lampes et donc la valeur de l'éclairement en fonction des réels besoins, dans le temps et dans l'espace / Utiliser des systèmes de contrôle qui ne fourniront de la lumière que lorsqu'elle est nécessaire.

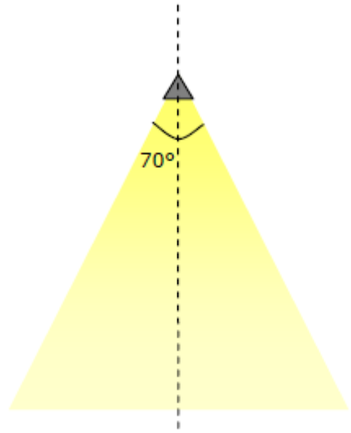


Figure 6.3-10 : Eclairage directionnel

k) R11 : Aux abords des sites à enjeux écologiques, limiter les perturbations sonores

La limitation des nuisances sonores du chantier repose sur deux points de vigilance particuliers :

- Le respect des normes en vigueur concernant le bruit : Les niveaux maxima admissibles aux limites du chantier, de jour comme de nuit, devront être conformes à la réglementation. Les engins utilisés par les entreprises devront ainsi respecter les arrêtés en vigueur au moment des travaux. De nuit, l'entreprise veillera à limiter ses émissions sonores. Ainsi, toute activité générant une émergence du niveau de bruit supérieure à 3 dB(A), en limite du chantier, devra être suspendue en période nocturne, de 22 h à 6 h ;
- La limitation de la vitesse des véhicules : La vitesse des véhicules sera limitée à 30km/h sur le chantier, ce qui réduira les effets du bruit sur les zones sensibles présentes à proximité de la zone de projet.

Ces dispositions devront être reprises à la fois dans le programme et le cahier des charges des travaux.

Pour cette mesure, il convient également de se référer à la partie 6.10 relative au bruit.

l) R12 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles

Le projet Grand Paris Express va traverser plusieurs nappes d'eau qui alimentent directement ou indirectement les plans d'eau de certaines zones à enjeux écologiques, et notamment les entités de la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ». Aussi, une attention particulière à la préservation de la qualité de ces eaux doit être apportée et des mesures doivent être prises pour limiter les risques de pollutions accidentelles.

Ce risque de pollution accidentelle est plus grand en phase chantier qu'en phase exploitation, où il est réduit mais il reste néanmoins non négligeable.

Il est donc proposé au Maître d'ouvrage l'établissement d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles afin d'apporter des garanties aux gestionnaires des milieux naturels remarquables et notamment des sites Natura 2000 quant à la prise en compte de cette problématique :

Par l'intermédiaire de l'établissement des pièces administratives obligatoires :

Lors des périodes de préparation des chantiers, les entrepreneurs établissent différents documents dans lesquels ils indiquent les dispositions retenues en matière de sécurité et en matière d'environnement. Il s'agit :

- Du Plan Général de Coordination (PGC). Ce document comprend les dispositions préventives en matière d'hygiène et de sécurité. Ce document est établi conformément aux prescriptions fixées par les textes en vigueur et notamment la loi n°93-1418 du 31 décembre 1993 et le décret n°93-1159 du 26 décembre 1994. Le PGC est un document contractuel qui fixe les obligations des entrepreneurs. Il définit l'ensemble des mesures propres à prévenir les risques découlant de l'interférence des activités des différents intervenants sur le chantier ou la succession de leurs activités lorsqu'une intervention laisse subsister après son achèvement des risques pour les autres entreprises. Le PGC comprend un certain nombre de dispositions intéressant la protection de l'environnement :
  - Réglementation et contrôle des accès ;
  - Installations sanitaires ;
  - Stockage et entreposage ;
  - Gestion des déchets et prévention des pollutions ;
  - Consignes particulières en cas d'intempéries ou de tempêtes ;
  - Moyens de communication, etc.
- Du Plan d'Assurance Environnement (PAE). Le cadre du PAE est déterminé par le Maître d'œuvre.
- Du Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS). Le Code du Travail rend obligatoire ce document sur tous les chantiers. Ce document est également un moyen de lutte contre les pollutions accidentelles au travers des mesures prises pour assurer la sécurité et la santé des personnels. Il complète le PGC décrit ci-dessus. Ce document est établi par l'entreprise de travaux qui le remet au coordinateur SPS. Ce dernier rassemble tous les PPSPS et construit le document général SPS.

Par la surveillance effectuée par le Service de la Police de l'Eau de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE).

Cette surveillance est effectuée en plusieurs étapes :

- L'instruction du dossier réglementaire Loi sur l'eau, établi en application des articles L21461 et suivants du Code de l'Environnement : la DRIEE prend connaissance du projet à un niveau supérieur à celui de la présente étude, des incidences prévisibles sur l'eau et des moyens prévus pour les supprimer, réduire ou compenser,
- Le suivi du chantier : le représentant du Service de la Police de l'Eau de la DRIEE s'assure que les dispositions prévues dans le dossier Loi sur l'eau sont effectivement mises en œuvre. Il peut demander à être informé du planning des opérations. Les visites sur site sont soit organisées, soit réalisées à l'improviste,
- Un contrôle a posteriori des travaux réalisés en fin de chantier,

En phase exploitation, la DRIEE peut demander des analyses et expertises pour étudier les effets réels du projet par rapport aux effets attendus.

Par l'intermédiaire de la procédure prévue en cas de pollution

Malgré les précautions prises, le chantier n'est pas à l'abri d'une pollution accidentelle notamment liée aux engins. Ainsi un certain nombre de mesures d'urgence sont définies et sont à appliquer en toute situation :

- Arrêt immédiat de l'engin d'où provient la fuite ;
- Avertir le plus rapidement possible le service mécanique concerné ;
- Etancher la fuite si possible ou évacuer la cause de la pollution ;
- Mettre en place des produits absorbants (sciure de bois, boudins, granulés, feuilles absorbantes, etc.) pour récupérer le maximum de produits polluants déversés ;
- Si la fuite persiste, poser un bas de vidange ou un autre contenant pour récupérer les produits polluants continuant à se déverser ;
- Si la fuite d'étend, reconnaître le cheminement du produit et limiter au maximum l'étendue du polluant à l'aide de barrage de terre, de boudins, etc.
- En fonction des caractéristiques de la pollution, des procédés de traitement des eaux et/ou des sols seront mises en œuvre. En cas de déversement de polluants (hydrocarbures) directement dans les eaux en rivière, il conviendra de compléter les mesures d'urgence définie ci-dessus par :
  - La mise en place de barrages absorbants flottants au plus près de la zone de contamination dans les zones de faible turbulence de la rivière de manière à contenir la progression de la pollution,
  - La limitation au maximum de la progression de la pollution vers les zones de prises d'eau potable et d'irrigation,
  - Le démontage ou la limitation des accès des prises en rivière permettant l'irrigation des zones riveraines,
  - L'épandage de produits absorbants,
- La mobilisation d'une société spécialisée dans le pompage des eaux de surface souillées,

En cas de déversement de polluants (hydrocarbures) sur le sol, il conviendra de compléter les mesures d'urgence définie ci-dessus par :

- Le décapage soigneux de la zone polluée avec une pelle jusqu'au sol sain ;

- Le stockage de la terre polluée à l'écart du milieu sensible ;
- L'évacuation rapide des sols pollués par une entreprise spécialisée vers un site agrée.

Enfin, on rappellera que le suivi des opérations les plus délicates du chantier est assuré par le coordinateur environnemental de manière à stopper les interventions en cours ou à identifier les moyens à mettre en œuvre en cas de problème.

m) S01 – Suivi écologique du chantier

Dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier devra être mis en place. Il s'articulera entre le Maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et un écologue, assistant à maîtrise d'ouvrage.

Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement (« coordinateur environnement ») devra s'assurer au quotidien de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Cette personne devra être secondée par des « correspondants environnement », personnels de chantier, chargés in situ d'effectuer ou de faire effectuer certaines mesures (balisage, déplacement d'amphibiens…). Un correspondant environnement minimum devra être désigné par zone de chantier. Il devra rapporter chaque jour le déroulement et le respect des mesures sur le chantier, les problèmes rencontrés le cas échéant.

Le chantier sera inspecté régulièrement par l'écologue indépendant. Il devra s'assurer de la bonne mise en place des mesures de réduction et en référer au Maître d'ouvrage. L'écologue assurera également un conseil au Maître d'ouvrage par rapport aux rabattements de nappes proposées, aux périodes d'intervention… Sur certains sites et suivant l'option retenue, l'installation de piézomètres pourrait être nécessaire pour suivre le niveau de la nappe. L'écologue sera chargé de s'assurer que les éventuels pompages restent inférieurs à un seuil de rabattement défini au préalable et de contrôler les effets de ces rabattements sur les milieux naturels.

Il 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 le Maître d'ouvrage, pour s'assurer du bon déroulement du chantier, notamment lors des rabattements de nappe.

Des réunions d'information seront prévues au début de la phase de travaux afin de présenter et de localiser les mesures de précautions et de réductions spécifiques pour la faune et la flore aux différentes équipes amenées à intervenir sur le chantier.

Afin d'éviter tout risque de circulation d'engins en dehors de la zone d'emprise prévue sur des habitats fragiles comme les mares, les roselières, les zones de dépressions ou de stations de flore remarquable, les habitats ou habitats d'espèces d'intérêt communautaire, un repérage terrain avec un expert écologue permettra de les localiser et de mettre des balises.

Coût :

- Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux
- Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois

Pour les **secteurs à forts enjeux**, un **suivi de chantier spécifique par un écologue**, plus « soutenu » sera mis en place pendant la phase travaux et après la remise en état. Suivant la localisation du tracé et les espèces concernées, des suivis de populations pourront être effectués, avant, pendant et/ou après la phase travaux. Ce suivi pourra s'étaler sur plusieurs années et comprendre des inventaires l'année de la remise en état puis l'année n+1 et n+2 afin de s'assurer que l'espèce est toujours présente et que la population est viable.

Ces suivis sur 3 ans permettront la réalisation d'un bilan et de s'assurer du succès des opérations de remise en état et des mesures de réduction et de compensation.

Coût indicatif pour 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

Ces estimations sont à adapter en fonction des enjeux des sites concernés.

n) A01 – Formation obligatoire 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 et leur élimination dans le but supprimer tout impact potentiel sur les milieux naturels, en particulier les milieux humides et aquatiques.

La formation devra comprendre également une sensibilisation aux sensibilités de la faune et de la flore et permettre de la part des agents la reconnaissance fortuite des espèces végétales protégées susceptibles d'être présentes dans le fuseau d'étude ainsi que des méthodes de protection classique en phase de travaux (balisage des zones à enjeux…). La reconnaissance des espèces invasives les plus courantes ainsi que la maîtrise des méthodes pour limiter leur expansion en phase chantier est également souhaitable. Pour cela, la partie de la formation spécifique aux enjeux faune et flore devra être dispensée par un écologue botaniste.

Cette formation, pour l'ensemble des personnes intervenant sur les zones de chantier, doit être intégrée au planning de travaux ainsi qu'à son cahier des charges.

6.3.1.4 Mesures de réduction en phase exploitation

a) R13 – Limiter l'éclairage et choisir un éclairage adapté

Principe d'implantation

Les réverbères seront placés de manière à obtenir la meilleure protection des espaces plus sensibles à la lumière situés de part et d'autre des portions aériennes et terrestres du métro automatique. L'éclairage des zones naturelles alentours et des abords devra être évité le plus souvent possible.

Choix des matériels d'éclairage

Il ne s'agit pas d'éclairer moins mais d'éclairer mieux. La mise en place d'un plan de gestion de l'éclairage permet de concilier les aspects de sécurité publique, de valorisation des monuments, les besoins de la population et les aspects environnementaux. Il est primordial d'élaborer un diagnostic des pratiques existantes pour déterminer ensuite, selon les besoins de chaque secteur, les mesures à mettre en œuvre :

- Le choix des lampadaires : Adopter des matériels sans pollution lumineuse, indiqués comme tels dans les catalogues : ampoule sous capot abat-jour (sans verre protecteur), verres plats et transparents. Proscrire les lanternes à verre bombé et les boules. Favoriser les lampes basse consommation fluocompactes, les lampes à vapeur de sodium basse pression… ;

Figure 6.3-11 : Illustration des lanternes de candélabre (© BIOTOPE)

- L'orientation des lampadaires : Adopter une potence qui maintienne le lampadaire à l'horizontale. Choisir des optiques asymétriques qui permettent d'orienter le flux ;

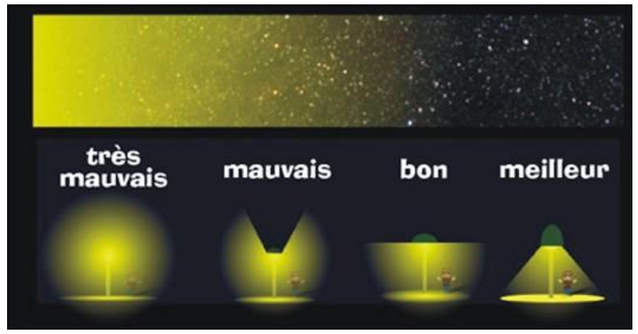


Figure 6.3-12 : Pollution lumineuse constatée en fonction de l'orientation des lampadaires

- La densité des lampadaires : Leur nombre doit être adapté aux besoins. Les critères d'uniformité d'éclairement actuellement pratiqués en urbanisme doivent être bannis car ils perturbent fortement l'environnement. Il est important de préserver des corridors écologiques dans le noir.

- Le spectre d'émission : Choisir des lampes émettant en dehors des ondes lumineuses courtes (de l'ultraviolet au bleu - vert) et longues (de l'orange au rouge). Il faut donc choisir préférentiellement des lampes émettant dans le jaune pour les espaces ne nécessitant pas la présence de lumière « normale » pour la bonne circulation en milieu urbain. Les spectres d'émissions dans les ultraviolets sont néfastes pour les insectes et la faune nocturne. Il s'agit donc d'un élément à prendre en compte dans le choix du matériel :
  - Seule la lampe à Sodium Basse Pression est monochronique (589.00 et 589.59nm).
  - Les lampes à vapeur de sodium à haute pression présentent plusieurs raies d'émission dans le spectre visible (569 nm et 617 nm), très peu d'émissions dans les ultraviolets,
  - Les lampes à iodure métallique (de 350 à 700 nm) ;

- La puissance lumineuse : Réduire la puissance nominale des lampes utilisées (100 W suffisent pour éclairer les voiries, 35 à 70 W pour les jardins publics).

Les lampes à vapeur de mercure sont à proscrire sur l'ensemble des installations, ainsi que les lanternes à verre bombé et les boules. Il est préférable de favoriser les lampes basse consommation fluocompactes, les lampes à vapeur de sodium basse pression…

Proposition pour un système de Gestion d'Eclairage

L'installation de contrôle temporal ou quantitatif peut être appliquée pour diminuer le dérangement des espèces nocturnes et donc diminuer la pollution lumineuse.

Exemple : L'installation de réducteur de flux sur les zones à faible trafic, ou encore l'émission de lumière raisonnable pour l'éclairage aux abords des sites naturels et extinction dès 22 heures 30 en période hivernale et 23 heures en période estivale.

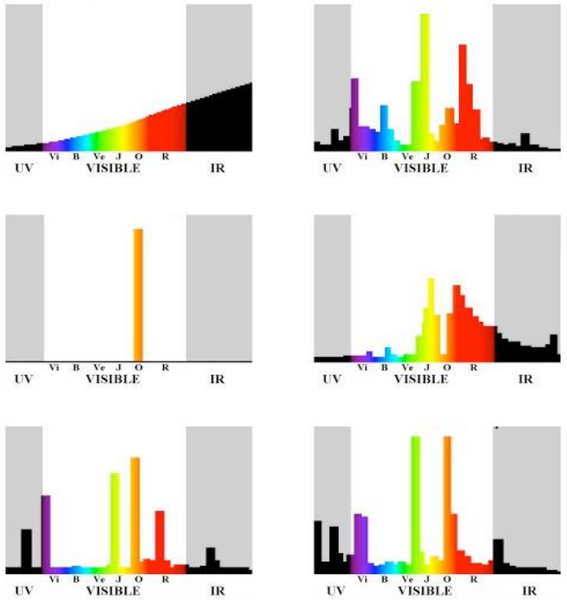


Figure 6.3-13 : Spectre d'émission des différents types de lampes (figure du syndicat de l'éclairage 2006/SAFE)

L'adaptation de l'éclairage est à intégrer dès la conception du projet. Le coût de cette mesure s'évalue par la différence entre le coût des éclairages initialement prévus et celui de ceux choisis pour la mise en œuvre de cette mesure.

b) R14 – Eviter l'enclavement de territoire et la coupure d'axes de déplacement pour la faune

Dans le cas où des portions aériennes de la ligne de métro automatique traverseraient des zones boisées, la présence potentielle ou avéré de l'Ecureuil roux impliquerait la mise en place d' « écuroducs ». Ces aménagements sont à envisager notamment au niveau de la forêt de Palaiseau et de la ZPS de Rambouillet et ne dispenseront pas de la mise en place de mesures compensatoires.

Figure 6.3-14 : Exemple d'écuroducs (source : grifouniou.free.fr)

Coût :

- Cordage (installation minimum) : 25 à 50 € les 50 mètres

c) R15 Limiter le risque de collision des trains avec la faune

En phase exploitation, ce sont uniquement les portions en aérien qui sont concernées par cette mesure. Deux groupes sont sensibles : les oiseaux et les chauves-souris. Cette mesure sera précisée dans les études d'impact des tronçons concernées, en fonction des enjeux écologiques identifiés.

A ce stade, une attention particulière devra être apportée sur les aménagements à réaliser sur l'ouvrage afin de limiter au maximum les risques de perturbation d'axes de transit de chiroptères mais également de l'avifaune. Deux axes de travail sont possibles au niveau des ouvrages d'art :

- Favoriser des structures pleines ne permettant pas le passage de la faune volante : En cas d'impossibilité, la densité de haubans et leur diamètre devra être la plus importante possible afin de créer une barrière visuelle pour les espèces. Une autre piste est un balisage lumineux discret. Ceci incitera les espèces concernées à passer au-dessus ou en-dessous de l'ouvrage et limitera ainsi les risques de collision ;

- Installer des palissades verticales pourront être mises en place : Ce dispositif de palissades permet de guider le vol des individus au dessus du niveau de risque collision. Il devra ainsi avoir une hauteur suffisament importante (3 mètres minimum) pour permettre aux chiroptères et à l'avifaune de passer au dessus des camions.

Figure 6.3-15 : Illustration du risque de collision pour les chiroptères (à gauche) et proposition de type d'aménagement à mettre en place sur les ouvrages d'art franchissant les canaux. (Source : © Biotope, Les chauves souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse.)

Pour les chauves-souris, les portions en viaduc dans des secteurs favorables (traversée de boisements, lisières…) sont propices à l'installation de gîtes artificiels sous le viaduc, afin de compenser la perte de cavités liée à un déboisement éventuel et également de compenser indirectement la mortalité éventuelle des chiroptères par collision de rames. Son entrée devra être située en contrebas du tablier pour limiter le risque de mortalité lors de la sortie du gîte. Le type de gîte retenu devra être adapté aux espèces de chiroptères à privilégier dans la zone concernée.

Exemple de gîte artificiel, fermé et ouvert (source : www.schwelger.be)

Exemple de gîte artificiel plat (source : www.schwelger.be)

Coût :

- Installation des palissades : 325 € / m² (prix moyen).
- Gîte à chiroptères : de 30 à 150 € l'unité en fonction des modèles

d) R16 – Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares

Les réseaux ferrés jouent un rôle majeur dans l'accessibilité régionale. Ils ne peuvent cependant couvrir l'ensemble du territoire et, dès lors que l'on s'éloigne de Paris, les utilisateurs sont conduits, en raison de leur éloignement des gares, à recourir à d'autres modes de transport pour accéder aux gares.

Dans 80% des cas, on se rend à pied aux gares et aux stations de métro ou de tram. Lorsqu'on ne se rend pas à pied à la gare, on utilisera essentiellement voiture ou autobus en fonction de leur commodité respective d'usage c'est à dire de l'existence de facilités de stationnement et de lignes d'autobus aux tracés et aux horaires adaptés. Le rabattement en 2 roues reste extrêmement faible : 0,2 % en vélo en petite couronne et 0,6 % en vélo en grande couronne. Quant à l'usage des motos, cyclomoteurs et scooters, il est négligeable.

Les distances moyennes de rabattement en voiture sont relativement courtes (de l'ordre de 3 km) ce qui suggère un départ de la commune où se situe la gare ou d'une commune voisine. Elles sont légèrement plus longues lorsqu'on se déplace à partir de la grande couronne qu'en partant de la petite couronne (Source : http://www.stif.info/IMG/pdf/8.rabattement_rUseau_ferrU.pdf).

Aussi, au vu de ces éléments, la localisation des parcs relais (bus-métro et voiture-métro) ainsi que les routes d'accès à ces sites devront prendre en compte la présence de la forêt de Bondy à proximité de la gare de Clichy-Montfermeil et tenter de limiter les nuisances sonores et l'augmentation de la fréquentation imputable à la gare à proximité de ce site.

La fréquentation en mode doux (piéton et vélos) est également à prendre en compte au niveau des zones naturelles à enjeux. En effet, la traversée de zones implique un dérangement de la faune et/ou une dégradation des milieux si elle n'est pas canalisée. Les espaces naturels comme la forêt de Bondy ou la ZPS de Rambouillet sont susceptibles de subir une augmentation de la fréquentation, par la création de nouveaux itinéraires pour rejoindre les gares de la ligne. Il conviendra alors de créer des aménagements discrets dans le but de canaliser la fréquentation comme une matérialisation végétale des chemins (haies plantées d'espèces locales et adaptées) ou la pose de graviers ou copeaux de bois. L'avantage de la matérialisation est de canaliser les promeneurs sur le sentier choisi, ce qui permet d'éviter la création intempestive de

faux-sentiers. Des panneaux informatifs peuvent être également implantés, pour dissuader le piétinement et autres dégradations ainsi que pour sensibiliser aux richesses écologiques présentes.

Coût :

- Chemin piétonnier stabilisé (graviers calcaires concassés) : 25 à 50 € par mètre linéaire
- Haie buissonnante : 8 à 30 € par mètre linéaire

e) R17 – Prendre en compte l'augmentation de fréquentation de certains axes routiers

La création du métro automatique et de ses gares va entrainer un changement de trafic sur certains axes routiers. Certains de ces axes peuvent être traversés à certaines périodes de l'année par différentes espèces de faune, et notamment les Hérissons et les amphibiens. En cas d'augmentation de trafic sur certains axes situés sur des axes de migration, des mesures devront être prises, même si ces zones se situent en dehors du fuseau d'étude. En fonction des enjeux, plusieurs méthodes peuvent être mises en place :

- Crapauducs,
- Clôtures-pièges, avec capture et déplacement des individus,
- Déviation temporaire des flux routiers sur d'autres axes.

Coût :

- Suivi écologique : environ 700 € / journée d'expertise, à déterminer en fonction des enjeux
- Crapauducs : 200 à 300 € le mètre linéaire (buse avec collecteurs)
- Clôtures-pièges : Barrière-piège : 500 € / 100m pour une hauteur de 50 cm (source : Valliance)
- Déviation temporaire : à estimer en fonction de l'importance de l'axe

f) R18 – Eviter le dérangement de la faune

Sur les portions terrestres du tracé, et notamment au niveau du tronçon 2 « Orly-Versailles », la ligne longe ou traverse des milieux naturels sensibles. On trouve en particulier au sud immédiat de la ligne, la ZPS de Rambouillet. Cet ensemble de massifs boisés abrite de nombreux oiseaux patrimoniaux. La proximité immédiate de la ligne de métro automatique va créer un dérangement par le bruit. Afin d'éviter le dérangement de la faune dans les zones sensibles, et plus particulièrement les oiseaux ainsi que les mammifères, des murs antibruit peuvent être mis en place lorsque que la ligne se trouve à proximité de zones à enjeux.

Coût :

- Murs antibruit : de 250 à 600 € par m² en fonction du type d'écran

g) R19 – Eviter le désherbage chimique des portions de voies ferrées terrestres

Au niveau des tronçons aériens et surtout terrestres, la végétation est susceptible de se développer sur le ballast. Pour des raisons de sécurité, ces plantes doivent être détruites. Les techniques habituelles de désherbage sont d'ordre chimique sur les voies de chemin de fer. Or, cette pratique, lorsque les eaux pluviales tombant sur la voie ne sont pas traitées, est préjudiciable aux milieux naturels adjacents, et particulièrement aux milieux humides. En conséquence, et principalement aux abords des zones naturelles, bien que la technique soit reproductible sur l'ensemble du tracé, le désherbage devra être effectué de manière thermique ou mécanique et l'emploi de produits phytosanitaires devra être évité.

Les barrières physiques, empêchant la pousse de plantes sur les voies, semblent aujourd'hui les plus respectueuses de l'environnement, puisque moins couteuses en énergie que les méthodes thermique et mécanique et non toxiques, contrairement aux phytosanitaires.

Plusieurs techniques physiques peuvent être employées et sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6.3-2 : Exemple de techniques physiques pouvant être utilisée pour éviter la colonisation des voies par la végétation

Technique	*Détail*	*Coût estimatif par mètre linéaire*
Rugleï	Construction d'un système couplant de protection contre la végétation (cannes de Provence) et maintien du talus	450 € / ml
Géotextile	Fixation de géomembranes recouvertes de 8 cm de graves (matériaux inertes concassés) sur environ 1 mètre de large	90 € / ml
Nattes anti-végétation Membrane élastomère aggloméré de 10 mm d'épaisseur, largeur 1,25 m, longueur du rouleau environ 10 m	Fixation de nattes anti-végétation sur les pistes &, 25 m de large) recouvertes de matériau concassé sur environ 5 cm pour pérenniser les nattes	45 € /ml
Plast Sol Membrane bitumée en polyester, anti-racine et hydrophobes recouvertes de granulats de schiste – garantie 20 ans contre les UV – épaisseur 4,5 mm, largeur 0,90 m, longueur 10 m environ	Pose de membrane « Plast Sol » autoprotégées, recouvertes d'un granulat de schiste résistant au UV (environ 1,5 m de large)	35 € / ml

Source : RFF, 2012 : Objectif zéro pesticide

Ces techniques sont actuellement testées par RFF dans la région Languedoc-Roussillon, sur des linéaires traversant des zones à forts enjeux écologiques.

La maîtrise physique de la végétation sur les voies en portion aérienne doit être intégrée dès la conception du projet.

h) R20 – Remise en état du sol

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 devra être effectuée dans ce respect. Suite aux préconisations données pour la phase travaux, la terre végétale a été stockées à part et n'a pas subi de piétinement. Elle devra être mise en place après les différents horizons et ne pas subir de piétinement ou de dégradation supplémentaires de la part des engins de chantier. En fonction des spécificités locales, on laissera la végétation coloniser les nouveaux sols ou un ensemencement à partir d'essences locales pourra être effectué pour éviter la prolifération de plantes invasives.

Cette mesure est à intégrer au programme de travaux.

Coût :

- Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m^3
- Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m^3

i) S02 – Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux

Après la fin des travaux, un suivi écologique devra être effectué sur les zones à enjeux identifiés tout au long du fuseau d'étude. Ce suivi, mis en place sur plusieurs années et en fonction des enjeux écologiques identifiés, aura pour but de vérifier la bonne conservation des conditions stationnelles des zones écologiques à enjeux. Il comprendra notamment un suivi floristique et faunistique. Les zones humides et les plans d'eau feront l'objet d'une attention particulièrement, notamment sur leur niveau en eau (suivi piézométrique et/ou hauteur de lame d'eau).

En cas de modification de conditions stationnelles constatées, des mesures spécifiques et adaptées devront être mise en place.

Coût indicatif pour 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

Ces estimations sont à adapter en fonction des enjeux des sites concernés.

Coût du suivi hydraulique et hydrogéologique :

- 1 passage pour relevé chaque mois : 700 € / jour

6.3.2 Synthèse des mesures proposées

Tableau 6.3-3 : Synthèse des mesures d'évitement et de réduction proposées (phase travaux et phase exploitation)

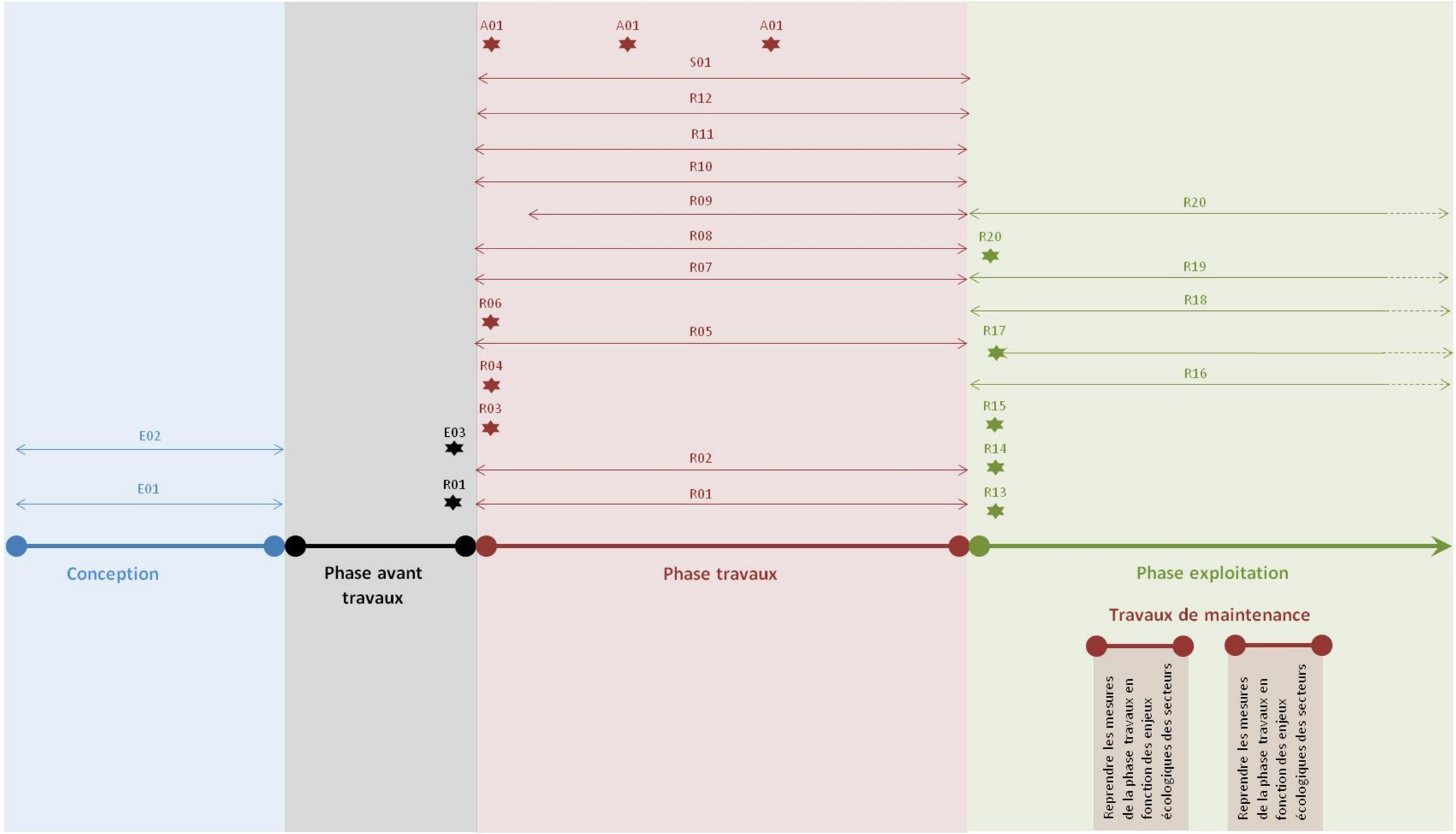
Numéro	Intitulé	Coût de la mesure et commentaires
Mesures d'évitement		
E01	Adapter la conception du projet aux enjeux écologiques	A intégrer dans le programme de conception Coût de la mesure égal à la différence entre le programme intégrant la mesure et programme initial
E02	Eviter les rabattements de nappe ou les adapter pour qu'ils n'aient aucune incidence	A intégrer dans le programme de conception Coût de la mesure égal à la différence entre le programme intégrant la mesure et programme initial
E03	Ne pas implanter de base chantier, d'ouvrages annexes ou toutes implantations temporaires ou permanentes dans les secteurs identifiés à enjeux écologiques à ce stade	Non quantifiable, à intégrer au programme de travaux
Mesures en phase travaux		
R01	Limitation de l'emprise du chantier – Préservation des zones connexes	<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 - 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
R02	Adapter le calendrier des travaux en fonction des contraintes biologiques	Pas de coût associé. Etape intégrée à la mission du maître d'œuvre lors de la planification du chantier
R03	Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels	- 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
R04	Favoriser le passage sécurisé de la faune	<u>Coût amphibiens :</u> - Barrière-piège : 500 € / 100m pour une hauteur de 50 cm (source : Valliance) - Déplacement des amphibiens : à intégrer au programme travaux <u>Exemple de coûts pour ponts amovibles :</u> - pont amovible en Polyéthylène Haute Densité : 1500 € + 700 € de montage - rampe métallique : 9000 € + 700 € de montage
R05	Ne pas modifier l'alimentation en eau des secteurs à enjeux	Chaque zone amenée à subir un rabattement de nappe devra faire l'objet d'une étude hydrogéologique approfondie, en prenant en compte les enjeux écologiques, proches ou lointains, susceptibles d'être en relation hydrogéologique avec la dite zone.
R06	Réaliser des caches de substitution pour la petite faune	Gîtes à Hérisson : de 80 à 140 euros l'unité Plaque à reptiles : 5€ / m²

Numéro	Intitulé	Coût de la mesure et commentaires
R07	Maintenir et/ou reconstituer les berges des cours d'eau	Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3 Reconstitution de la ripisylve : 8 euros le m²
R08	Eviter la prolifération d'espèces invasives / favoriser la réimplantation d'espèces indigènes locales	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
R09	Gestion et traitement des déblais	cf. « Etude des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris »
R10	A proximité des zones à enjeux écologiques, 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.
R11	Aux abords des sites à enjeux écologiques, limiter les perturbations sonores	Non quantifiable, à intégrer au programme et au cahier des charges des travaux
R12	Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	Non quantifiable, à intégrer dans le cahier des charges des entreprises de travaux et au programme de travaux.
SO1	Suivi écologique du chantier	<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 <u>Coût indicatif pour le suivi d'une zone à enjeux écologiques de 30 ha :</u> - 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
A01	Formation obligatoire du personnel de chantier	A intégrer à la mission du Coordinateur environnemental
Mesures en phase exploitation		
R13	Limiter l'éclairage et choisir un éclairage adapté	A intégrer dès le programme de conception du projet
R14	Eviter l'enclavement de territoire et la coupure d'axes de déplacement pour la faune	Ecuroduc : Cordage (installation minimum) : 25 à 50 € les 50 mètres
R15	Limiter le risque de collision des trains avec la faune	Haie arborée : 15 à 40 € par mètre linéaire Haie buissonnante : 8 à 30 € par mètre linéaire Gîte à chiroptères : de 30 à 150 € l'unité en fonction des modèles Installation des palissades : 325 € / m² (prix moyen)
R16	Canaliser la fréquentation dans les zones à enjeux à proximité des gares	Chemin piétonnier stabilisé (graviers calcaires concassés) : 25 à 50 € par mètre linéaire Haie buissonnante : 8 à 30 € par mètre linéaire
R17	Prendre en compte l'augmentation de fréquentation de certains axes routiers	Suivi écologique : environ 700 € / journée d'expertise, à déterminer en fonction des enjeux Crapauducs : 200 à 300 € le mètre linéaire (buse avec collecteurs) Clôtures-pièges : Barrière-piège : 500 € / 100m pour une hauteur de 50 cm Déviation temporaire : à estimer en fonction de l'importance de l'axe

Numéro	Intitulé	Coût de la mesure et commentaires
R18	Eviter le dérangement de la faune	Murs antibruit : de 250 à 600 € par m² en fonction du type d'écran
R19	Eviter le désherbage chimique des portions de voies ferrées terrestres	Technique Rugleï® : 450 € / ml Technique géotextile : 90 € / ml Technique Nattes anti-végétation : 45 € /ml Technique Plast Sol : 35 € / ml
R20	Remise en état du sol	Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m^3 Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m^3
S02	Suivi écologique et hydraulique des sites à enjeux	<u>Coût indicatif pour une zone à enjeux écologiques de 30 ha :</u> - 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 <u>Coût du suivi hydraulique et hydrogéologique :</u> 1 passage pour relevé chaque mois : 700 € / jour

6.3.3 Calendrier de principe de mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction

Calendrier de principe de mise en place des mesures d'évitement, de réduction, d'accompagnement et de suivi



6.3.4 Impacts résiduels

Tableau 6.3-4 : Types d'impacts potentiels identifiés à ce stade du projet (avant l'application de mesures)

Thématique	*Eléments du projet*	*Impacts possibles*	*Détails*	*Niveau d'impact*	*Mesures*	*Impacts résiduels*
Avant le démarrage de la phase travaux						
Etude techniques complémentaires	Le projet nécessite des sondages géotechniques et potentiellement des fouilles archéologiques	Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Destruction des habitats et habitats d'espèces (Fouilles archéologiques)	Suivant les enjeux identifiés, des fouilles archéologiques peuvent être entreprises, qui peuvent avoir un impact négatif sur les milieux naturels. Des sondages sont nécessaires afin de s'assurer de la nature du sol notamment. Ces sondages sont localisés.	Faible (dans la plupart des cas) à fort, suivant la localisation des fouilles/sondages par rapport aux enjeux identifiés	E03 R01	Faible
Impacts d'emprise de l'aménagement						
Infrastructure	Gares Ouvrages annexes : puits aération, accès secours Centre de maintenance (SMI/SMR) Portions aériennes Portions terrestres	Destruction d'habitats naturels Destruction d'individus Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales Enclavement de territoire Coupure d'axes de déplacement	Il s'agit de l'effet d'emprise lié à l'implantation de l'infrastructure. Cet effet est limité aux ouvrages annexes, aux centres de maintenance et aux portions aériennes et terrestres de voie.	Faible dans les zones urbaines **à** **Fort dans les zones à enjeux** (ZPS de Rambouillet par exemple)	R01	Emprise significative sur ou à proximité de zones à enjeux (ZPS Rambouillet, plateau de Saclay, forêt de Bondy)
Impacts en phase travaux						
Modalités de construction des gares	Tunnelier	Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces	Cette technique ne nécessite a priori pas de rabattement de nappe. Cependant, compte tenu du contexte (nappe phréatique, traversée de la Seine et de la Marne), il y a un risque non négligeable de pollution des habitats aquatiques et donc de dégradation des habitats des espèces fréquentant ces milieux.	Moyen Impact sur les eaux souterraines et de surface potentiellement non négligeable compte tenu du contexte	R05 R12	Faible à moyen Les travaux du métro du Grand Paris vont s'étaler dans le temps et être potentiellement être concomitants.
	Tranchée couverte	Dérangement de la faune Fragmentation de l'habitat de reproduction Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / favorisation d'espèces végétales invasives Coupure des axes de déplacement	la tranchée couverte est une technique employée pour construire un tunnel peu profond. Elle consiste à creuser 2 tranchées parallèles délimitant la section du tunnel, à couler des parois en béton (soutènement) et à ôter les masses de terre afin de réaliser le tunnel. Une fois réalisé, le tunnel est ensuite recouvert. Cette technique peut nécessiter des rabattements de nappe potentiellement importants compte tenu de la durée du chantier et de la profondeur de certaines gares.	Fort Risque de Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines au-delà du fuseau d'étude	E02 R03 R05	Modification possible de l'alimentation en eau de certains secteurs Etudes complémentaires nécessaires

Thématique	*Eléments du projet*	*Impacts possibles*	*Détails*	*Niveau d'impact*	*Mesures*	*Impacts résiduels*
	Gare aérienne ou terrestre	Dérangement de la faune Fragmentation de l'habitat de reproduction Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / favorisation d'espèces végétales invasives Coupure des axes de déplacement	Les portions aériennes ou terrestres impliquent des bases chantier et des zones d'aménagement en surface. Ceci implique donc un impact par emprise, une fragmentation des habitats naturels et d'espèces ainsi que des risques de pollutions, de modification de l'écoulement des eaux météoriques, …	Moyen Impact par emprise et par fragmentation de l'habitat notamment	R03 R05	Impact temporaire
	Puits d'accès du tunnelier	Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Destruction des habitats et habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	L'utilisation d'un tunnelier nécessitera des puits d'accès pour ce dernier, dont la localisation reste encore à déterminer.	Moyen à Fort Impact dépendant de la localisation des puits	R01 R02 R03	Impact dépendant de la localisation des puits
Modalités de construction de la voie	Tunnelier	Dégradation des habitats et des habitats d'espèces Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces	Le risque principal lié à l'emploi de cette technique est le risque de pollution.	Moyen	R03 R12	Faible
	Tranchée couverte	Dérangement de la faune Fragmentation de l'habitat de reproduction Pollutions diverses des habitats et des habitats d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / favorisation d'espèces végétales invasives Coupure des axes de déplacement	Cf. description ci-dessus Cette technique peut nécessiter des rabattements de nappe et générer des dérangements, compte tenu de l'ampleur du chantier.	Fort Risque de Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines au-delà du fuseau d'étude Risque dépendant de la section de tronçons concernés	E02 R04 R05	Impact par emprise importante et par modification du réseau hydraulique (rabattement obligatoire de nappe)
	Voie terrestre ou aérienne	Dérangement de la faune Fragmentation de l'habitat de reproduction Pollutions diverses des habitats et des habitats	Les portions aériennes ou terrestres impliquent des bases chantier et des zones d'aménagement en surface. Ceci implique donc un impact par emprise, une fragmentation des habitats naturels et d'espèces ainsi que des risques de pollutions,	Fort Impact par emprise et par fragmentation de l'habitat notamment	R04 R05 R06	Potentiellement significatif au niveau de certains secteurs à enjeux (ZPS Rambouillet, forêt de Bondy,

Thématique	*Eléments du projet*	*Impacts possibles*	*Détails*	*Niveau d'impact*	*Mesures*	*Impacts résiduels*
		d'espèces Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines Diffusion / favorisation d'espèces végétales invasives Coupure des axes de déplacement	de modification de l'écoulement des eaux météoriques, …			plateau de Saclay)
Impacts en phase exploitation						
Infrastructure	Gare	Dérangement en phase opérationnelle Destruction d'individus Dégradation des habitats en phase exploitation Pollution accidentelle ou pollution diffuse Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Il s'agit du risque d'augmenter la fréquentation des milieux naturels suite à l'arrivée du métro et donc potentiellement le dérangement. L'augmentation de la circulation routière sur certains axes est également prévisible et pourrait conduire à une augmentation de la mortalité des amphibiens, petits mammifères, etc.	Faible dans les zones urbaines Potentiellement Fort au niveau des zones naturelles à enjeux (mares de la Butte verte, forêt de Bondy, ZPS Rambouillet …)	R13	Si respect strict des mesures, potentiellement faible
	Tunnel	Pollution accidentelle ou pollution diffuse Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Pour les modifications du réseau hydrologique, il s'agit du risque de modifier de manière durable les écoulements souterrains. Ce risque dépendant du mode de construction tunnel et des gares (nécessité ou non de rabattre la nappe) et de la durée et de l'ampleur des rabattements éventuels.	Le risque de pollution est non négligeable en phase exploitation même si c'est la phase chantier qui reste la plus sensible sur ce point.	R14 R15 R16 R17 R18	Faible à moyen A confirmer par l'étude hydrogéologique
	Portions terrestres Portions aériennes	Dérangement en phase opérationnelle Destruction d'individus Coupure d'axes de déplacement Dégradation des habitats en phase exploitation Pollution accidentelle ou pollution diffuse Modification des conditions hydrologiques de surface ou souterraines	Il s'agit du bruit et des vibrations causés par le passage des trains aux abords des milieux naturels. La coupure d'axes de déplacement induit également un risque de collision avec la faune.	Faible dans les zones urbaines Fort aux abords des zones à enjeux, notamment la ZPS de Rambouillet, la forêt de Bondy…	R19 R20	Faible

La plupart des impacts identifiés seront considérablement réduits par la mise en place des mesures décrites plus haut. Il reste cependant des impacts résiduels significatifs. Ils sont dépendants des méthodes de construction. Dans le strict respect des mesures citées, la construction par tunnelier est celle qui est la moins impactante pour la faune et la flore. En revanche, les techniques par voie terrestre ou aérienne ont un impact par emprise qui reste non négligeable sur les milieux à enjeux, comme la forêt de Port Royal, le plateau de Saclay, la forêt de Bondy. La méthode des tranchées couvertes est, quant à elle, la plus impactante sur l'alimentation en eau de certains secteurs. De nombreuses zones humides et des milieux aquatiques pourraient être très impactés par cette méthode. Dans le strict respect des mesures citées, la phase exploitation n'aura qu'un impact faible sur les milieux naturels.

6.3.5 Mesures compensatoires à envisager

Au stade de l'étude d'impact global et du niveau de définitions du projet et des impacts, il est difficile de proposer avec précision les mesures compensatoires qui seront à entreprendre. L'objectif ici est donc d'établir une première liste, qui sera complétée et précisée dans les études d'impact tronçon du métro automatique.

Dans la mesure du possible, la compensation devra être effectuée au plus près des impacts résiduels identifiés, et si possible au sein des tronçons concernés par l'impact. En cas d'impossibilité, ces mesures devront être effectuées dans l'emprise de l'aire d'étude, et dans le scénario le moins favorable, au sein de la région Ile-de-France.

a) MC01 : Acquisition et/ou rétrocession d'espaces périphériques pour la mise en place d'une gestion conservatoire

Le projet pourra entrainer la destruction d'habitat d'espèces d'avifaune nicheuse remarquables, de zones de chasse pour un certain nombre d'espèces de chiroptères et d'habitats de vie pour certaines espèces d'insectes. La localisation et la superficie de ces espaces seront précisées dans les études d'impact tronçon.

En fonction du type et de la valeur patrimoniale des espèces et de habitats impactés, des attendus des documents cadre (SDAGE, SAGE), des services instructeurs et de l'autorité environnementales, des ratios de surfaces de compensation seront proposés. Ils varient de 1 à 10 selon les espèces et habitats concernés.

A titre d'exemple, les ratios de compensation des boisements et des zones humides :

- l'article L. 311-4 du code forestier impose un **coefficient multiplicateur de 2 à 5 fois** la surface de boisement impactée,
- le SDAGE Seine Normandie impose de compenser la perte de zone humide en priorité dans le bassin versant impacté et en ultime solution à une échelle plus large. Les surfaces compensées doivent être **au minimum égales à 1,5 fois la surface impactée**.

Acquisition et/ou rétrocession de terrain à un organisme gestionnaire

La mesure propose une compensation de cet impact en assurant durablement la préservation d'espaces favorables à ces cortèges ou espèces sur un territoire proche (et qui restera à déterminer) dont la physionomie devra être similaire à celle des milieux détruits. Il conviendra également de choisir un secteur donc la vocation de compensation écologique sera affirmée de façon pérenne (choix du secteur en dehors de futures zones d'aménagement, secteur non inclus dans les zones à urbaniser dans les documents d'urbanisme). La localisation et la superficie de la surface de compensation restent à définir. Elle sera précisée dans les dossiers de dérogation pour la destruction d'espèces protégées.

Le secteur de compensation concernera :

- soit un terrain à acquérir par la Société du Grand Paris ;
- soit un terrain d'ores et déjà propriété de la Société du Grand Paris.

Convention de gestion

Pour ce faire, une convention de gestion sera établie avec l'organisme gestionnaire, qui offrira toutes les garanties pour mener à bien une gestion optimale et à long terme de cet espace. Avant toute action sur le terrain, l'organisme en charge de la gestion du site de compensation établira au préalable un plan de gestion pluriannuel du terrain. Ce document de planification constituera le tableau de bord du site. Basé sur un état initial complet du site, il fixera les objectifs à court, moyen et long terme et définira les mesures de gestion adaptées pour les atteindre. Un programme de gestion, qui identifie les moyens et besoins financiers des actions envisagés, sera établi sur une durée de cinq ou dix ans.

La gestion qui sera menée sur le site sera financée par la Société du Grand Paris sur les 15 années après l'établissement du plan de gestion.

Principes généraux de gestion

Les modalités précises de gestion seront définies dans le cadre du plan gestion qui devra être réalisé dès l'acquisition. Les opérations suivantes pourront notamment être mises en place :

- maintien des zones ouvertes par débroussaillage sélectif de surfaces de pelouses et de friches en cours de colonisation ligneuse ;
- maintien et entretien des fourrés arbustifs ;
- lutte contre les espèces invasives (Renouée du Japon, Ailante, Robinier…)…

b) MC02 : Compenser les déboisements envisagés

Note : Pour les personnes morales mentionnées à l'article L.111-1 du Code Forestier et notamment les établissements publics ou les établissements d'utilité publique, ou sur lesquels ces collectivités et personnes morales ont des droits de propriété indivis, **le défrichement est soumis à autorisation quelle que soit la surface des bois à défricher**.

Les mesures compensatoires proposées dans le dossier de défrichement pourront être couplées avec les mesures compensatoires faune/flore pour le volet déboisement.

Sur les boisements devant faire l'objet de défrichement, le code forestier, dans son article L. 311-4, précise que des travaux de défrichements peuvent être autorisés si ceux-ci sont compensés par des reboisements. Il apparaît à cette occasion une notion de ratio de remplacement. Ainsi il est dit : « L'autorité administrative peut subordonner son autorisation au respect d'une ou plusieurs des conditions suivantes : […]. 2º L'exécution de travaux de reboisement sur les terrains en cause ou de boisement ou reboisement sur d'autres terrains, pour une surface correspondant à la surface défrichée, assortie le cas échéant d'un **coefficient multiplicateur compris entre 2 et 5**, **déterminé en fonction du rôle écologique ou social des bois visés par le défrichement**. Le cas échéant, le représentant de l'Etat dans le département pourra imposer que le boisement compensateur soit réalisé dans la même région forestière ou dans un secteur écologiquement ou socialement comparable […]. »

Pour la petite couronne, le service instructeur est la DRIAAF Ile-de-France. Une demande écrite devra être formalisée pour confirmer les surfaces boisées soumises à dossier de défrichement, c'est-à-dire les surfaces boisées impactées et faisant partie d'une entité forestière définie par la DRIAAF selon plusieurs critères : couverture arborée, nombre de semis à l'hectare, continuité forestière de moins de 30 m entre chaque boisement…

Pour la Grande couronne, les services compétents sont les DDT.

En ce qui concerne la compensation des surfaces impactées, plusieurs pistes sont actuellement à l'étude :

- Le reboisement de terrains à l'intérieur de la zone d'étude sur proposition du Maître d'ouvrage,
- L'acquisition de parcelles boisées : une des pistes est l'acquisition de parcelles en bordure de forêt domaniale.

Coût :

- Reboisement : 4000 à 5000 € / ha

c) MC03 : Etablir et financer un protocole de prélèvements en cas de destruction d'espèces végétales protégées et /ou remarquables

Il convient de signaler que le déplacement des espèces végétales doit se faire en dernier recours car le succès de transplantation est aléatoire. L'établissement de protocole de transplantation doit constituer le recours ultime.

Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. Ces protocoles devront faire l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche, suivant les espèces considérées et être complétés par d'autres actions au titre de la compensation (confortation d'une population de l'espèce transplantée, travaux de restauration…), qui reste à définir. **Les mesures de compensation associées à cette transplantation sont généralement couteuses et lourdes à mettre en place.**

D'après les données fournies par le Conservatoire Botanique (CBNBP), plusieurs espèces protégées sont présentes dans le fuseau d'étude, voir dans le secteur d'implantation de gares. Une première analyse permet d'établir une liste des espèces végétales protégées potentiellement concernées par ce projet : l'Etoile d'eau (*Damasonium alisma*) au niveau du quartier de l'école de Polytechnique, la Gagée des Champs (*Gagea villosa*)au niveau du Parc de Saint-Cloud, la Tulipe sauvage (*Tulipa sylvestris*)au niveau de l'Ile de Monsieur, la Cardamine impatiente (*Cardamine impatiens*) au niveau des berges de Seine ou encore l'Alisier de Fontainebleau (*Sorbus latifolia*) au niveau de Montguichet.

Les prospections de terrain prévues au printemps 2012 permettront d'actualiser et de compléter la liste d'espèces végétales protégées et/ou patrimoniales potentiellement détruites par le projet. Cette mesure sera donc développée dans les études d'impact des tronçons concernées, si cela s'avère nécessaire.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou en améliorer un. A titre d'exemple, quelques milieux types sont listés ci après :

- Pour la Falcaire commune (tronçon 0) : friche calcaire
- Pour la Gagée des champs (tronçon 4) : zone agricole en culture extensive
- Pour l'Etoile d'eau (tronçon 2) : mares/mouillères temporaires

La méthode de prélèvement dépend des caractéristiques de l'espèce :

- Pour les annuelles : prélever les graines puis semis
- Pour les bulbes : prélever les bulbes

Cette mesure doit être anticipée par rapport au calendrier des travaux afin de la transplantation soit effectuée au minimum deux ans avant la destruction du milieu d'accueil de l'espèce concernée. Le protocole de transplantation devra être conçu de telle sorte que les principaux moyens déployés pour la transplantation le soient la première année. Une deuxième vague de transplantation pourra être prévu l'année suivante, en fonction des résultats de la première transplantation.

Coût :

Les protocoles de transplantation peuvent être plu ou moins complexe, suivant s'il s'agit d'une transplantation pour conforter une population, ou d'une recréation de milieux. Ces protocoles peuvent s'avérer coûteux

d) MC04 : Rétablir des continuités écologiques

A titre de compensation de rupture de continuités entre différents espaces, le Maître d'ouvrage pourra envisager la recréation de continuités écologiques.

Ce type de mesure, fidèle à l'esprit et à la philosophie du SRCE, pourra intégrer, dans la mesure du possible et suivant le secteur concerné, des recommandations formulées dans le cadre de la déclinaison du SRCE, actuellement en cours.

A ce stade, au moins deux secteurs ont été identifiés :

- Le plateau de Saclay, avec le maintien d'un réseau local et fonctionnel de mares et mouillères,
- Les mares de la Butte verte : un crapauduc pourrait être envisagé soit sous le Boulevard Richardet, si le risque de collision accrue était confirmé, soit sous la nationale pour augmenter les surfaces d'habitats terrestres du Triton crêté.

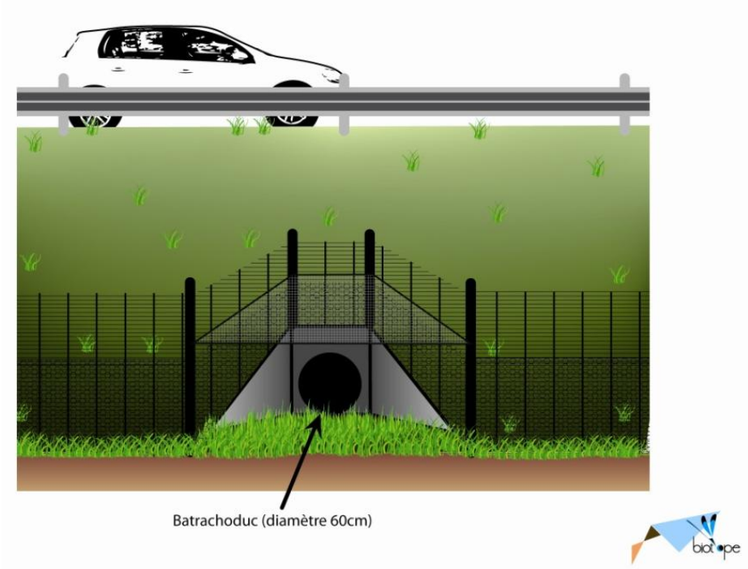


Figure 6.3-16 : Exemple de crapauduc (buse simple) (source : © Biotope)

Cette mesure nécessitera des études de faisabilité pour localiser précisément le passage à faune et s'assurer de sa fonctionnalité, ainsi que des concertations avec les acteurs et les services concernés.

Coût :

- Crapauduc : 200 à 300 € / ml

e) MC05 : Créer des mares et/ou des mouillères

Concernant les amphibiens, certains habitats aquatiques et habitats terrestres vont probablement être séparés, soit par l'infrastructure en elle-même soit par des ouvrages annexes et / ou des gares.

Pour les plantes patrimoniales impactées et notamment l'Etoile d'eau (*Damasonium alisma*), certaines stations seront probablement affectées par le projet et il conviendrait de prévoir la création de milieux de substitution afin de conserver un réseau favorable à cette espèce et aux cortèges d'espèces de zones humides associées.

Afin de maintenir la fonctionnalité des milieux pour les amphibiens et limiter l'isolement de certains habitats, des mares devront être aménagées. Cette mesure doit être associée à l'installation de grillage de protection et de crapauduc, qui nécessite une identification précise des corridors de déplacement. La création de ces mares, associée ou non au déplacement d'individus suivant la nécessité, permettra de compenser la perte de milieux de reproduction, ou restaurer des fonctionnalités écologiques dans des secteurs où des milieux d'intérêt se trouvent isolés.

Principes

A noter que la localisation exacte des mares à recréer ne doit pas être trop proche de l'infrastructure afin de ne pas créer une pression sur les clôtures.

Ces mares ont pour objectif de fournir aux amphibiens des sites de reproduction et lieux de pontes adéquats en substitution des sites potentiellement détruits ou isolés par le projet. La disposition de ces mares doit répondre à différentes conditions pour leur bon fonctionnement :

- placement sur un axe de migration ;
- respect des caractéristiques techniques ;
- réalisation hivernale ou automnale pour que le site soit disponible au moment de la migration printanière.
- L'implantation d'une haie pourra permettre de connecter la mare aux boisements situés à proximité, et faciliter les flux d'individus vers cette mare de substitution. Cette haie sera constituée de strates arbustive et arborescente, et pourra bénéficier à d'autres espèces (micromammifères, oiseaux, insectes)

Positionnement

Le positionnement des mares sera conditionné par la nécessité d'une alimentation en eau qui permet le maintien d'une lame d'eau suffisante pour le développement des larves d'amphibiens lors de la période estivale.

De la même manière, les emplacements retenus tiendront compte de la végétation présente. L'ouverture du milieu et l'absence d'arbres sur une partie des berges permet un ensoleillement correct et évite le comblement trop rapide de la mare par les feuilles. Pour maintenir quelques zones d'ombre, certains arbres peuvent être conservés.

Pour la reconstitution des mares, la forme doit reposer sur le principe de l'intégration au terrain naturel. Les lignes droites seront évitées pour donner à l'excavation une forme ronde et digitée de la mare. La profondeur des mares n'excèdera pas 1 mètre en son centre, pour une profondeur moyenne de 50 cm. Cette règle implique des pentes douces, inférieures à 45° mais proches de 20 %. Seul un petit linéaire du contour présentera des berges abruptes (favorisant ainsi certaines espèces de batraciens et d'insectes).

Pour l'aménagement de berges, l'implantation d'une végétation adaptée aux zones humides pourra être réalisée. Il s'agira de planter des Joncs, carex et sur certaines portion des Saules et Aulnes. Cela permettra d'accélérer la colonisation des rives et berges par une végétation caractéristique.

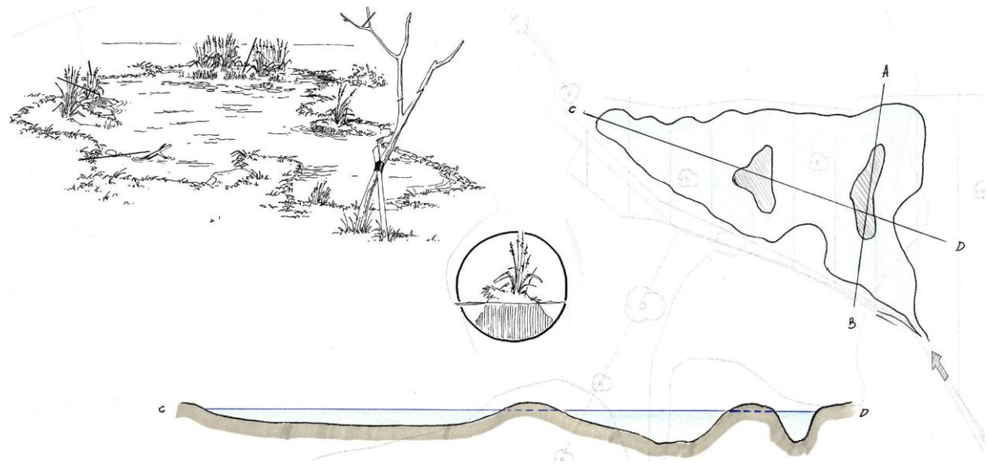


Figure 6.3-17 : Exemple de mare de substitution – Mare de Cubrial sur la LGV Rhin Rhône Branche Est (à gauche – photo Scetauroute février 2006)

Dans certains cas, le maintien de l'eau pourrait nécessiter la mise en place d'un revêtement imperméable sur le fond des mares. De l'argile trouvée sur place pourra jouer ce rôle. Cependant, si l'alimentation est suffisante et le substrat suffisamment perméable, cela n'est pas nécessaire. Une vérification de la nature du sol superficiel sur les profils géotechniques peut apporter des éléments de réponse.

Phasage des travaux

Les mares devront être réalisées en automne ou au début de l'hiver pour permettre aux amphibiens de trouver un milieu propice à la ponte dès l'arrivée du printemps, au moment de la migration pré-nuptiale. Ce phasage limitera en outre l'impact sur d'autres espèces. Ces points sont précisés dans la partie VII.3.6 : Calendrier de mise en place des mesures compensatoires.

Entretien

En phase exploitation, ces mares pourront bénéficier d'un entretien, seulement si la végétation s'avère envahissante et accélère le comblement de la mare. D'une manière générale, l'entretien comprendra :

- Un maintien de l'ouverture autour des mares par débroussaillage tardif (en automne),
- Un curage doux de la vase pour éviter l'atterrissement (tous les six ou sept ans, en automne,

pour maintenir la capacité de la mare),

- Une vérification de l'apport en eau et un entretien adéquat (curage du ruisseau, surcreusement d'un chenal).

Suivi

Ces mares feront l'objet d'un suivi qui consistera à dresser un état annuel des mares avec observation de la colonisation, comptage des pontes, des larves et des adultes. Une observation complémentaire en fin d'été permettra de constater la pérennité de l'eau et la réussite des pontes.

f) MC 06 : Restaurer les berges endommagées

La destruction ou la dégradation de berges remet en cause la continuité écologique de ces éléments. Par ailleurs, la modification des structures de berges peut modifier l'orientation et la force des courants, plus ou moins localement.

Les berges endommagées devront être reconstituées le plus fidèlement possible, en termes de profils, et revégétaliser uniquement avec les conseils d'un écologue.

Ce traitement consistera notamment en un reprofilage varié des berges, avec plantations de plantes hygrophiles en surface et d'hélophytes en immersion. Les berges pourront être consolidées si besoin avec des canisses en bois non traités.

Coût :

Remodelage, talutage : 4 à 6 € par m^3

Reconstitution de la ripisylve : 8 € le m²

Plantation d'hygrophiles : 8€/m²

Plantation d'hélophytes : 10€/m²

Mise en prairie : 2€/m²

6.3.6 Calendrier de mise en place des mesures de compensation envisagées à ce stade

6.3.6.1 Déplacement d'espèces végétales patrimoniales et / ou protégées

Quelque soit l'espèce végétale considérée, la recherche d'un milieu d'accueil des individus déplacés nécessitera des études floristiques et phytosociologiques complémentaires afin de s'assurer que le milieu sélectionné répond aux exigences écologiques des espèces considérées. L'idéal est bien entendu de conforter une station de l'espèce considérée et d'engager des actions de gestion écologique, d'acquisition foncière ou encore restauration de continuités écologiques entre plusieurs populations.

Tableau 6.3-5 : Calendrier de mise en place des déplacements d'espèces végétales protégées et/ou patrimoniales

Année X après obtention de la DUP	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9	N+10
Inventaires de terrain complémentaires (quantification des populations, délimitations précises…)											
Etablissement d'un protocole de transplantation en concertation avec le CBNBP											
Recherche de milieux de substitution											
Création de milieux de substitution											
Acquisition de parcelles (si possible)											
Prélèvements (graines, individus, bulbes…)											
Transplantation											
Suivi (première partie)											
Nouvelle transplantation											
Destruction du milieu accueillant l'espèce et impacté par le projet											

Il faut noter que le suivi s'étale au minimum sur 10 à 15 ans après la transplantation.

Ce planning est établi à titre indicatif et ne prend notamment pas en compte l'obtention des autorisations nécessaires à la destruction d'espèces protégées et/ou d'habitats d'espèces protégées et au déplacement d'espèces protégées.

Ce calendrier constitue une proposition et pourra évoluer en fonction des contraintes du projet et des engagements du Maître d'ouvrage ou à la suite de l'établissement du protocole de transplantation.

6.3.6.2 Création de milieux de substitution favorables aux amphibiens

Le déplacement d'espèces de leurs habitats pour un autre, même similaire en tout point, provoque chez les individus un traumatisme important, induisant dans de nombreux cas leur disparition à court terme.

Le cas des amphibiens est particulier à cause de leur biologie décomposée en 2 phases :

- phase d'hivernage dans un habitat forestier, dans une haie,…
- phase d'activité et de reproduction en milieu aquatique.

De ce fait, déplacer des populations d'amphibiens présentes dans une mare pour les placer dans une autre nécessite une étude précise des conditions de réalisation : nécessité d'avoir un site d'hivernage favorable à proximité du milieu d'accueil, analyse du peuplement présent dans le milieu d'accueil, etc.

Deux cas de figures sont envisageables :

- la création d'une mare de substitution à proximité de la mare impactée (cas n°1 dans le tableau VII.3.6-1), dans le cas où la problématique de l'acquisition du foncier est réglée rapidement ;
- la création de mares de substitution temporaires, dans l'attente de l'acquisition du foncier sur lequel la mare de substitution permanente sera créée : cette configuration nécessite la création de mares de transition ainsi qu'un laps de temps plus important pour permettre la colonisation de la mare de substitution finale (cas n°2 dans le tableau VII.3.6-1).

Dans les conditions idéales, un déplacement de population d'amphibiens se réalise sur au moins 3 ans.

Les contraintes techniques et administratives ne permettent pas de geler les travaux d'aménagement sur une durée de 3 ans. Afin de palier à ces contraintes, les actions en faveur des amphibiens seront lancés dès l'obtention de la DUP, et courant toute la phase d'aménagement foncier précédent notamment les travaux.

Le planning suivant est proposé à ce stade :

- Année 1 après DUP : acquisition de parcelles favorables ou signature de convention de gestion avec les agriculteurs et création des mares. Ce laps de temps reste toutefois assez court. Il est en effet probable que toutes les parcelles ne soient pas acquises ou en convention de gestion au terme de cette première année. Nous proposons donc, d'une part la création de mares définitives sur les parcelles favorables, d'autre part la création de mares « de transit » (sur ces mêmes parcelles) nécessaires à la réception des espèces qui seront à nouveau déplacées lorsque les dernières parcelles définitives seront acquises ou en convention de gestion.

- Année 2, 3 après DUP : attente (phase nécessaire à la constitution naturelle d'une mare favorable aux amphibiens)

- Année 4 après DUP (aménagement foncier finalisé) : déplacement des amphibiens et lancement des travaux. OBJECTIF OBLIGATOIRE AVANT TRAVAUX : transfert de toutes les populations d'amphibiens actuellement sur la zone des travaux, hors de cette zone.

- Année 5 à 10 après DUP : nouveau cycle qui aura pu être amorcé dès l'année 2 pour un nouveau transfert des populations en mare de transit vers des mares définitives.

Tableau 6.3-6 : Calendrier de mise en place des mares de substitution pour les amphibiens

Phases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										*Suivi pendant les 10 années suivantes*
Obtention de la DUP	Acquisition de parcelles, signature de convention de gestion, création de mares (dont mares de transit)	Laps de temps d'au moins 2 ans nécessaire à la constitution du milieu (végétalisation, stabilisation physico-chimique de l'eau, développement de la faune servant de nourriture…)		Déplacement des amphibiens et lancement des travaux	Eventuellement finalisation des déplacements	Acquisition de nouvelles parcelles, signature de nouvelles conventions de gestion et création de mares pour le transfert des populations des mares en transit		Attente nécessaire à la constitution du milieu (végétalisation, stabilisation physico-chimique de l'eau, développement de la faune servant de nourriture		Finalisation du transfert des populations des mares en transit vers les mares définitives
Cas n°1 : maîtrise du foncier sur le site d'implantation de la mare de substitution finale	Mare actuelle	Mare restant en place		Déplacement → Mare restant en place						
Cas n°2 : maîtrise différée du foncier sur le site d'implantation de la mare de substitution finale	Mare actuelle	Mare de transit		Déplacement → Mare de transit		Déplacement → Mare restant en place				

Phase 1 : Sélection de sites d'accueil favorables constitués de nombreux habitats terrestres et aquatiques favorables aux amphibiens. La création de nouvelles mares devra s'effectuer à proximité de mares existantes ou en renforcement du réseau, c'est-à-dire entre deux mares éloignées afin de créer une zone de transit. C'est en effet un moyen de faciliter la régénération des milieux (donc des cortèges pionniers) sans perturber des milieux évolués encore fonctionnels qui peuvent accueillir des cortèges différents, mais tout aussi intéressants. Ceci permettra de créer un réseau de mares, qui sera bénéfique à la survie des populations d'amphibiens en réalisant des connexions entre populations isolées.

Phase 2 : Création d'un milieu aquatique favorable aux espèces déplacées. Pour qu'un milieu nouvellement créé soit favorable aux amphibiens, 2 ans d'évolution sont nécessaires au minimum. En effet, ceci garantit la végétalisation des mares créées, la stabilisation de l'eau et des quantités de ressources alimentaires suffisantes. Ainsi les populations d'amphibiens capturées sur la zone de travaux pourront être déplacées vers ces nouveaux sites avec une efficacité maximale. L'accent doit être mis sur la création d'un milieu très favorable aux espèces déplacées. Un certain nombre d'entre elles seront végétalisées avec des plantes aquatiques de souches strictement locales (Renoncules aquatiques, Callitriches, Potamots, Scirpe flottant, etc.).

Pour une mare détruite, il est préconisé la création d'au minimum 1 mare de surface équivalente ou de 2 nouvelles mares de même surface en fonction des réseaux déjà existants. En effet, malgré le peu de retour d'expériences existant dans ce cadre, **il est recommandé la création de deux fois l'habitat perdu afin de réaliser un gain dans le cadre de la conservation d'amphibiens** (retour d'expérience notamment sur le Triton crêté) (source : English Nature, 2001). Il est à souligner, que l'encadrement d'un écologue tout au long des phases décrites ici permet une garantie de bonne réalisation (cf. mesure de suivi S01).

Les principales caractéristiques de ces nouvelles mares seront :

- surface de la mare comprise en 10 et 500 m² (pour une moyenne se situant aux environs de 30 m². Il est nécessaire de créer des mares de tailles variées afin d'accueillir des espèces variées.
- profondeur maximale variant entre 80 cm et 1 à 2 m afin d'éviter l'assèchement total de la mare.
- berges en pentes douces pour faciliter l'accès et surtout la sortie de la mare.
- Végétalisation arbustive et arborée des berges sur environ 1/3 de la mare et zone d'ensoleillement sur les 2/3 restant.
- Mise en place de zones refuges dans les 100 mètres aux alentours de la mare (andains, tas de bois lié à la coupe lors des travaux, petit bosquet, etc.)
- mares alimentées par des fossés (éviter les connexions avec les ruisseaux où des poissons pourraient vivre car ce sont des prédateurs importants d'amphibiens) intermittents ou par une nappe superficielle ou subaffleurante.

Ces mares seront systématiquement et uniquement créées dans une parcelle de prairie ou bien dans une zone forestière (des conventions devront permettre le maintien de ce type d'occupation du sol).
En cas d'utilisation de la mare comme abreuvoir, la zone d'accès pour les animaux domestiques devra être limitée à environ 1/3 du périmètre de la berge et devra être inférieure à la moitié de la surface de la mare. La zone d'accès pourra éventuellement être déplacée sur des cycles d'au moins 4 ans.

Phase 3 : Pose d'un système de capture des amphibiens autour du site condamné : on utilise généralement un système de filets associés à des seaux. Un suivi journalier est nécessaire et la période de capture s'étale de mi-février à mi-avril pour les espèces tardives.
Ce protocole doit être réalisé sur 2 ans pour s'assurer la capture de tous les individus notamment certains juvéniles qui peuvent rester dans la litière la première année.
Il est préférable de ne pas conserver les individus capturés dans des lieux de transit et le déplacement doit être effectué au plus vite.

Phase 4 : Déplacement des individus dans le milieu d'accueil.

Phase 5 : Suivi précis et régulier pendant 10 ans des populations déplacées (cf. protocoles de suivis).
En parallèle, la création d'habitats aquatiques peut s'accompagner de la création d'habitats terrestres en particulier des sites d'hivernage (boisements, haies…).

6.3.6.3 Synthèse du planning des mesures compensatoires envisagées à ce stade

Tableau 6.3-7 : Calendrier de synthèse des mesures de compensation proposées

Années après obtention de la DUP	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9	N10	N+11
MC 01 : Acquisition de terrains pour la gestion conservatoire												
MC 02 : Compenser les déboisements envisagés												
MC03 : Etablir et financer un protocole de prélèvements en cas de destruction d'espèces végétales protégées et /ou remarquables												
MC04 : Rétablir des continuités écologiques												
MC05 : Créer des mares et/ou des mouillères												
MC 06 : Restaurer les berges endommagées												

Pour les mesures MC01 et MC02, des garanties seront demandées au Maître d'ouvrage lors de la constituion de dossiers réglementairement nécessaires à l'obtention d'autorisation de travaux, notamment via les dossiers de demande de dérogation au régime des espèces protégées et d'autorisation de défrichement.

La mesure MC04 « Rétablir des continuités écologiques » s'étalera dans le temps, avec cependant plusieurs moments clés :

- Pendant les travaux, où des mesures de compensation des continuités écologiques impactées par les travaux seront mises en place,

- Après les travaux d'un tronçon, où des mesures de compensation des continuités impactées de manière permanente seront entreprises,

- Après la réalisation du Grand Paris Express, où la restauration de continuités écologiques au sein de l'aire d'étude sera entreprise.

Enfin, la mesure MC 06 « Restaurer les berges endommagées » ne pourra être entreprise qu'une fois les travaux terminés dans le secteur impacté. Un phasage de cette mesure devra être proposée en fonction du phasage du projet et des secteurs concernés.

6.3.7 Etudes complémentaires pour le volet milieu naturel

6.3.7.1 Etudes réglementaires

D'un point de vue réglementaire, plusieurs dossiers seront nécessaires :

- Dossier de dérogation au régime des espèces protégées, en cas de destruction d'espèces protégées ou d'habitats d'espèces : tous les tronçons sont potentiellement concernés à ce stade, la localisation des ouvrages annexes ou des installations temporaires (puits de tunnelier, base chantier…) n'étant pas connu. Seule laLa complexité du dossier variera d'un tronçon à l'autre, l'état initial ayant permis de mettre en évidence les tronçons à fort enjeu ;

- Dossier d'autorisation de défrichement : la consultation de la DRIAAF pour la petite couronne et des DDT concernées pour la Grande couronne sera nécessaire pour préciser les secteurs soumis à cette autorisation. La localisation et la surface des boisements à défricher permettront de préciser les surfaces à rechercher au titre de la compensation ;

- Etudes d'incidences Natura 2000 : des compléments aux études actuellement en cours seront nécessaires lors de la précision du projet. Certaines gares, et les techniques de construction choisies justifieront à elles seules, des études complémentaires.

6.3.7.2 Etudes complémentaires

En fonction de l'évolution du projet, des études complémentaires pourront être nécessaires pour :

- Développer certaines mesures préconisées dans ce dossier, notamment les mesures de compensation : étude de faisabilité pour la restauration de continuités écologiques… ;

- Réaliser des inventaires complémentaires : dans les études d'impact des différents tronçons, des prospections de terrain ont été réalisées afin d'évaluer les enjeux notamment. En fonction des données de terrain recueillies et des précisions du projet, des inventaires complémentaires localisés pourront être nécessaires.

6.4 Agriculture

6.4.1 Mesures d'évitement

6.4.1.1 E01 : Limiter l'emprise sur les terres agricoles et les effets de coupure

Tout comme les enjeux faune-flore, les enjeux en termes d'emprise sur des terres agricoles ont été intégrés en amont dans la réflexion (ESE). **L'évitement** est bien évidemment la première mesure qui a été privilégié pour limiter les impacts sur les zones agricoles et les conséquences que cela peut avoir sur l'économie des exploitations touchées. Au niveau des tronçons Les Grésillons-Le Mesnil Amelot et Orly – Versailles, des sections en aérien sont envisagées et elles concernent notamment des terres agricoles. L'évitement ne sera donc pas toujours possible.

La loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris instaure la création d'une zone de protection naturelle, agricole et forestière du plateau de Saclay, d'au moins 2300 hectares de terres consacrées à l'activité agricole, non urbanisable. Ce dispositif permettra de pérenniser la vocation agricole de ce plateau et de limiter les impacts négatifs indirects liés à l'urbanisation.

6.4.2 Mesures de réduction

Le tableau ci-après présente les mesures de réduction proposées et les met en relation avec les impacts identifiés dans la partie 4.4.1. Ces mesures ont été numérotées selon le code suivant :
R pour mesures de réduction.

☞ Cette liste regroupe l'ensemble des mesures générales pour les différents tronçons. Certaines pourront être précisées et plus détaillées dans les études d'impact relatives aux tronçons, notamment pour le tronçon 2 « Orly-Versailles » et 5 « Les Grésillons – Le Mesnil Amelot ».

Tableau 6.4-1 : Mesures de réduction proposées en fonction de l'impact identifié

Impacts potentiels	*Tronçons concernés*	*Scénario*	*Mesures*	*Commentaires*
Mesures générales				
Emprise sur des terres agricoles	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R06 - Prévoir des opérations d'aménagement foncier agricole et forestier	Etude complémentaire pour les aménagements fonciers
Effet de coupure	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R05 - Rétablir l'ensemble des réseaux intersectés y compris rétablissement des chemins agricoles, rétablissement hydraulique, des clôtures…	
			R06 - Prévoir des opérations d'aménagement foncier agricole et forestier	Etude complémentaire pour les aménagements fonciers
Mesures en phase de chantier				
Pollution	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R08 - Plan de lutte contre les pollutions accidentelles	Mesure en commun avec les mesures de réduction faune-flore
Poussières	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R01 - Arroser le chantier pour limiter la production de poussière	
			R02 - Limiter la vitesse des engins	
Perte de récolte	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R03 - Limiter l'emprise en phase travaux au maximum	Mesure en commun avec les mesures de réduction faune-flore
			R04 - Protection des cultures et du bétail en période de chantier (Bien délimiter le chantier)	
Mesures en phase d'exploitation				
Modification des conditions stationnelles (apport en eau, circulation d'air…)	GARES entre Palaiseau et Saint-Quentin-est et entre Triangle de Gonesse et aéroport CDG T2, T5	Aérien	R05 - 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
			R07 - Remise en état des sols	Mesure en commun avec les mesures de réduction faune-flore

6.4.3 Synthèse des mesures de réduction proposées

Tableau 6.4-2 : Synthèse des mesures de réduction proposées

N° mesure	*Mesures de réductions*
R01	Arroser le chantier pour limiter la production de poussière
R02	Limiter la vitesse des engins
R03	Limiter l'emprise en phase travaux au maximum
R04	Protection des cultures et du bétail en période de chantier (Bien délimiter le chantier)
R05	Rétablir l'ensemble des réseaux intersectés y compris rétablissement des chemins agricoles
R06	Prévoir des opérations d'aménagement foncier agricole et forestier
R07	Remise en état des sols
R08	Plan de lutte contre les pollutions accidentelles

6.4.4 Impacts résiduels

Tableau 6.4-3 : Impacts résiduels après la mise en place de mesures

Impact potentiel	*Types d'impact*	*Durée*	*Impacts résiduels*		
			Aérien	*Terrestre*	*Souterrain*
Consommation de terres agricoles par effet d'emprise	Direct	Permanent	+++ (Localisé)	+++ (Localisé)	Faible
Fragmentation de l'espace agricole	Indirect	Permanent	Moyen	Moyen	Faible
Coupure siège exploitation / terrain	Indirect	Permanent	Moyen à fort (localisé)	Moyen à fort (localisé)	Faible
Modification de l'écoulement de l'eau	Indirect	Temporaire ou Permanent	Non évaluable à ce stade	Non évaluable à ce stade	Non évaluable à ce stade
Diminution de la photosynthèse	Indirect	Temporaire	Faible	Faible	Faible
Perte de récolte	Indirect	Temporaire	Faible	Faible	Faible
Modification de la fertilité	Indirect	Permanent	++	++	+
Effets dus à une pollution accidentelle	Indirect	Temporaire	++	++	++
Modification des conditions stationnelles	Indirect	Permanent	++	++	+

6.4.5 Mesures compensatoires

6.4.5.1 MC01 : Prévoir des indemnisations financières pour les exploitations agricoles impactées

La consommation de terres agricoles ne peut être compensée , que très difficilement, sans impact indirect, au détriment d'espaces naturels, les propositions doivent donc faire l'objet en amont d'une prise en compte des contraintes environnementales. Elle s'accompagne généralement de divers dispositifs d'indemnisation diverses aux propriétaires et aux exploitants agricoles.

La perte de récolte peut également faire l'objet d'indemnisations.

Des protocoles d'accord pourront être négociés entre le Maître d'ouvrage et les organisations professionnelles agricoles sur les conditions de versement des indemnités destinées à réparer les préjudices économiques pouvant être causés aux propriétaires et aux exploitants agricoles par le projet.

6.5 Paysage, Patrimoine architectural et archéologique

6.5.1 Grand Paysage

Les mesures proposées ici sont générales et seront précisées dans les études d'impact tronçon.

6.5.1.1 Tracés prévus en aérien

L'objectif est d'intégrer au mieux l'ouvrage dans son paysage d'accueil. Il ne devra pas être perçu comme une pièce rapportée mais comme nouvel élément agissant en tant que partie prenante d'un nouveau paysage. En effet, la nouvelle infrastructure façonne le paysage qu'elle traverse et non pas uniquement les points qu'elle relie.

a) Mesures d'évitement

- Limiter au maximum les déboisements qui sont des éléments paysagers importants : On cherchera à déboiser de manière sélective selon un bucheronnage et un dessouchage propres. Les produits de coupe devront être stockés. Pour les travaux d'élagage, on favorisera la période de dormance de la végétation à savoir l'hiver ;

- Eviter de recouper les vallons affluents des grandes vallées urbaines qui forment de petites entités paysagères reconnues : Il s'agira de trouver une solution de moindre impact pour ce type de situation à savoir un tracé en souterrain évitant :

  – les déboisements qui marquent profondément et durablement le paysage des coteaux boisés (cf. pour exemple la tranchée déboisée d'une ligne haute tension qui traverse un coteau boisé) ;

  – une perturbation irréversible des ambiances paysagères naturelles ;

- Etre solidaire de la morphologie du site pour une meilleure intégration et une moindre émergence visuelle : Il s'agira de profiter des opportunités naturelles et/ou anthropiques pour associer le tracé aérien afin que celui-ci ne soit pas comme posé sur un territoire dont il ne serait pas partie prenante dans le paysage (cf. pour exemple les nombreux tracés autoroutiers qui s'affranchissent des territoires qu'ils traversent) ;

- S'affranchir des sites protégés/remarquables, sinon, définir les mesures de compensation et de réduction des impacts adéquates : Les travaux en sites classés sont soumis à autorisation et à déclaration en site inscrit. Le projet, s'il recoupe un site classé, devra prouver qu'il n'est pas de nature à porter atteinte aux critères qui ont motivé son classement. Pour chaque site classé, il s'agira d'intégrer l'ouvrage en tenant compte des composantes paysagères qui font l'identité du site.

b) Mesures de réduction

- Se rendre solidaire des routes afin de ne pas augmenter le fractionnement du territoire : Par cette mesure, on favorise également l'insertion paysagère de l'ouvrage. On peut alors profiter des travaux pour engager une véritable démarche de requalification paysagère de l'ensemble des infrastructures associées (trame verte, espaces piétons/cycles, lien avec les lisières urbaines, etc.) ;

- Envisager un tracé en lien avec les lisières urbaines afin de ne pas l'isoler et d'en diminuer l'exposition visuelle : Par cette mesure, on peut donner à l'ouvrage un rôle de limite à l'urbanisation et entrer ainsi dans les principes du Grenelle II dont l'objectif de base est la maîtrise de l'étalement urbain ;

- Choisir un traitement végétal et minéral adéquat prenant en compte une notion de continuité dans l'ouvrage tout en considérant des objectifs de qualité paysagère locaux : Il s'agit ici de s'intégrer à l'existant tout en donnant une identité propre à l'ouvrage avec des motifs qu'on retrouverait tout au long de ce dernier. En ce sens également, il s'agira de remettre en état les espaces verts existants (type « accompagnement de voirie ») et d'intégrer la nouvelle structure par une réflexion cohérente sur les matériaux et les palettes végétales en lien avec l'existant ;

- Choisir les essences végétales les mieux adaptées pour une insertion facile dans la trame verte : On s'appuiera sur une palette végétale cohérente avec l'existant mais également s'appuyant sur des essences locales en faveur de l'expression de la biodiversité ;

- Assurer la continuité des cheminements piétons par des passerelles ou autres ouvrages d'art sécurisés afin de réduire la perturbation dans les perceptions sociales et physiques des paysages (jouer sur la perméabilité) ;

- Remettre en état les espaces verts existants (type « accompagnement de voirie ») et intégrer la nouvelle structure par une réflexion cohérente sur les matériaux et les palettes végétales en lien avec l'existant ;

- Dans le cas d'un projet solidaire d'une route : Profiter du projet pour engager une réelle démarche d'intégration paysagère de la double infrastructure (route + métro) par une réflexion appropriée sur les espaces publics et ce, en concertation avec les communes concernées ;

- Dans le cas d'un projet en lisière urbaine : Travailler sur les transitions paysagères pour affiner l'effet de brutalité des lisières urbaines (profiter de l'opportunité offerte par le passage en aérien pour adoucir ces transitions) ;

- Limiter les phases travaux en période touristique au niveau des grands sites comme Versailles ;

- Implanter des panneaux d'informations permettant à l'observateur de se rendre compte du projet en phase exploitation afin d'atténuer les effets sur les perceptions sociales en phase travaux ;

- Résorber les points noirs liés au chantier et s'engager dans un processus de cicatrisation efficace : On cherchera à remettre en état le site au fur et à mesure de l'avancée du chantier afin de favoriser la cicatrisation le plus rapidement possible.

c) Mesures de compensation

- Soutenir la mise en place d'une trame verte et bleue au sein des communes et qui prenne en compte l'ouvrage si possible ;
- Accompagner les communes et collectivités exposées aux effets indirects d'urbanisation ;
- Travailler sur les espaces publics pour augmenter la qualité du cadre de vie ;
- Intégrer les parkings liés à l'ouvrage ;
- Proposer une requalification paysagère des sites voisins du tracé et une résorption de points noirs paysagers (toujours dans l'idée d'augmenter la qualité paysagère du cadre de vie des générations actuelles et futures) ;

6.5.1.2 Tracés prévus en souterrain

a) Mesures d'évitement

- Eviter de creuser et/ou d'installer des zones de travaux dans des secteurs présentant de forts enjeux paysagers.

b) Mesures de réduction

- Assurer l'intégration paysagère des émergences terrestres d'un point de vue du végétal et des matériaux de construction : Il s'agira également d'en étudier la localisation. En effet, elles ne seront pas « visuellement » 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 : Il s'agira également d'en étudier la localisation. En effet, elles ne seront pas « visuellement » 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 ;
- Résorber les points noirs liés au chantier et s'engager dans un processus de cicatrisation efficace.

6.5.2 Patrimoine culturel protégé

Les incidences du projet sur les sites, monuments et espaces protégés seront de nature et d'intensité variées. Pour l'ensemble des monuments ou site pour lesquels des impacts du projet seraient avérés et en fonction de leur nature et de leur intensité, différentes mesures, qu'elle soit d'évitement, de réduction ou de suppression seront proposées. Il pourra également s'agir de mesures d'intégration du projet.

Le classement d'un site constitue une protection réglementaire particulièrement forte. Au sein de ce périmètre, toute modification (hors du cadre du plan de gestion) constitue une menace potentielle à son intégrité. Ces sites, à partir du moment où des travaux sont prévus dans leur périmètre, bénéficieront d'une étude spécifique pour le dépôt d'un dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé. Ce document proposera également des mesures particulières.

Pour les autres protections, les permis de construire ou permis d'aménager tiendront lieu de l'autorisation ou de la déclaration prévue dans les différentes dispositions réglementaires (dès lors que la décision fera l'objet de l'accord, selon les cas, des services ou institutions compétents prévus par les articles (Architecte des Bâtiments de France, préfet de région, ministre chargé des monuments historiques et des espaces protégés,...).

6.5.2.1 Mesures envisagées

A ce stade, des **mesures d'évitement** d'impact sur le patrimoine culturel sont encore envisageables. Suite à l'évaluation des impacts dans les études par tronçon, des propositions seront faites pour appuyer le choix de la variante la moins impactante vis-à-vis du patrimoine culturel.

Concernant les impacts temporaires ou permanents identifiés inhérents à la phase chantier, les **mesures d'évitement, de réduction ou de suppression** d'impact pourront consister en :

- des propositions de modification de la localisation des installations de chantiers à ciel ouvert afin de minimiser les nuisances liés aux travaux dans les cas de menace pour l'intégrité des sites, de co-visibilité avérée très pénalisante pour un monument,...,
- 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….lié aux ouvrages de la phase travaux ou des installations annexes (bases vie, zone de dépôt…).

Enfin, pour réduire **les impacts permanents** identifiés, des **mesures d'intégration** seront plus précisément définies dans les études tronçon. Dans les grandes lignes, un soin particulier à l'étude architecturale et à l'insertion paysagère des superstructures traversant les sites et monuments protégés sera apporté au niveau :

- de 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.

Les mesures d'évitement, de réduction ou de suppression des impacts ainsi que les mesures d'intégration des aménagements entraînant un impact sur un site classé ou inscrit, un monument inscrit ou classé, une ZPPAUP ou un secteur sauvegardé, seront présentées à l'Architecte des bâtiments de France dès la rédaction des études par tronçon afin de recueillir son avis sur l'efficacité des mesures proposées et ses préconisations éventuelles.

6.5.3 Patrimoine archéologique

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, a été crée et est chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Il est rappelé qu'il appartient au Préfet de région, par l'intermédiaire du Service régional d'archéologie, de se prononcer pour chaque projet sur la nécessité, ou non, d'établir une prescription de diagnostic archéologique, et le cas échéant, à la suite d'un diagnostic préalable, de réaliser des fouilles archéologiques.

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le Maître d'ouvrage s'engage 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.

6.5.3.1 Mesures envisagées

Ce sont celles édictées par le préfet et qui à la suite du diagnostic établira un cahier des charges pour d'éventuelles fouilles archéologiques dont les résultats feront l'objet d'un rapport scientifiques.

Ces opérations de fouilles archéologiques sont soumises au versement de la redevance archéologique, telle qu'elle a été instituée par la loi n°2001-44 du 17 janvier 2001 sur l'archéologie préventive et intégrée au code du patrimoine, à la charge du Maître d'ouvrage et dont le montant est fixé par le préfet de région.

En cas de découvertes fortuites de vestiges archéologiques, des fouilles de sauvetages pourront être réalisées, suite à la déclaration du Maître d'ouvrage.

L'ensemble des données archéologiques recueillies pourra faire l'objet d'une valorisation auprès du grand public sous la forme d'exposition temporaire ou permanente pendant la durée des travaux le long des fuseaux ou bien servir de thématique identitaire d'un territoire au niveau des gares.

6.6 Occupation du sous sol et risques naturels et technologiques

6.6.1 Réseaux et ouvrages souterrains

a) Mesures d'évitement et d'accompagnement

Afin d'éviter les risques, des mesures ont été prises lors de la définition du tracé et du projet.

Pour mémoire, la plupart des réseaux et ouvrages enterrés se situent dans les 10 premiers mètres de profondeur, sauf les collecteurs d'assainissement dont certains se retrouvent à des profondeurs qui dépassent largement les 20 m. Certains collecteurs de Seine-Saint-Denis ont une profondeur locale de 35 m environ.

Par conséquent, pour un réseau aérien au sol, les 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 10 m).

Pour un réseau souterrain, le tunnel passera en dessous des réseaux. En effet, les 10 premiers mètres sont également occupés par les fondations des bâtiments, les sous-sols (à usage de parking ou autre) et il n'est pas envisageable d'y faire passer un tunnel. A titre d'exemple, la dernière ligne de métro construite, la ligne 14, a été creusée à 40 m de profondeur.

De plus, les études complémentaires permettent d'obtenir une connaissance suffisamment précise de la localisation et de la nature des ouvrages enterrés, ainsi que des risques qu'il présentent, pour entraîner la décision d'un contournement de ces ouvrages si nécessaire, du passage du tunnel plus en profondeur, ou en aérien si c'est possible.

Au même titre, la solution de la déconstruction et de la reconstruction de ces ouvrages, s'ils sont trop en péril du fait du projet, pourra être considérée si elle est la plus raisonnable et acceptable des points de vue environnemental, financier, technique et logistique.

Dans tous les cas, des mesures sont prises en accompagnement et dans le but de limiter les risques et les solutions d'évitement ou de substitution.

Il s'agit d'obtenir notamment:

- Une bonne connaissance de l'occupation du sous-sol, fine, précise et exhaustive, afin de prendre les décisions techniques judicieuses
- Un phasage des travaux, afin d'optimiser l'organisation spatiale et temporelle du chantier
- La limitation de l'emprise du chantier, afin de recouvrir le moins possible et d'avoir le moins d'interactions possibles avec les réseaux et ouvrages enterrés

Un suivi topographique de l'avancement du creusement du tunnel, afin que les travaux correspondent parfaitement au tracé du dossier projet: le creusement sera surveillé et assisté par un programme de suivi et d'auscultation des déformations induites au niveau des ouvrages. Dès qu'une déformation sera constatée, un diagnostic sera apporté afin de déterminer les mesures curatives à mettre en œuvre.

b) Etudes complémentaires et réglementaires

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.

Des études liées à la prévention des accidents :

- la procédure DR/DICT définie par le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 doit être respectée à tous les stades du projet : études concernant le sous-sol, travaux de construction et travaux de maintenance. Cette procédure est valable pour tous les réseaux souterrains, quelle que soit leur nature (conduites, réseaux filaires),

- des études vibrations, prises en compte dans la définition du projet et l'organisation du chantier,

- les études sur les contraintes liées aux réseaux dans l'élaboration du projet,

- des campagnes solides pour limiter les dégradations.

En somme, il s'agit de toutes les études nécessaires à s'assurer de la stabilité des ouvrages, ou à déterminer les solutions à prendre en cas de mise en péril des ouvrages.

Ces études devront justifier de la stabilité des ouvrages malgré le projet, et de la légitimité des solutions prises dans le cas contraire.

6.6.2 Bâti et niveaux de sous-sols

6.6.2.1 Mesures d'évitement et d'accompagnement

Afin d'éviter les risques, des mesures ont été prises lors de la définition du tracé et du projet.

Pour mémoire, la plupart des fondations ou niveaux de sous-sols se situent dans les 10 premiers mètres de profondeur, sauf pour certains bâtiments identifiés en partie dans l'état initial, dont les niveaux de sous-sols ou les fondations sont plus profond que cela. Certaines fondations ont une profondeur locale pouvant aller jusqu'à 35 m environ.

Par conséquent, pour un réseau aérien au sol, les bâtiments se déconstruisent, et peuvent se reconstruire 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 10 m). De la même manière, des solutions de déplacement ou de déconstruction et reconstruction peuvent être prises.

Pour un réseau souterrain, le tunnel passera généralement en dessous des fondations, niveaux de sous-sols.

De plus, les études complémentaires permettent d'obtenir une connaissance suffisamment précise de la localisation et de la nature des ouvrages de fondation et niveaux de sous-sols, ainsi que des risques qu'il présentent, pour entraîner la décision d'un contournement de ces ouvrages si nécessaire, du passage du tunnel plus en profondeur, ou en aérien si c'est possible.

La solution de la déconstruction et de la reconstruction des ouvrages, s'ils sont trop en péril du fait du projet, pourra être considérée si elle est la plus raisonnable et acceptable des points de vue environnemental, financier, technique et logistique.

Dans tous les cas, des mesures sont prises en accompagnement et dans le but de limiter les risques et les solutions d'évitement ou de substitution. Il s'agit d'obtenir notamment:

Une bonne connaissance de l'occupation du sous-sol, fine, précise et exhaustive, afin de prendre les décisions techniques judicieuses.

Un phasage des travaux, afin d'optimiser l'organisation spatiale et temporelle du chantier

La limitation de l'emprise du chantier, afin de recouvrir le moins possible et d'avoir le moins d'interactions possibles avec les réseaux et ouvrages enterrés

Un suivi topographique de l'avancement du creusement du tunnel, afin que les travaux correspondent parfaitement au tracé du dossier projet: le creusement sera surveillé et assisté par un programme de suivi et d'auscultation des déformations induites au niveau des ouvrages. Dès qu'une déformation sera constatée, un diagnostic sera apporté afin de déterminer les mesures curatives à mettre en œuvre.

6.6.2.2 Etudes complémentaires et réglementaires

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 fondations et niveaux de sous-sols
- De la cartographie précise de la nature, des caractéristiques, du nombre et de la localisation des bâtiments en surface
- 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.

Des études liées à la prévention des accidents :

- la procédure DR/DICT définie par le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 doit être respectée à tous les stades du projet : études concernant le sous-sol, travaux de construction et travaux de maintenance. Cette procédure est valable pour tous les réseaux souterrains, quelle que soit leur nature (conduites, réseaux filaires),

- des études vibrations, prises en compte dans la définition du projet et l'organisation du chantier,

- les études sur les contraintes liées aux réseaux dans l'élaboration du projet,

- des campagnes solides pour limiter les dégradations

En somme, il s'agit de toutes les études nécessaires à s'assurer de la stabilité des ouvrages, que ce soit les fondations, niveaux de sous-sols ou bâtiments en surface, ou à déterminer les solutions à prendre en cas de mise en péril des ouvrages. Ces études devront justifier de la stabilité des ouvrages malgré le projet, et de la légitimité des solutions prises dans le cas contraire.

6.6.3 Risques naturels et technologiques

6.6.3.1 Risques géologiques

a) Présence d'anciennes carrières de calcaire

Face aux problèmes d'aménagement posés par la présence de ces cavités, une politique de prévention est indispensable, à la fois dans les zones urbanisées et d'urbanisation future. L'Inspection Générale de Carrières est chargée de la gestion de ce risque et de la prévention associée.

La particularité du risque lié aux carrières souterraines est, qu'une fois localisées, il est possible de sécuriser les terrains sus-jacents moyennant des travaux de consolidation.

Lorsque la présence de vides souterrains est connue par l'IGC, toute opération d'aménagement doit être soumise à l'expertise de cet organisme. L'IGC fournit alors un ensemble de recommandations techniques indispensables à la sécurité des constructions.

Les techniques de prévention actives consistent à intervenir sur la cavité elle-même en la comblant avec un coulis de remplissage ou la consolidant par la mise en place de piliers en maçonnerie (si les cavités sont accessibles). Cependant, ce sont les mesures les plus onéreuses.

Par ailleurs, **des mesures de prévention passives** sont envisageables. L'objectif est d'intervenir sur l'ouvrage à consolider afin de le rendre invulnérable aux dégradations de la cavité. Il sera possible de renforcer la structure du tunnel en utilisant des matériaux résistants à ce type de déformations ou en réalisant des fondations traversant les cavités.

Il peut s'avérer techniquement difficile d'aménager avec un tel risque souterrain dans la mesure où les méthodes et les moyens à mettre en œuvre ne sont pas toujours adaptés aux circonstances (site trop urbanisé ne permettant pas le passage d'engins, impossibilité de réaliser des recherches renseignant sur la localisation des cavités, …). Toutes ces contraintes entrainent un surcoût important des travaux qu'il est nécessaire de prendre en compte.

Dans le cadre du projet, il est essentiel que **des études géotechniques** soient effectuées au fur et à mesure de l'avancement du projet ainsi qu'à partir du démarrage de la phase chantier. Ces études géotechniques détaillées du sous-sol doivent être réalisées dans les zones où la présence de carrières est avérée et dans celles où il y a des lacunes d'information. Leurs objectifs sont de :

- connaitre la localisation et l'état des carrières (à l'intérieur et à proximité de l'emprise du projet),
- étudier leur impact sur le projet,
- assurer la stabilité du tunnel ainsi que celle du bâti environnant.

Ces études se basent avant tout sur les données de l'IGC disponibles. Par la suite, l'appréciation des conditions d'instabilité ne peut être définie qu'en présence des éléments suivants :

- Les conditions géologiques et hydrogéologiques
- La géométrie des carrières
- Les caractéristiques géotechniques du matériau exploité
- L'état actuel de la carrière.

L'obtention de ces 3 derniers points implique la réalisation de campagne d'investigation essentiellement fondée sur un nombre important de sondages.

Pendant la phase travaux, il sera nécessaire de limiter les rejets d'eau dans le sol. En cas de présence d'eau, la mise en place de drains devra être envisagée.

b) Problématique du gypse

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

Dans les secteurs où le risque lié à la présence de gypse a été identifié, les maitres d'ouvrages, constructeurs, … doivent être alertés afin de prendre des dispositions en conséquence.

De manière générale, avant le démarrage de la phase travaux, des études de sols complémentaires devront être réalisées afin de déterminer de manière précise la présence ou l'absence de gypse le long du tracé ainsi que son état d'altération. En fonction de la reconnaissance de sol réalisée par les géotechniciens, un programme de travaux de traitement des anomalies devra être proposé. Durant la phase travaux, il sera indispensable d'éviter ou limiter les rejets d'eau hors du réseau d'assainissement collectif. Il est donc important de veiller à la bonne étanchéité des réseaux et à la solidité des canalisations et raccords.

Lors de la construction du tunnel et des gares, il faudra adopter des dispositions constructives propres aux aménagements prévus afin de limiter l'impact de mouvements de sol. Ceci suppose la mise en place de fondations suffisamment rigides et résistantes.

Enfin, il convient d'éviter la réalisation de pompages d'eau qui favorisent le renouvellement de l'eau au contact de la formation de gypse et donc sa dissolution.

c) Retrait-gonflement des argiles

Bien que ce risque concerne majoritairement la partie superficielle du sol, il est important d'aborder les mesures de réduction envisageables afin de les appliquer au niveau des aménagements localisés en surface (gares et ouvrages annexes).

Les mesures de réduction de ce risque comprennent dans un premier temps la **surveillance régulière** des mouvements déclarés et l'analyse de leur évolution.

Une place importante doit être accordée aux **études préalables** : contexte géologique et hydrogéologique local, études géotechniques, analyse des circulations d'eau, …

A l'issue de ces études, les dispositions pouvant prévenir ce risque dans le cadre du projet sont :

- la profondeur des fondations des aménagements,
- la réalisation d'un chainage spécial pour les murs porteurs,
- l'interdiction de pompages et de rejets d'eaux pluviales au droit de l'installation,
- le contrôle régulier d'étanchéité des canalisations d'eaux existantes,
- l'élagage/l'abattage de la végétation arborée.

Des études géotechniques doivent principalement être réalisées au niveau des aménagements autres que le tunnel qui sont localisés dans ou à proximité des argiles vertes (formation la plus sensible au phénomène de retrait-gonflement sur notre zone). Ces études permettront notamment d'adapter les fondations des ouvrages en fonction des caractéristiques du sous-sol.

- Glissements de terrain :

De même que pour la plupart des risques géologiques identifiés sur la zone d'étude, les mesures de réduction passent avant tout par une surveillance régulière des mouvements déclarés.

Face à ce risque, il sera nécessaire de supprimer ou stabiliser la masse instable. Pour cela, les moyens de réduction envisageables sont :

- la mise en place d'ouvrages de soutènement : murs de soutènements, enrochements, filets par-pierres, …
- pendant la phase travaux, l'installation d'un système de drainage chargé de collecter les eaux superficielles.

6.6.3.2 Risques inondation

a) Mesures d'évitement

Les mesures d'évitement consistent à positionner les ouvrages de surface en dehors des zones à risques, donc du zonage PHEC et des zonages PPRi. Lorsque des variantes existent, la présence du zonage d'une zone inondable doit figurer parmi la liste des critères de choix de positionnement des ouvrages.

Lorsque que l'ouvrage est maintenu en zone inondable, ce choix est fait en connaissance de cause, le zonage inondation n'étant pas le critère dominant de l'analyse.

b) Mesures de réduction

- Mesures spécifiques au réseau aérien

En aérien, une mesure de réduction consiste à préférer la réalisation en viaduc. Le réseau est ainsi moins vulnérable à la survenue d'une crue. Cependant, dans ce cas, l'ouvrage doit être dimensionné pour résister à la pression liée à la survenue d'une crue.

- Prescription et recommandations des PPRI

Les règlements des différents PPRI sont à respecter afin que le projet soit compatible. Il pourra s'agir de mettre en place des dispositions constructives particulières, mais aussi des préconisations en phase travaux, sur les installations de chantier.

Les recommandations suivantes sont à respecter:

- Tous les ouvrages et matériels situés sous la cote des plus hautes eaux connues doivent être, soit eux-mêmes étanches, soit inclus dans des structures étanches et capables de résister à la pression de l'eau ;
- Cuvelage étanche des équipements sensibles à l'eau (appareillages électriques, électroniques, moteurs, centraux téléphoniques…) ;
- Réalisation des fondations et revêtements des bâtiments situés au dessous de la cote de casier avec des matériaux résistants à l'eau ;
- Mise en place de mesures particulières de stockage de produits dangereux ou polluants sont à prendre, lorsque le stockage est réalisé en dessous de la limite de PHEC.
- Toutes les sorties à l'air libre situées dans ces zones ne devront pas être submersibles à la cote des plus hautes eaux connues ; Si ce n'est pas réalisable, un plan de secours doit prévoir une fermeture étanche de l'ouverture ;
- Les puits d'aération devront être mis hors d'eau. Le cas échéant, leur étanchéité doit être possible afin de prévenir d'une entrée d'eau dans l'ouvrage ;
- Lors des travaux, les engins et véhicules mobiles sont stationnés de façon à permettre une évacuation rapide.

- Information sur la gestion des crues - Plan de Protection contre les inondations (PPI)

Une des mesures de réduction consistera à suivre le réseau d'alerte pour les crues, notamment lors de la phase travaux.

La Seine et la Marne sont des cours d'eau lents, dont les crues s'étalent de novembre à avril, ainsi, l'alerte peut être donnée entre 72 et 48 heures à l'avance, ce qui permet de mettre en place des mesures de protection des réseaux de transport.

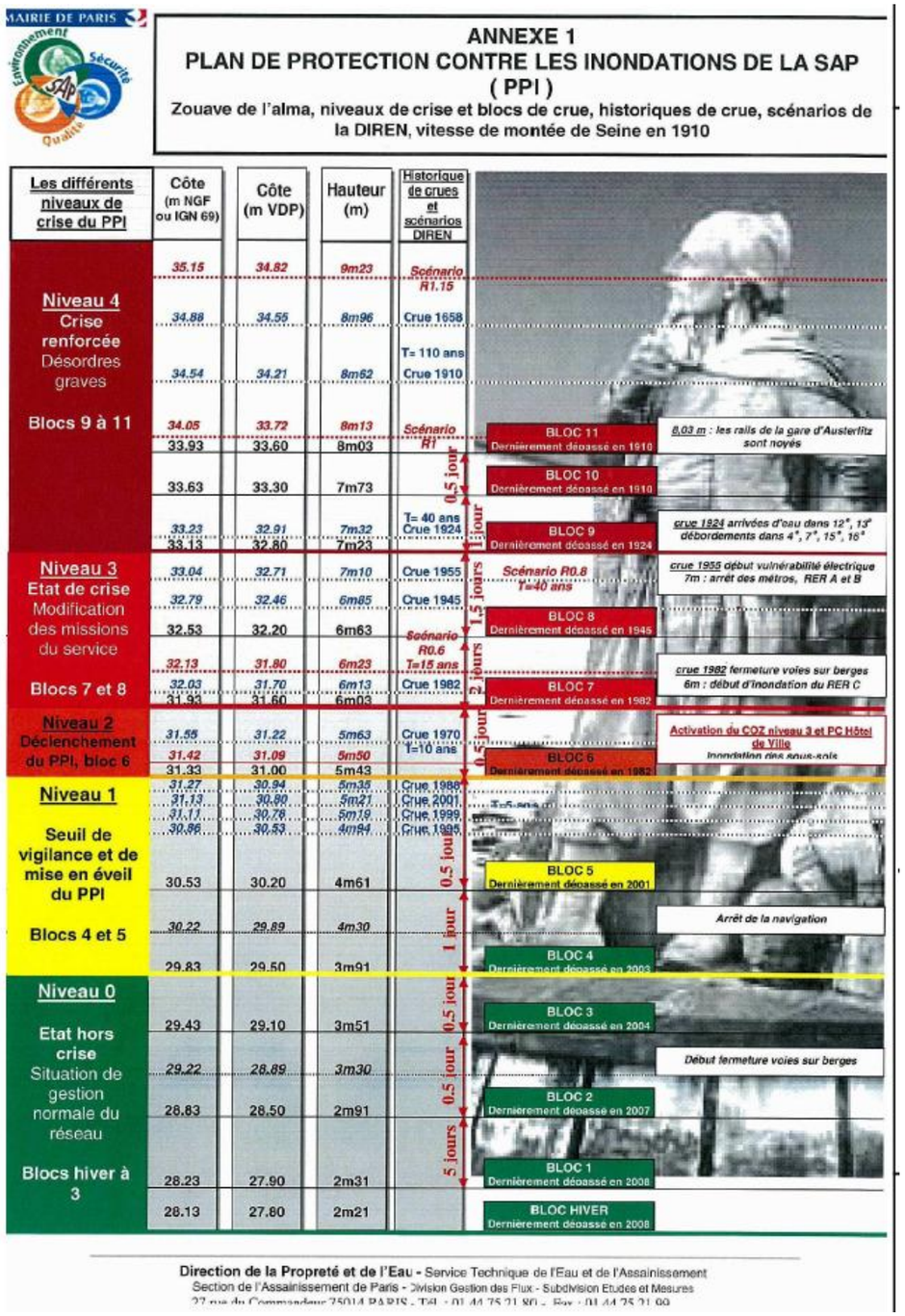


Figure 6.6-1 : Niveaux d'alerte de crue de la Seine à Paris – Source Mairie de Paris

- <u>Gestion des crues de la Seine et de la Marne</u>

Les caractéristiques hydrométriques de la Seine et de la Marne, notamment sa hauteur et son débit, sont surveillées en permanence par le **Service de Prévision des Crues** « Seine Moyenne Yonne Loing » (DRIEE).

Ces caractéristiques sont mesurées à deux endroits pour la Seine :

- Pont d'Austerlitz : En temps normal, le niveau de la Seine avoisine le zéro de l'échelle d'Austerlitz (soit environ 26 m NGF) et son débit est de l'ordre de 330 m^3/s. En 1910, la Seine avait atteint au pic de la crue une hauteur de 8,62 m pour un débit de 2400 m^3/s.

- Zouave du Pont de l'Alma : En temps normal, les pieds de la statue sont au sec, mais dès que la crue progresse, ses pieds sont dans l'eau. En 1910, au moment du pic de la crue, le zouave du pont de l'Alma avait les épaules sous l'eau.

La cote de la Seine est quotidiennement transmise à la Préfecture de Police de Paris qui la communique ensuite dès que le niveau 1 est atteint. Les services destinataires, dont la RATP et la SNCF, sont placés en situation de vigilance afin de prendre les premières dispositions pour protéger les infrastructures de transport de la montée des eaux.

La figure précédente, élaborée par les services de la Mairie de Paris (Direction de la Propreté et de l'Eau), précise les niveaux d'alerte pour le Pont de l'Alma en fonction du niveau d'eau de la Seine.

Les informations opérationnelles sont synthétisées ci-dessous :

- La montée des eaux est lente : depuis la cote 28,23 m NGF (le débit est déjà de 600 m3/s environ, soit le double du débit moyen), l'eau met environ 8 jours pour atteindre le niveau de la crue de 1982, considérée comme décennale, et 13 jours pour atteindre celui de la crue de 1910, considérée comme centennale,

- De 29,22 à 32,00 m NGF : la fermeture des voies sur berges est faite de façon progressive,

- Atteint la cote de 30,22 m NGF : la navigation est arrêtée (le débit est de 1 250 m^3/s environ),

- Atteint la cote de 31,33 m NGF : le niveau de crise débute (le débit est de 1 500 m^3/s environ).

Les données relatives à plusieurs station sont disponibles sur le site « Vigicrues : Information sur la vigilance "crues" ».

- <u>Plan de secours spécialisé inondation</u>

La problématique de la gestion des effets de l'inondation est une préoccupation des pouvoirs publics depuis quelques années. Un inventaire de la sensibilité des lieux à l'inondation a été réalisé et certaines dispositions commencent à être prises :

- Augmentation des capacités de rétention du volume de la crue en amont de Paris,

- Cuvelage de locaux souterrains non étanches,

- Déménagement de services sensibles (Poste de Commandement de la Préfecture de police de Paris, réserves des musées du Louvre et d'Orsay, entre autres),

- Elaboration de procédures d'alerte et de gestion de crise dans le cadre d'un plan de secours spécialisé inondation (PSSI) qui est en cours d'élaboration.

- Le PSSI zonal comprend trois tomes :
    - Tome 1 : Description du déroulement de crue
    - Tome 2 : Analyse des conséquences des crues sur les différents réseaux nécessaires à la vie en Ile-de-France
    - Tome 3 : L'action des pouvoirs publics et l'organisation en termes de gestion du risque inondation.

- Dispositifs de protection

Des protocoles et dispositifs de protection similaires à ceux utilisées sur les lignes de métro parisiennes devront être mis en place pour faire face aux crues.

Il est à noter que la RATP a mis en place un PPRI pour ses propres installations. Ce plan vise à rendre le réseau RATP complètement étanche en cas de montée des eaux de la Seine jusqu'au niveau de crue de 1910. Il comprend :

- Répertoire des infrastructures situées en zone inondable ;
- Prévision de moyens en hommes, en matériaux et en matériels ;
- Passation de marchés particuliers avec des fournisseurs (mortiers, parpaings, truelles…).

De façon générale, la RATP prévoit la protection de l'ensemble des émergences en voirie situées en zone inondable par des protections maçonnées (parpaings, murs en L), portes étanches ou bastaings aluminium.

En fonction des hauteurs d'eau de la Marne et de la Seine, une certains nombre d'action sont déclenchées :

- Fermetures de portes étanches ;
- Vérifications des drains de voie ;
- Ajout de pompes supplémentaires de secours en cas d'apports d'eau trop importants ;
- Déplacement de matériel.

Un Poste de Commandement de Coordination Crue est mis en place à la RATP en relation avec la préfecture et le Syndicat des transports d'Île-de-France. Il pilote le montage des protections et prend la décision d'arrêter le trafic sur les lignes (métro, RER, Bus et Tramway) dès qu'il y a le moindre danger.

Les études à mener sont :

- **Etudes techniques** :
    - Adaptation des éléments du projets aux zones inondables et prise en compte des prescriptions PPRI,
    - Etudes d'impact hydraulique (vitesse d'écoulement, ligne d'eau),
    - Définition des procédures à établir pour lutter contre les inondations une fois les choix arrêtés : dispositifs à mettre en place, moyens techniques et humains.
- **Etudes réglementaires** :
    - Notices de conformité des construction au PPRI,
    - Déclaration ou autorisation Loi sur l'eau (ouvrages en lit majeur)

Mesures de compensation

Pour le risque inondation, les mesures de compensation se caractérisent par la compensation des volumes pris à la crue en zone inondable.

La réglementation des différents PPRi concernés impose une compensation volumique : tout volume pris à la crue doit être compensée par la création d'espaces accessibles par les eaux.

Les études hydrauliques particulières préciseront les mesures compensatoires à mettre en place dans le cas d'une prise de volume à la crue non évitable.

6.6.4 Risques technologiques

Mesures d'évitement

Les mesures d'évitement consistent à positionner les ouvrages de surface en dehors des zones à risques, donc des zonages SEVESO. Lorsque des variantes existent, la présence du zonage doit figurer parmi la liste des critères de choix de positionnement des ouvrages.

Lorsque que l'ouvrage est maintenu en zone SEVESO, ce choix est fait en connaissance de cause, le zonage SEVESO n'étant pas le critère dominant de l'analyse.

Mesures de réduction

- Dispositions constructives

Il s'agit de prendre en compte les plan de prévention des risques technologiques, études de dangers ou porters à connaissances des établissements SEVESO ou ICPE et de s'y conformer.

- Etudes complémentaires

- Etude spécifique sur les dispositions constructives à mettre en œuvre lors de la construction de gares dans un secteur à risque
- Formation des agents du gestionnaire du réseau de transport sur la conduite à tenir en cas d'accident technologique

Sur le même principe que les procédures de gestion de crise établies en cas d'inondation, le gestionnaire du réseau établira des procédures de gestion de crise en cas d'accident et y formera ses agents.

- Mise à jour des plans de sécurité par les entreprises

Les établissements ont l'obligation de mettre à jour leurs plans de sécurité. La présence du réseau de transport du Grand Paris, et sa signification en termes d'enjeux économiques et humains, devra donc être intégrée à ses différents plans.

POI - Plan d'Opération Interne : établi par le chef d'établissement, il répertorie les scénarios d'accidents et les moyens de secours internes et externes qui seront mis en œuvre en cas d'accident limité au périmètre du site.

PPI - Plan Particulier d'Intervention : si un accident sur un site industriel peut avoir des conséquences à l'extérieur (riverains, environnement…), les moyens d'intervention sont prévus dans un PPI spécifique à ce site, préparé par les services de l'Etat et arrêté par le Préfet.

6.6.5 Sols pollués

Les mesures d'évitement sont difficiles à mettre en place. En effet, beaucoup de sites pollués ne sont pas connus.

Mesures à réaliser avant mise en place des gares

En fonction du mode de construction des gares (particulièrement en cas d'excavation de terres depuis la surface jusqu'à l'emplacement de la gare), nous conseillons la réalisation de sondages, de prélèvements et d'analyses de sols et d'eaux souterraines au droit de l'ensemble des gares.

Les résultats de ces études permettront de déterminer si la mise en place d'un plan de gestion est nécessaire.

Mesures à réaliser avant la réalisation des tunnels

L'expérience que BURGEAP a de cette problématique montre que, au-delà d'une certaine profondeur, la pollution des sols diminue fortement, sauf exception. Cette profondeur peut être estimée à une quinzaine de mètres. L'on sait d'ores et déjà que le secteur du Stade de France à Saint-Denis (93) est une exception à cette observation, puisque la pollution des sols y atteint une épaisseur d'environ 60 m.

Aussi, la réalisation de sondages et de prélèvements de sols sera particulièrement indiqués lorsque sur les zones où le tunnel se trouve à une profondeur inférieure à 15 m.

D'autre part, que le tunnel soit localisé sous le toit de la nappe d'eau ou bien au-dessus, il serait préférable de réaliser des prélèvements d'eaux souterraines, afin d'anticiper :

- un risque sanitaire lié à la volatilisation des composés présent dans la nappe;
- un risque de surcoût lié à la gestion des eaux souterraines impactées pompées.

Les résultats de ces études permettront de déterminer si la mise en place d'un plan de gestion est nécessaire.

Notre expérience montre aussi que l'information connue est loin d'être exhaustive et que de « mauvaises surprises » ne sont pas à exclure, surtout dans des projets de cette envergure. Plus le volume de matériaux déplacés est important, plus la probabilité de tomber sur un site pollué non répertorié existe.

Les études à mener sont :

- **Etudes techniques** :
  - Déterminer si le site considéré est pollué ou non et si oui, caractériser la pollution : étude historique, diagnostic,
  - Evaluer le volume de terres polluées à excaver,
  - Pour les gares, a fortiori si des personnes doivent y être en permanence, réaliser une Evaluation Quantifiée des Risques Sanitaires (EQRS),
  - Etablir un plan de gestion des terres polluées : identification des installations de traitement et d'accueil de ces terres, organiser le chantier de terrassement, assurer le suivi et la traçabilité.
- **Etudes réglementaires** :
  - Conformité à la réglementation sur les déchets.
  - Conformités à la réglementation sanitaire d'occupation des sites (EQRS).

6.6.6 Ondes électromagnétiques

Aucune mesure particulière n'est prévue à ce stade. Certains ouvrages électriques, en particuliers les postes de transformation devront faire l'objet d'études particulières en fonction des courants effectivement utilisés.

6.7 Démographie, population, emploi, occupation des sols

Les objectifs d'occupation du sol pris comme hypothèses sont ambitieux et ne pourront être atteints que grâce à une politique volontariste, à la fois de soutien au développement économique, à l'organisation du territoire et des transports et à la densification de l'existant, en particulier les quartiers pavillonnaires qui sont des réservoirs fonciers majeurs. La création seule d'une infrastructure de transport comme le Grand Paris Express est un levier d'aménagement nécessaire et structurant, mais non suffisant. A lui seul, le projet ne pourra garantir l'atteinte des objectifs de limitation de l'étalement urbain et de ses coûts externes, en perspective des 70 000 nouveaux logements par an qui ont été préconisés dans le Grand Paris. C'est la conjonction des mesures dans tous les domaines du développement qui permettra d'atteindre les objectifs souhaités. C'est pourquoi le projet Grand Paris Express doit être intégré dans un véritable projet d'aménagement comprenant des mesures d'accompagnement complémentaires s'inspirant des exemples proposés dans les pages suivantes.

Il est analysé ici toutes les mesures pertinentes et du ressort des pouvoirs publics qui sont susceptibles de renforcer le report modal vers les transports publics et la densification structurée et durable de l'habitat et des activités à proximité des stations. Les mesures d'accompagnement considérées comme pertinentes sont celles qui ont démontré des résultats significatifs par rapport à l'évolution de l'occupation du sol ou des transports dans certaines situations (France, étranger) à long terme. Elles pourraient donc, a priori, s'avérer être des stratégies adéquates pour répondre aux objectifs du projet Grand Paris Express. Toutefois, afin de juger de la pertinence de leur application aux spécificités du contexte francilien et de quantifier leur impact global et relatif, l'utilisation d'un modèle intégré « occupation du sol/transport » pourrait s'avérer être un outil d'aide à la décision efficace. Ceci sort du cadre de cette étude.

Les mesures d'accompagnement proposées couvrent une large gamme de politiques : mesures de transport, affectant la voiture ou les transports en commun, mesures d'aménagement du territoire, mesures réglementaires, etc. Celles-ci peuvent s'appliquer à différentes échelles :

- à l'échelle régionale (périmètre large d'étude et extérieur de l'Ile-de-France) via, notamment, les orientations définies au sein du projet de SDRIF (aujourd'hui en cours de révision), les Contrats de Développement Territorial[118] et les Opérations d'Intérêt National ;

[118] *Article 1 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris*

- à l'échelle locale, aux abords des arrêts de transport en commun dont l'accessibilité va être modifiée grâce à la mise en œuvre du projet. Les Contrats de Développement Territorial[119] sont également des outils adaptés à cette échelle d'action.

Dans une première partie, les objectifs corollaires[120], sociaux et environnementaux, du projet Grand Paris Express, auxquels ces différentes mesures permettront de répondre, sont décrits. Puis, dans un second point, les mesures d'accompagnement proposées sont déclinées par échelle d'application. La structure de présentation de chaque mesure est reprise dans le tableau VI.7-1. Enfin, dans une troisième et dernière partie, un tableau récapitulatif croisant mesures d'accompagnement, échelles d'applications et objectifs visés est proposé.

Tableau 6.7-1 : Structure de présentation des mesures d'accompagnement

Mesure n°xxx	
Objectif(s) visé(s)	rappel du ou des objectif(s) au(x)quel(s) la mesure permet de répondre
Description de la mesure	présentation des principes d'application de la mesure
Leviers d'action	comment la mesure peut être mise en œuvre
Acteurs concernés	principaux acteurs du projet en position d'appliquer cette mesure
Benchmarking	exemple illustratif d'application de cette mesure
Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express	possibilités d'adaptation de la mesure aux spécificités du contexte francilien et au projet Grand Paris Express

6.7.1 Les objectifs corollaires du Grand Paris Express

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun

Pourquoi est-ce important ?

Les déplacements de périphérie à périphérie, en constante augmentation depuis ces trente dernières années (+51% entre 1976 et 2001[121]), représentent aujourd'hui l'essentiel des déplacements d'Ile-de-France. En effet, en 2001, les relations de la périphérie à la périphérie sont majoritaires avec 24,5 millions de déplacements par jour, soit 70% des déplacements quotidiens en Ile-de-France. Pourtant, la configuration essentiellement radiale du réseau TC actuel répond mal aux besoins de ces voyageurs qui sont souvent contraints d'effectuer un détour plus long par la capitale. En petite et grande couronne, c'est donc l'accessibilité routière qui a tendance à structurer l'occupation de l'espace.

Rappel des objectifs mondiaux, nationaux et régionaux en matière de réduction de la part modale automobile

A l'échelle nationale, la loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU)[122] a imposé la nécessité de mieux articuler politique d'aménagement et politique de transport afin de réduire les distances de déplacement et favoriser ainsi l'utilisation des modes plus respectueux de l'environnement.

A l'échelle régionale, le projet du Schéma Directeur de la Région Ile-de-France vise la réduction de la dépendance vis-à-vis de l'automobile, tant pour le transport de marchandises que pour les déplacements individuels. Il prône une « mobilité moins centrée sur l'automobile ». Pour cela, il promeut notamment un développement du territoire appuyé sur l'armature du réseau de transports collectifs. Le projet de Plan de Déplacement Urbain d'Ile-de-France (PDUIF) vise, quant à lui, une diminution de 2% des déplacements en voiture et en deux-roues motorisés et une croissance de 20% des déplacements en transports collectifs.

Incidences et perspectives

L'évaluation des impacts du RER de Bruxelles à l'horizon 2015[123] a mis en évidence, par une simulation avec un modèle occupation du sol/transport, que l'implantation du réseau RER créerait un report modal massif vers le TC à court terme (+8.8 points de part de marché). Toutefois, à plus long terme, il augmenterait le taux moyen de véhicules*km (+3.0% par rapport à la situation sans projet) à cause de la relance de l'étalement urbain causé par le projet du RER lui-même.

Comme vu précédemment (Cf. chapitre 3.8), la mise en œuvre de l'infrastructure Grand Paris Express, en complétant le maillage du réseau, permettra d'augmenter l'usage des transports en commun en périphérie pour les déplacements actuels et ceux qui seront générés par les développements futurs. Il y aura également un effet prévisible de désengorgement des lignes existantes du centre de l'agglomération. Toutefois, pour s'assurer d'un report modal effectif, l'augmentation de l'offre TC doit être accompagnée de mesures qui augmentent l'attractivité de ce mode de transport et en font une vraie alternative au véhicule particulier à long terme.

Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain

Pourquoi est-ce important ?

L'étalement urbain, bien qu'étant un phénomène sociétal, peut avoir des conséquences négatives s'il est excessif. Ces externalités négatives sont aujourd'hui perceptibles et touchent notamment :

- le transport : allongement des déplacements, augmentation de la dépendance au véhicule particulier avec pour effet l'augmentation de la congestion sur le réseau routier ;
- l'environnement : augmentation des surfaces artificielles, augmentation de la consommation de carburant avec pour effet l'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 effets négatifs de la ségrégation sociale ;
- l'aspect économique : augmentation des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle à supporter par l'ensemble de la collectivité ;
- etc.

[119] *Article 1 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris*
[120] *Déjà évoqués lors de l'évaluation stratégique environnementale du projet préalable*
[121] *Enquête Globale de Transport*
[122] *Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains, version consolidée au 19 mai 2011*
[123] *ESTEEM : European Scenarios on Transport – Energy Environment for Metropolitan areas, 1996-1998*

Rappel des objectifs mondiaux, nationaux et régionaux en matière de limitation de l'étalement urbain

Le projet de SDRIF en vigueur met en avant le concept de ville dense et compacte. Il accorde une importance non négligeable à l'intégration des logiques de localisation du développement urbain et de répartition des densités avec celles d'un développement hiérarchisé des réseaux de transports. La carte de destination générale, vue précédemment (Cf. chapitre 3.7), définit notamment des secteurs géographiques à réserver pour l'urbanisation à venir.

Incidences et perspectives

L'étude européenne ESTEEM[124] a mis en évidence grâce à un modèle intégré « occupation du sol/transport » que l'amélioration de l'accessibilité due à l'arrivée du RER à Bruxelles accentuerait à long terme l'étalement urbain par le départ de 4,8% des ménages vers la périphérie. Ce résultat est expliqué dans l'étude ESTEEM par deux raisons :

- d'une part par la vitesse de déplacement accrue rendue possible par l'implantation du nouveau réseau de transport qui a un effet important de raccourcissement des distances-temps entre points de connexion du réseau de transport public ;

- d'autre part par la libération de la capacité sur les réseaux routiers induite par le report modal important vers le RER, ce qui améliore également globalement l'accessibilité en voiture à long terme.

L'amélioration de l'accessibilité en transport en commun est donc susceptible d'entraîner à long terme une nouvelle vague d'étalement des ménages et des activités en périphérie, si aucune mesure d'accompagnement n'est mise en place. Cela a été démontré pour le cas du RER de Bruxelles. Ce constat est également valable pour le projet Grand Paris Express. Ainsi, pour conserver les bénéfices du projet Grand Paris Express à long terme, il est nécessaire d'appliquer des mesures visant à contrebalancer l'effet potentiel d'accélération de l'étalement urbain dû à son implantation.

Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier

Pourquoi est-ce important ?

Le secteur des transports est le premier poste de consommation énergétique en Ile-de-France avec 44% (10,75 Mtep) en 2006[125]. C'est l'également le secteur francilien le plus émissif en oxydes d'azote et particules fines[126]. Le trafic routier, en particulier, contribue également en grande partie aux émissions sonores en Ile-de-France : selon les cartes de l'IAU-IdF (2004), 360 000 habitants de la petite couronne seraient soumis à des niveaux sonores causés par la route supérieurs à 70 dB(A) en journée. A ce niveau de bruit, l'impact sur la qualité de vie et la santé est considéré comme critique.

Rappel des objectifs mondiaux, nationaux et régionaux en matière de nuisances environnementales

Au niveau national, le Grenelle de l'environnement a validé l'objectif de diminution par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. La première étape de cette trajectoire consiste à ramener d'ici 2020 les émissions de GES du secteur des transports à leur niveau de 1990. D'autre part, des normes de qualité de l'air à ne pas dépasser ont été établies pour la plupart des polluants afin de faciliter les comparaisons et tenir compte de leur dangerosité. De plus, depuis la Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), les objectifs régionaux en matière de réduction de la pollution atmosphérique sont déclinés dans le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) ainsi que le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) qui doit lui être compatible.

Concernant les émissions sonores du trafic routier, le Code de la construction et de l'habitation, le Code de l'urbanisme et le Code de l'environnement (dans ses articles L 571-1 et suivants) encouragent toute mesure permettant de réduire le trafic automobile dans les zones les plus densément urbanisées.

Incidences et perspectives

La réduction du bruit et des émissions des gaz à effet de serre, ainsi que l'amélioration de la qualité de l'air sont trois enjeux majeurs pour la santé et la qualité de vie des franciliens. La France doit répondre à des engagements ambitieux en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020. D'ici là, les véhicules connaîtront des progrès techniques importants mais peut-être pas suffisants pour les atteindre. Les mesures de réduction mises en œuvre auront d'autant plus d'effet qu'elles s'attaqueront aux sources (et combinaison de sources) d'émissions les plus intenses (la route le plus souvent), là où la densité de l'occupation du sol est la plus élevée.

Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens

Pourquoi est-ce important ? [127]

L'Ile-de-France souffre de fortes disparités sociales : une personne sur dix vit en dessous du seuil de pauvreté et 12% des franciliens vivent en Zone Urbaine Sensible. Ces populations sont généralement moins motorisées que la moyenne et ont souvent des besoins de déplacement différents : périodes de déplacement décalées, destinations excentrées et mal desservies actuellement en transport collectif, etc. De plus, hormis les ménages parisiens, ce sont au total 21% des ménages franciliens qui ne sont pas motorisés[128] (57% chez les ménages les moins riches) et ont des besoins forts de transport collectif. Concernant les ménages motorisés, ce sont ceux habitant en zone rurale ou périurbaine, où il y a peu d'alternative au véhicule particulier, qui seront le plus touchés par la hausse prévue des prix du carburant. Par ailleurs, la part de la population rencontrant des difficultés à se déplacer (personnes handicapées, personnes âgées) est estimée entre 30 et 40%.

Ainsi, les franciliens sont encore loin d'être égaux face aux conditions d'accès à la mobilité. L'amélioration de la desserte des transports en commun dans les territoires périurbains, l'accessibilité des personnes à mobilité réduite (PMR)[129] aux transports collectifs, etc. sont autant d'enjeux pour réduire les inégalités sociales et territoriale et assurer une mobilité équitable pour tous les franciliens.

Rappel des objectifs mondiaux, nationaux et régionaux

Le droit à la mobilité pour tous est inscrit dans la Loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs (LOTI). A l'échelle régionale, le projet de SDRIF indique notamment qu'il est nécessaire de « réduire les inégalités sociales et territoriales par le développement des réseaux, transports collectifs et modes doux, mais aussi par l'amélioration de la qualité de l'offre » ainsi que de « préserver, dans un souci de compétitivité, les accessibilités à l'échelle métropolitaine ».

---

[124] ESTEEM : European Scenarios on Transport – Energy Environment for Metropolitan areas, 1996-1998
[125] Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, ADEME, édition 2010
[126] Cf. rapport de phase 1, volet « air, énergie et climat »

[127] Source du paragraphe : Projet de Plan de Déplacement Urbain de la Région Ile-de-France, STIF, février 2011
[128] Enquête Globale des Transports, 2001
[129] Au sens de la loi, les PMR sont les personnes souffrant de déficiences, temporaires ou permanentes, pouvant être sources de difficultés dans les déplacements.

Concernant les PMR, la Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées rend obligatoire la mise en accessibilité aux PMR de l'ensemble des éléments de la chaîne de déplacement (systèmes de transport et leur intermodalité, cadre bâti, aménagement des espaces publics). C'est pourquoi le projet de PDUIF comporte une annexe particulière concernant l'accessibilité des PMR. Le PDU est également l'autorité compétente en Ile-de-France pour l'élaboration du Schéma Directeur d'Accessibilité (SDA) des services des transports collectifs. Celui-ci a notamment comme objectif d'assurer à tous, en 2015, l'accessibilité des réseaux de transports publics captant 90% du trafic.

Par ailleurs, le système de « Tarification Solidarité Transport en Ile-de-France » a été mis en place par le STIF et la région Ile-de-France. Celle-ci permet aux personnes en situation de précarité de se déplacer, en bénéficiant d'importantes réductions, voire de la gratuité sur les lignes régulières du réseau francilien.

Incidences et perspectives

Le Grand Paris Express, en complétant le maillage de transports en commun actuel, permettra de répondre à l'évolution géographique des besoins en déplacement en périphérie. En ce sens, il est susceptible de créer une meilleure équité territoriale en termes de mobilité pour permettre à la fois de favoriser la cohésion sociale et l'attractivité des territoires d'Ile-de-France. De plus, le futur métro sera également l'occasion de compléter l'offre en transport en commun afin qu'elle s'adapte aux nouveaux rythmes de vie des franciliens : nouveaux modes d'organisation du travail, évolution des motifs de déplacement, déplacements en dehors des périodes de pointe, etc.

6.7.2 Les mesures d'accompagnement à l'échelle régionale

Mesure n°1 : Contrôler l'usage du sol

Mesure n°1.1 : Limiter l'ouverture à l'urbanisation

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les franciliens	+

Description de la mesure

La réduction des surfaces périphériques actuellement ouvertes à l'urbanisation est un moyen de préserver les espaces agricoles et non urbanisés et de favoriser le renouvellement urbain.

Leviers d'action

Le projet de SDRIF est le principal outil de maîtrise de la localisation des développements urbains. Ce document stratégique constitue un relais pour influer sur les politiques d'aménagement locales. Le SDRIF en vigueur aujourd'hui contient, d'ailleurs, de nombreuses orientations visant à réduire l'étalement urbain. Les contrats de développement territorial créés par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris constituent également un outil d'aménagement déterminant, permettant le partenariat entre l'Etat et les élus locaux.

Acteurs concernés

Le Conseil régional d'Ile-de-France est en charge de la rédaction du SDRIF, avec le soutien de l'Etat et des partenaires de la région. Les contrats de développement territorial seront, quant à eux, conclus entre l'Etat et les maires.

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

La note de cadrage rédigée par l'Autorité environnementale au sujet de l'évaluation environnementale du futur projet de SDRIF a souligné l'importance de mettre le projet Grand Paris Express au cœur de la stratégie régionale d'aménagement du territoire. Il est, en effet, important que la révision du projet de SDRIF intègre les impacts induits prévisibles du projet en matière d'évolution de l'occupation du sol (Cf. point III.7.2) pour définir des zones adéquates d'ouverture/de fermeture à l'urbanisation en Ile-de-France.

Mesure n°1.2 : Développer un polycentrisme compact autour des futures stations

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	+

Description de la mesure

Le parti d'aménagement multipolaire repose sur la création de centres relativement complets (offrant directement logement, emploi, services à proximité), ce qui favorise les déplacements à l'échelle locale du « bassin de vie ». Ce fonctionnement du territoire à différentes échelles permet de conserver les bénéfices d'agglomération tout en réduisant les effets négatifs de la congestion que provoque une concentration trop forte sur un seul centre. Le plus souvent, la congestion a pour effet une hausse des valeurs foncières et donc des forces centrifuges qui génèrent de l'étalement urbain.

En utilisant l'armature du réseau de transports collectifs pour développer cette multipolarité, le report modal sur les transports en commun est favorisé. Pour cela, trois principes de base, schématisés à la figure ci-dessous, sont préconisés :

- l'effort de développement urbain doit être axé sur les communes directement desservies par l'infrastructure de transport, tandis que le développement des communes non desservies doit être maîtrisé (Cf mesure n°1.1) ;

- les équipements et les services doivent, dans la mesure du possible, être concentrés dans les communes desservies en TC. Il s'agit d'assurer une répartition équilibrée le long de l'axe

TC permettant aux communes les plus importantes de conserver leur rôle central et aux plus petites communes desservies de gagner en centralité, en conservant un différentiel de polarité tout en le réduisant ;

- l'accès aux communes desservies par le réseau à partir des autres communes doit être facilité, tout en privilégiant les modes non motorisés et les TC comme modes de rabattement.

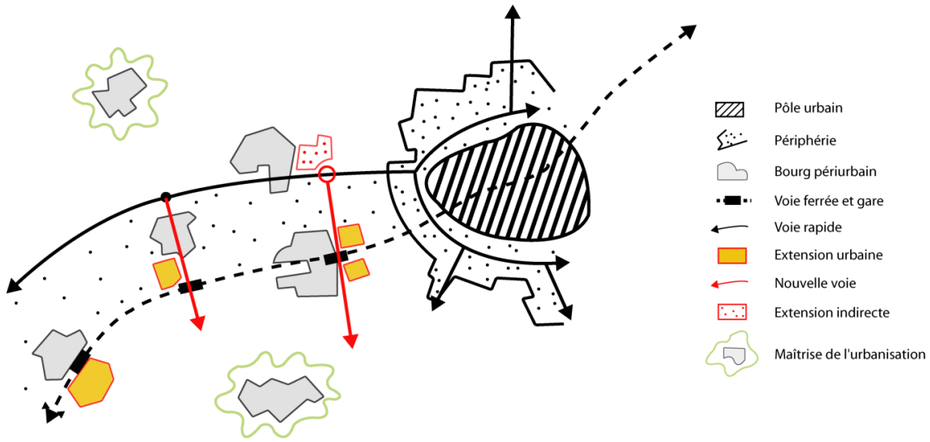


Figure 6.7-1 : Modèle de développement régional polycentrique autour d'un axe de transport ferroviaire (Source : Concevoir la ville à partir des gares. Rapport final du projet Bahn Ville 2 sur un urbanisme orienté vers le rail, Marne-la-Vallée : Université Paris-Est, UPEMLV, oct. 2009.- 83 p.)

Leviers d'action

Le projet de SDRIF est un outil de maîtrise de la localisation et de la nature des développements urbains. Ce document stratégique constitue un relais pour influer sur les politiques d'aménagement locales. Les contrats de développement territorial créés par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris constituent également un outil d'aménagement déterminant, permettant le partenariat entre l'Etat et les élus locaux. Enfin, les OIN (Opération d'Intérêt National), institués par les articles L110 et L121-1 du Code de l'Urbanisme à savoir, constituent un troisième et dernier levier d'action à l'échelle régional.

Acteurs concernés

Le Conseil régional d'Ile-de-France est en charge de la rédaction du SDRIF, avec le soutien de l'Etat et des partenaires de la région. Les contrats de développement territorial seront, quant à eux, conclus entre l'Etat et les maires.

Benchmarking

Les Länder allemands ont développé depuis longtemps les notions de « concentration décentralisée » et de ville dense et compacte. Ils orientent l'aménagement régional grâce à l'urbanisme, avec le programme d'aménagement régional (l'équivalent du SCOT), déclinaison spatiale des orientations stratégiques visant à protéger les espaces naturels et les paysages et maîtriser le développement urbain sur le plan quantitatif comme qualitatif. Ce plan s'appuie sur le principe des places centrales et oriente notamment la programmation des investissements publics.

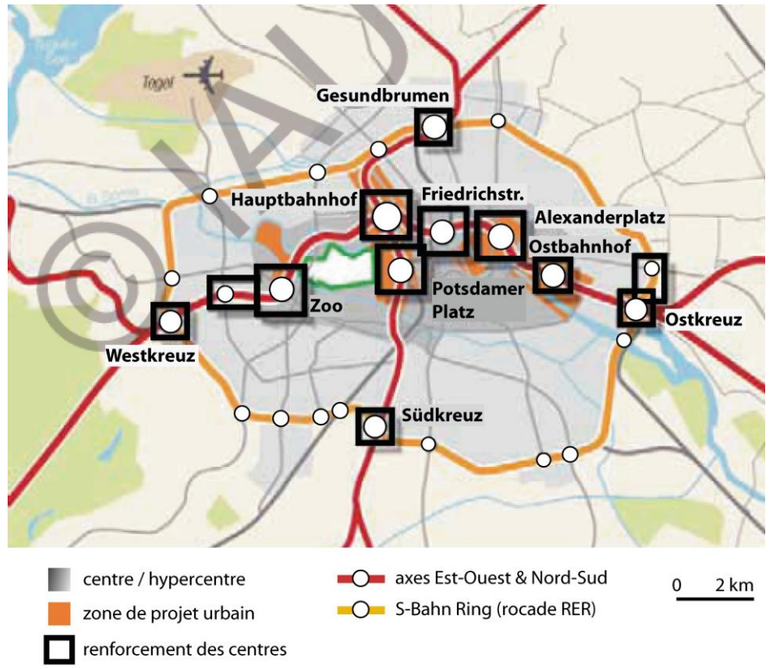


Figure 6.7-2 : Berlin : ancien et nouveaux centres autour des gares (Source : LECROART P., Après Kyoto, recherche ville écomobile.., Vers une mobilité durable en Europe - Les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.)

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

A l'échelle du Grand Paris Express, le développement de l'urbanisation devra s'articuler autour des "territoires stratégiques structurants pour le développement régional" (Extrait CESR Ile de France rapport du 23/06/09), en l'occurrence les OIN que sont :

- la Défense, Seine-Arche sur le faisceau ouest,
- Roissy/Plaine de France, sur le faisceau Nord,
- Orly/Rungis/Seine-Amont sur le faisceau sud-est,
- Seine Aval (Mantes / les Mureaux / Vallée de la Seine Aval / Poissy),
- Marne la Vallée (Bussy Saint Georges/Val de Bussy/Val d'Europe),

- Sénart, sur le faisceau sud : Massy - Palaiseau - Saclay Versailles - Saint - Quentin en Yvelines.

Il sera également important de veiller à la densification du tissu urbain diffus de Paris (où la marge de densification existe encore) et du reste du cœur d'agglomération (où les densités humaines sont de 80 à 300 habitants et emplois par hectare), sur les grandes emprises mutables, mais aussi dans l'ensemble des tissus urbains constitués, en particulier les mieux desservis. On pense notamment aux pôles majeurs de correspondance future et l'ensemble des tissus urbains compris dans les territoires des Contrats de développement territorial. L'enjeu des déplacements recouvre à la fois celui des relations entre ces centres et des relations avec le reste de l'Ile-de-France (accessibilité aux grands équipements).

Les applications locales de cette mesure sont détaillées par la suite dans la mesure n°7 (« La station de métro comme cœur de quartier).

Mesure n°2 : Adopter une politique de stationnement globale

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	+
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	-

Description de la mesure

Le choix du mode de déplacement est largement conditionné par l'offre de stationnement sur le lieu de destination. Il est établi aujourd'hui que le niveau de disponibilité du parking peut être plus significatif que le niveau de qualité de service des transports publics dans le choix du mode de transport, y compris pour des localisations très bien desservies par le transport en commun. L'étude d'évaluation des mesures d'accompagnement du RER de Bruxelles[130] a d'ailleurs montré que les mesures de restriction du stationnement automobile étaient parmi les plus efficaces en matière de diminution des véhicules*km effectués en voiture, de report modal vers les TC (Figure VI.7-3) et de diminution de la congestion. De plus, les véhicules étant de forts consommateurs d'espace, les mesures de stationnement visant à diminuer le nombre de « véhicules ventouses » permettent une réappropriation d'une partie de l'espace dédié au stationnement au profit d'un réaménagement de l'espace public pour les autres modes.

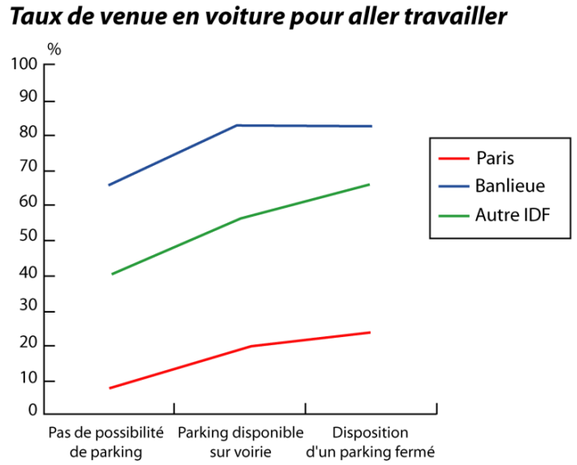


Figure 6.7-3 : Influence de la disponibilité de stationnement au lieu de travail sur le choix modal des salariés en Ile-de-France (Source : Vers une mobilité durable en Europe, les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.)

La politique de stationnement est donc un outil puissant, d'autant plus que c'est une forme de péage aujourd'hui très répandue et relativement bien acceptée par la population, contrairement à de nouveaux outils de régulation de flux automobiles comme le péage urbain.

L'étude européenne ESTEEM a révélé que les mesures de restriction du stationnement conditionnent fortement les choix de localisation des ménages et des emplois et contribuent, à long terme, à la restructuration de l'espace urbain. Les résultats de modélisation illustrent que les effets, en termes d'attractivité de l'agglomération centrale, sont très différents, suivant que les mesures restrictives de stationnement s'appliquent uniquement au centre d'agglomération ou également aux centres urbains périphériques. Dans le premier cas, la mesure conduit à une perte de vitalité économique pour l'agglomération centrale. Dans le second cas, la position centrale de l'agglomération la rend plus attractive que les autres centres urbains. C'est pourquoi il est primordial d'être attentif au choix des zones d'application de telles mesures. Etablir un cadre stratégique local coordonné à l'échelle régionale est un moyen efficace pour garantir cette cohérence territoriale.

Le concept de base des stratégies en matière de stationnement est une transposition de la politique de planification hollandaise «ABC »[131]. Celle-ci vise l'adéquation entre l'accessibilité d'un terrain et le profil de mobilité des activités qui s'y installent. Ici, il s'agit d'ajuster l'offre de stationnement (tarification, capacité, etc.) en fonction de la localisation des zones, de leur desserte en transport en commun et des activités qui y sont présentes.

[130] *ESTEEM : évaluation et optimisation des mesures d'accompagnement du RER desservant l'agglomération centrée sur la Région de Bruxelles-Capitale, Rapport 2, 2003*

[131] *Théorie développée par la suite dans la mesure n°9.1*

Schématiquement, un zonage du territoire peut se dessiner de la manière suivante :

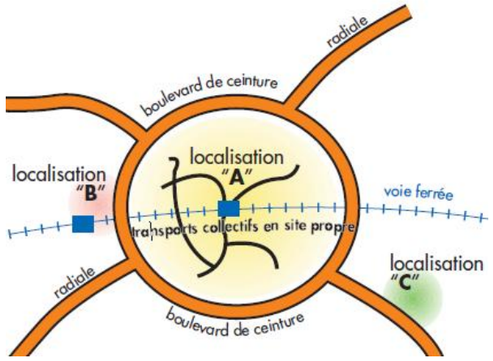


Figure 6.7-4 : Principe de politique de stationnement régionale inspiré de la théorie « ABC » (Source : Cohérence urbanisme/transports, quelques "bonnes pratiques" de développement durable en Europe. Agence d'urbanisme de la région stéphanoise. Septembre 2004.)

- Zone A (très bonne desserte TC régionale voire nationale, densité d'emploi/habitat importante) : zone à très forte restriction de stationnement

-> restriction de capacité, tarif A progressif dissuadant le stationnement longue durée

- Zone B (localisation péri-centrale, nœud de correspondance du réseau TC) : zone à forte restriction

-> restriction de capacité, tarif B dissuasif

- Zone C (zone périphérique, nœud secondaire du réseau TC) : zone à restriction modérée

-> restriction de capacité plus faible, tarif C

Les normes de dimensionnement de la capacité de stationnement et les niveaux des tarifs A, B et C doivent être adaptés de façon à inciter à l'usage des transports en commun sans diminuer la fréquentation des activités du site.

Leviers d'action

Le projet de Plan de Déplacement Urbain définit à l'échelle régionale les stratégies communales en matière d'organisation du stationnement en voirie et hors voirie (public et privé). Il traite dorénavant explicitement de l'organisation du stationnement sur voirie, dans les parcs publics, précise les zones où la tarification et la durée de stationnement doivent être réglementées (Cf. VI.7-5) et définit des ratios pour les emplacements hors voirie de bureaux.

Acteurs concernés

Le STIF est responsable de l'élaboration du projet de PDUIF. C'est le Conseil régional, après recueil de l'avis des collectivités compétentes en matière de transport, du représentant de l'Etat en Ile-de-France et soumission à Enquête Publique, qui a approuvé le nouveau document en février 2011.

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

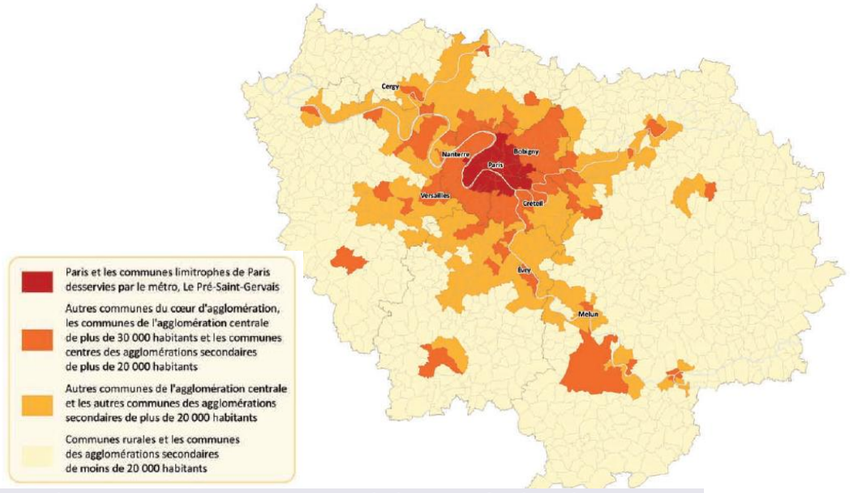
Le projet de PDUIF définit les grandes orientations de la stratégie francilienne en matière de stationnement en voirie selon le territoire francilien considéré et la morphologie urbaine du quartier, comme précisée sur la Figure 6.7-5 et le tableau associé. L'un des enjeux principal de la mise en œuvre du Grand Paris Express sera d'avoir une réflexion globale pour assurer l'intermodalité aux gares dans de bonnes conditions et privilégier les modes de rabattement définis pour ces stations, en accord, notamment, avec le Schéma Directeur des Parcs Relais.

L'objectif est double :

- accompagner, dans la durée, les impacts positifs liés à l'arrivée du Grand Paris Express (report modal, réappropriation de l'espace en faveur des TC, etc.) en favorisant une politique globale de stationnement ;

- harmoniser les moyens mobilisés et les méthodes mises en œuvre pour réglementer le stationnement et renforcer l'efficacité du contrôle.

A ce titre, des fourchettes de prix du stationnement pourraient être préconisées afin d'harmoniser la politique de stationnement aux abords du projet.



Principes de réglementation du stationnement sur voirie à mettre en œuvre selon les territoires franciliens et les quartiers

Guide de lecture du tableau :

- **Stationnement payant (...)** signifie que le stationnement doit être rendu payant.
- **Réglementation (...)** signifie qu'une réglementation doit être mise en place, qu'il s'agisse de stationnement payant ou d'une zone bleue (ou autre).
- **Pertinence d'une réglementation à définir localement, en fonction des conflits d'usage :** signifie que la commune doit apprécier la pertinence de mettre en place un stationnement payant ou une zone bleue (ou autre).

<table>
<tr><td>Secteur commercial (dont centre-ville)</td><td rowspan="3">Stationnement payant rotatif ou mixte visiteurs/résidents</td><td>Stationnement payant rotatif ou mixte visiteurs/résidents</td><td>Réglementation rotative ou mixte résidents/visiteurs</td><td rowspan="3">Pertinence d'une réglementation à définir localement, en fonction des conflits d'usage</td></tr>
<tr><td>Secteur gare rencontrant des conflits d'usage</td><td colspan="2">Réglementation visant à orienter le stationnement des usagers des transports collectifs vers les parcs relais</td></tr>
<tr><td>Secteur mixte résidentiel et activités</td><td>Réglementation visant à favoriser le stationnement des résidents par rapport à celui des actifs</td><td>Pertinence d'une réglementation à définir localement, en fonction des conflits d'usage</td></tr>
<tr><td>Secteurs purement résidentiels</td><td colspan="4" rowspan="2">Pertinence d'une réglementation à définir localement, en fonction des conflits d'usage</td></tr>
<tr><td>Autres secteurs</td></tr>
</table>

Figure 6.7-5 : Principes de réglementation du stationnement sur voirie à mettre en œuvre selon les territoires franciliens et les quartiers (Source : Projet de Plan de Déplacement Urbain de la Région Ile-de-France, STIF, février 2011)

Des stratégies d'application locale de cette politique de stationnement sont développées dans la mesure n°7.2.

Mesure n°3 : Adopter une politique de tarification des transports en commun en faveur du futur Grand Paris Express

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	-
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	+

Description de la mesure

L'accessibilité d'un lieu se mesure par les coûts internes de transport. Ceux-ci sont fonctions principalement des longueurs, des durées et des prix de transport, les poids respectifs de ces composantes variant selon les types de déplacement et les individus. La modification de la tarification des transports est donc un moyen d'agir sur l'accessibilité d'une ville et d'orienter le comportement des individus (décision de se déplacer, choix de la destination, choix de la période, choix modal, choix d'itinéraire, etc.).

Pour assurer le droit au transport à l'ensemble des franciliens, il est nécessaire de proposer une tarification accessible aux personnes pour lesquelles le prix d'un billet ou d'un abonnement peut être un frein à l'utilisation des transports en commun. Toutefois, l'amélioration de l'accessibilité des lieux par la réduction du prix des transports en commun peut favoriser un effet pervers d'étalement urbain. L'évaluation des mesures d'accompagnement du RER de Bruxelles[132] a mis en évidence, avec un modèle de simulation occupation du sol/transport, que la réduction des tarifs TC avait un effet significatif sur la délocalisation des ménages en périphérie. Selon les résultats de cette étude, les migrations centrifuges d'usagers des TC sont le fait surtout des familles sensibles au coût des transports dont les besoins d'espace et la préférence pour les maisons plutôt que les appartements expliquent le comportement. Le prix du foncier étant généralement moins élevé en périphérie, cette migration provoque une consommation d'espace par la surface urbanisée de type « résidentiel ». Toutefois, l'étude ESTEEM a démontré que lorsque la réduction tarifaire ne s'appliquait qu'au centre urbain, celui-ci gagnait en attractivité et attirait les ménages et les activités. La tarification des transports en commun a donc également un rôle significatif dans le choix d'implantation des ménages et des activités.

Il est, par ailleurs, nécessaire de conserver une proportion correcte de la participation des usagers au coût de leur déplacement et donc aux coûts de fonctionnement du transport collectif. Cette part est aujourd'hui déjà relativement modeste (30% en 2007[133]). C'est pourquoi un juste équilibre doit être trouvé entre tous ces enjeux.

Leviers d'action

Politique de tarification des transports publics : grille tarifaire du STIF

Toutes les mesures permettant de financer une baisse de tarif

Acteurs concernés

Conseil Général d'Ile-de-France, STIF, RATP, SNCF (tous les opérateurs de transport)

Benchmarking

De manière générale, les villes concentriques optent pour un système de tarification zonale concentrique. Cette tarification prend en compte la distance de façon simplifiée pour les trajets radiaux mais n'est pas très adaptée aux trajets en rocade. C'est la politique de tarification en vigueur en Ile-de-France. La tarification alvéolaire, généralement en vigueur dans les territoires polynucléaires, vise à corriger cette imperfection : le territoire est découpé en zones polygonales de taille comparable et le prix d'un trajet, indépendamment de sa direction, est fonction du nombre de zones traversées.

Les réseaux de Londres et Berlin, comme Paris, utilisent une tarification de type zonale concentrique. Ils présentent toutefois quelques particularités intéressantes. Berlin combine une tarification concentrique et une tarification alvéolaire : le territoire utilise un système alvéolaire et un sous-système zonal concentrique pour les villes autonomes (Cf. figure VI.7-6). Ceci permet de mieux prendre en compte les déplacements locaux et de proximité.

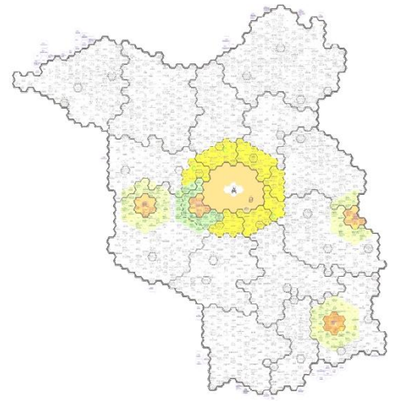


Figure 6.7-6 : Système de tarification TC berlinois (Source : LEMOINE C. et PREDALI F., Système tarifaire des transports collectifs : éléments de réflexion (vol.2) – Relations entre tarification spatiale et morphologie urbaine, IAURIF, avril 2007)

Les transports en commun londoniens bénéficient quant à eux d'une forte intégration tarifaire et d'un système de type zonal concentrique (Cf. figure VI.7-7). Londres a développé une tarification spécifique pour réduire la charge en heure de pointe: on observe des tarifs réduits après 9 heures du matin de l'ordre de 25% à 40% par rapport aux titres valables sans limitation. De plus, l'utilisation des transports en commun est avantagée pour les déplacements courts en banlieue. Comme en Ile-de-France, les déplacements ne traversant pas la zone 1 (centre) bénéficient d'une réduction par rapport à ceux qui l'incluent. Toutefois, à Londres, la réduction la plus importante concerne les déplacements les plus courts. A titre d'exemple, elle est de 36% pour un trajet

[132] *ESTEEM : évaluation et optimisation des mesures d'accompagnement du RER desservant l'agglomération centrée sur la Région de Bruxelles-Capitale, Rapport 2, 2003*
[133] *Diagnostic et orientations pour le nouveau Plan de Déplacements Urbains d'Ile-de-France, STIF, Août 2009*

sur 2 zones contre 28% sur un trajet sur 5 zones. Autre différence londonienne : cette réduction est indépendante de la localisation des zones.

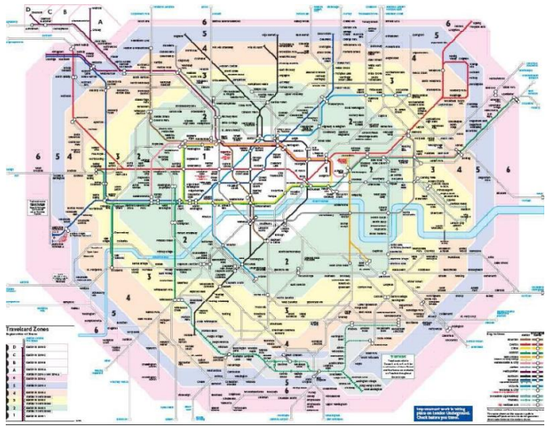


Figure 6.7-7 : Système de tarification TC londonien (Source : LEMOINE C. et PREDALI F., Système tarifaire des transports collectifs : éléments de réflexion (vol.2) – Relations entre tarification spatiale et morphologie urbaine, IAURIF, avril 2007)

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

Dans le cadre du projet Grand Paris Express, on pourrait envisager l'instauration d'un tarif unique en périphérie identique à ceux en vigueur dans la première couronne, mais toutefois supérieur à ceux du centre afin de conserver l'attractivité de ce dernier.

Cette mesure contribue à sa manière au développement durable en diminuant l'usage de la voiture. Toutefois, on l'a vu, elle peut donner un sérieux coup d'accélérateur à l'étalement urbain des ménages. Cette stratégie tarifaire doit donc être compensée par une mesure dont les effets spatiaux sont inverses, c'est-à-dire favorisant la concentration urbaine à la fois des ménages et des emplois.

La tarification de la mobilité a des impacts sur le choix modal, l'équité sociale et sur l'usage du sol. Pour bien calibrer cette mesure, il faut en étudier au préalable les effets avec un modèle intégré usage du sol-transport (LUTI).

6.7.3 Les mesures d'accompagnement aux abords des stations de métro

Les CDT constitueront les outils opérationnels déterminants à cette échelle d'intervention. Egalement, l'intervention de la Société du Grand Paris en tant qu'aménageur dans un rayon inférieur à 400 mètres autour des gares nouvelles du Grand Paris Express (après avis des communes et des EPCI) permettra de mettre en œuvre les mesures d'accompagnement garantissant l'atteinte des objectifs du projet du Grand Paris.

Mesure n°4 : La station de métro comme cœur du quartier

Les stations de métro sont des lieux d'interface entre différents modes de déplacements et constituent une étape essentielle dans la chaîne de déplacements du voyageur. Lieux d'accès privilégiés à une offre diversifiée de transports, elles peuvent proposer les composantes du service indispensables à la réalisation du voyage : information multimodale, vente de titres... Toutefois, ces pôles d'échanges ne doivent pas être considérés sous leur seul aspect fonctionnel d'infrastructure de transport. En effet, ils sont également des lieux de vie où peuvent se développer des activités connexes (restauration rapide, presse, petites réparations, informations ville…) qui contribuent à agrémenter le déplacement, facilitent la gestion du temps d'attente et dont l'attractivité peut s'étendre au-delà de la seule clientèle du transport. Les stations de transport en commun peuvent donc être un facteur de l'aménagement des villes, qu'elles s'intègrent à un projet urbain existant ou qu'elles fassent émerger de nouveaux aménagements de quartiers.

Les stratégies présentées dans cette mesure sont des applications locales des principes de la mesure n°1 (*« Contrôler l'usage des sols »*). Elles s'inspirent des théories du Nouvel Urbanisme.

Mesure n°4.1 : Encourager la localisation des activités fortement génératrices de déplacements de personnes dans les secteurs très bien desservis en transport en commun

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	+

Description de la mesure

Cette mesure est issue de la théorie « ABC », abordée précédemment (mesure n°3). C'est une politique de planification basée sur l'analyse des déplacements générés par les activités. Le principe de l' « ABC » vise à assurer la meilleure correspondance possible entre le profil d'accessibilité d'un terrain et le profil de mobilité des activités qui s'y installent (Cf.figure VI.7-9).

En zone A, où la desserte en transport en commun est très bonne, sont implantées les entreprises à forte concentration d'emplois et/ou attirant de nombreux visiteurs et dont les activités ne dépendent pas de l'accessibilité routière.

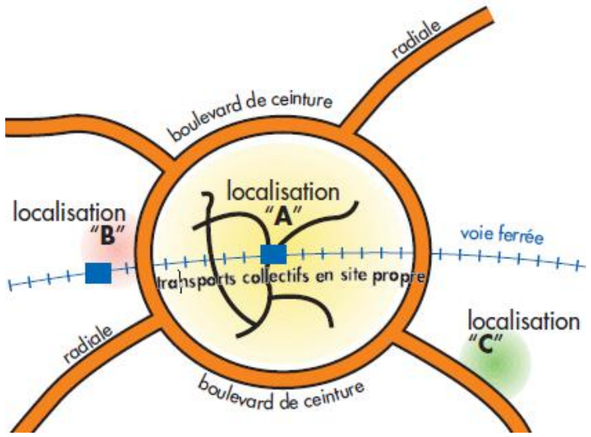


Figure 6.7-8 : Schéma de principe de la théorie ABC (Source : Cohérence urbanisme/transports, quelques "bonnes pratiques" de développement durable en Europe. Agence d'urbanisme de la région stéphanoise. Septembre 2004.)

En zone B, localisation péri-centrale, sont implantées les activités accueillant moins de personnes et qui nécessitent d'être doublement desservies : par les transports collectifs et par la route. C'est le cas, par exemple, des hôpitaux.

En zone C sont implantées les activités peu denses et dont le bon fonctionnement dépend du niveau de desserte routière. La desserte en transport collectif est souhaitable, mais le niveau de desserte peut être faible.

Leviers d'action

- Plan de Déplacement Entreprise (PDE)

  Rendus obligatoire pour les établissements de plus de 450 000 salariés par le PPA en 2005 et subventionnés en partie par l'ADEME et la région Ile-de-France, les PDE ont pour objectif de repenser l'organisation des déplacements liés à l'activité de l'entreprise.

- Système de veille foncière

  Pour optimiser et orienter les destinations du foncier dans le corridor des transports en commun, il est important que la collectivité publique puisse le maîtriser. Il peut alors être mis en place un système de veille foncière qui consiste en l'analyse continue des opportunités foncières et de leur mutabilité. Pour cela, les acteurs fonciers doivent être mobilisés le plus en amont possible du projet de transport.

- Urbanisme réglementaire

  La réglementation de l'occupation des sols et le zonage, à travers le Plan Local d'Urbanisme (PLU), permettent de favoriser la destination des parcelles. Par exemple, il peut être fait usage d'Emplacement Réservé (ER) dans le plan de zonage du PLU afin de garantir la pérennité de la localisation d'un Etablissement Recevant du Public, une fois celle-ci déterminée.

- Politique financière

  Des taxes d'impact environnemental peuvent s'avérer être un outil complémentaire au PLU afin de favoriser l'implantation des activités « au bon endroit » *(Cf mesure n°2)*.

Acteurs concernés

Cette mesure à l'échelle locale est du ressort des communes ou des EPCI qui pourront faire appel à la Société du Grand Paris

Benchmarking

L'étude City Freight[134] a montré, à l'aide de modèle de simulation « occupation du sol/transport », qu'une stratégie d'implantation des entités commerciales en lien avec le réseau de transport pouvait avoir un effet non négligeable sur les déplacements quotidiens. Par exemple, améliorer la desserte TC des centres commerciaux, emprises foncières privées peu denses en périphérie, pouvait réduire la part modale du véhicule particulier (ou du moins du nombre de kilomètres parcourus en voiture) ainsi que, dans une certaine mesure, la surface dédiée au stationnement. En effet, les parcs relais peuvent dans ce cas s'avérer être une très bonne alternative aux traditionnels parkings des centres commerciaux[135] puisque leur durée d'utilisation est adaptée à celle des courses (Cf mesure n° 7.2).

Offrir l'opportunité aux salariés de faire leurs courses aux alentours des stations TC peut avoir un impact non négligeable sur la part modale des TC dans les trajets des salariés. En effet, cela va diminuer la distance des trajets automobiles des personnes ayant l'habitude d'utiliser les parcs relais puisqu'ils auront la possibilité de faire leurs achats dans des petits commerces à la sortie du travail, plutôt que dans une zone commerciale excentrée pendant la semaine comme c'est le cas le plus souvent aujourd'hui. Les supérettes sont le type de commerce le plus adapté à cette stratégie puisqu'elles offrent des produits variés et différents services aux consommateurs. Vu le développement du commerce sur Internet, l'implantation de « package pickup site » est également justifiée.

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

Il s'agira d'assurer une répartition équilibrée des activités économiques autour des gares du Grand Paris Express permettant aux communes les plus importantes de conserver leur rôle central et aux pôles desservis de gagner en centralité.

Mesure n°4.2 : Densifier les noyaux de transport en commun

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	+

[134] *City Freight, Inter and Intra City Freight Distribution Networks, Final Report, European Commission Fifth Framework Program*

[135] *L'emprise foncière grandissante dédiée à ces parkings a été soulignée par D. Mangin dans son ouvrage «La ville franchisée. Formes et structures de la ville contemporaine». Il parle aujourd'hui de « ville franchisée » ou les zones commerciales constituent des « enclaves privées et sécurisées ».*

Description de la mesure

Le choix modal est influencé par le niveau d'offre en transport en commun : fréquence, confort, etc. Or, celui-ci est directement lié à la demande, c'est-à-dire au nombre de passagers potentiels desservis par une ligne de transport en commun. Généralement, cette clientèle est constituée de la population (habitants, salariés, etc.) à distance de marche à pieds des stations. D'où l'importance de la densité urbaine à proximité des stations. Concrètement, en intensifiant les pôles de génération de déplacement à proximité des stations TC on accentue le report modal vers les transports en commun. Toutefois, si la densification a des effets significatifs sur le choix modal des habitants, elle peut gagnée à être combinée à une mixité des usages et des fonctions (Cf mesure n°6.3).

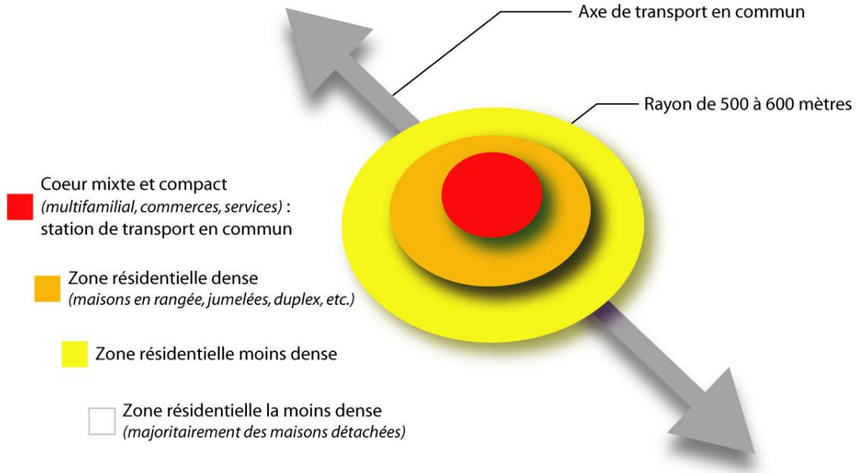


Figure 6.7-9 : Ddensification concentrique autour des transports en commun (Source : 1000 Friends of Oregon. http://www.onethousandfriendsoforegon.org)

Habiter ou travailler près d'une gare a un impact favorable sur l'usage des transports collectifs et conduit à une diminution des kilomètres parcourus en voiture, et ce, d'autant plus qu'on se situe en périphérie[136]. Ainsi, le principe de densifier autour des gares est propice à l'augmentation de l'usage des transports collectifs. D'où l'intérêt de densifier en habitats et en activités de type B dans la théorie « ABC » (Cf mesure 8.2), c'est-à-dire les activités à forte concentration d'emplois et/ou attirant de nombreux visiteurs et dont les activités ne dépendent pas de l'accessibilité routière.

Leviers d'action

- Investir dans le renouvellement urbain

  La plus grande marge de manœuvre en ce qui concerne la densification réside dans les programmes nouveaux et la reconstruction de la ville sur elle-même. Inciter à des programmes ambitieux en termes de densité et de qualité de vie, allant au-delà des orientations prescrites par les documents généraux (PLH, SCOT, etc.), remplit ces objectifs. On pourra penser, par exemple, à introduire dans les programmes une part de logements à destination des personnes facilement exclues de la mobilité (logements adaptés aux personnes handicapées, âgées ou à très faibles revenus). La création de Zone d'Aménagement Concerté (ZAC multisites, ZAC de renouvellement urbain, etc.) est un moyen de privilégier des programmes d'opération ambitieux en termes de densité.

- Système de veille foncière

  Pour optimiser et orienter les destinations du foncier dans le corridor des transports en commun, il est important que la collectivité publique puisse le maîtriser. Il peut alors être mis en place un système de veille foncière qui consiste en l'analyse continue des opportunités foncières et de leur mutabilité. Pour cela, les acteurs fonciers doivent être mobilisés le plus en amont possible du projet de transport.

- Faire évoluer la réglementation permettant la densité

  L'adaptation de la réglementation (révision, modification du Plan Local d'Urbanisme, etc.) permet de mettre en œuvre les programmes des opérations urbaines. Sur des espaces déjà urbanisés, une évolution du règlement en termes de Coefficient d'Occupation du Sol *(Article 14)*, de hauteurs *(Article 10)* et/ou de zonage doit permettre une densification spontanée et non l'empêcher. Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), annexe du PLU, permet également de fixer les grandes orientations communales en matière de densité et de maîtrise de l'étalement urbain. Le contrat de développement territorial prévu par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris permettra également de faire évoluer ces règles.

Acteurs concernés

Les communes ou les EPCI sont les principaux acteurs concernés par cette mesure. L'Etablissement Public Foncier (EPF) d'Ile-de-France peut également tenir un rôle important dans le système de veille foncière. L'Etat intervient aussi dans l'élaboration des contrats de développement territorial.

Benchmarking

A Lille, le PLU a défini des secteurs spécifiques : des Disques de Valorisation des Axes de Transport (DIVAT). Ces sont des disques de 500 m de rayon centrés sur les stations de transport collectif importantes. Ils correspondent à une accessibilité théorique de 5 à 10 minutes à pied. Dans ces DIVAT, des normes spécifiques pour privilégier l'utilisation du TC ont été retranscrites dans le règlement du PLU, notamment des règles de COS et de hauteur.

Modalités de mise en œuvre dans le Grand Paris

En Ile-de-France, de nombreux secteurs aux alentours des gares et des stations du réseau ferré offrent encore des opportunités de densification, voire d'urbanisation, en grande mais aussi en proche couronne (Cf. chapitre 3.7.2.). Cette densification doit toutefois être maîtrisée afin de garantir le bon fonctionnement des transports collectifs. Il s'agit d'abord de préserver l'emprise nécessaire à l'accessibilité des modes doux de déplacement (cheminements piétons, vélos…) et essentielle à l'intermodalité (points d'arrêt des bus, stationnement véhicule, etc.). Il est également important de tenir compte de l'impact de la densification sur la fréquentation des réseaux existants, et donc de dimensionner les surfaces à construire en fonction des flux que les réseaux de transports collectifs sont en mesure d'absorber.

Enfin, la question du pavillonnaire constitue un enjeu essentiel en termes de densification. L'habitat individuel, composé des tissus pavillonnaires mais également des maisons individuelles des communes semi-rurales franciliennes, représente en effet un réservoir foncier majeur pour un processus de densification puisqu'il constitue la partie la plus importante de l'urbain construit en Ile-de-France, en particulier en petite (37% de l'emprise au sol de l'urbain construit) et grande couronne (55%) (Cf. chapitre 3.7.2.). La réussite d'une densification des quartiers pavillonnaires de petite et grande couronne est donc la clef pour atteindre les objectifs environnementaux poursuivis par le projet Grand Paris Express.

[136] *Habiter ou travailler près d'une gare de banlieue, quels effets sur les comportements de mobilité? D.NGUYEN-LUONG, J. COUREL, IAU Ile-de-France, novembre 2007*

Cependant, cette densification s'avère aujourd'hui complexe car :

- la plus grosse difficulté de sa mise en œuvre est d'ordre sociétal. Si les trois quarts des élus[137] considèrent la lutte contre l'étalement urbain comme une action prioritaire à mener, ils ne sont cependant que 39% à juger que les collectivités locales sont prêtes à s'y attaquer car l'acceptabilité de la densité est complexe et parfois difficile à atteindre. En effet, la densité véhicule souvent pour les concitoyens un imaginaire négatif, associé à la référence des villes insalubres d'autrefois, aux périphéries des pays en voie de développement ou aux tours de barres d'immeubles, en opposition avec le « rêve pavillonnaire proche de la ville »[138]. La densification de l'existant, en particulier celle du pavillonnaire, se voit ainsi fréquemment confrontée à la réticence des habitants qui se sentent lésés par ce projet.

- elle est verrouillée par des contraintes juridiques restreignant les actions des collectivités locales sur ce foncier privé.

Figure 6.7-10 : Morphologie type d'une zone d'habitats pavillonnaires (Source : Espaces publics périurbains et densification pavillonnaire , Benoit Le Foll, CETE Normandie-Centre, 2011)

Différentes pistes d'actions, évoquées dans le rapport de l'Atelier international du Grand Paris sur le sujet[139], peuvent être menées pour aller au-delà de ces contraintes « urbanistico-juridiques » et sociétales. Pour densifier le pavillonnaire, il est possible de :

- débloquer les réglementations actuelles (Cf. levier d'action n°3) afin de permettre l'urbanisation de parties de terrain par leurs propriétaires ;

- densifier le tissu urbain : avec la solution « au-dessus », « à côté » ou « derrière » (Cf. figure VI.7-12) ;

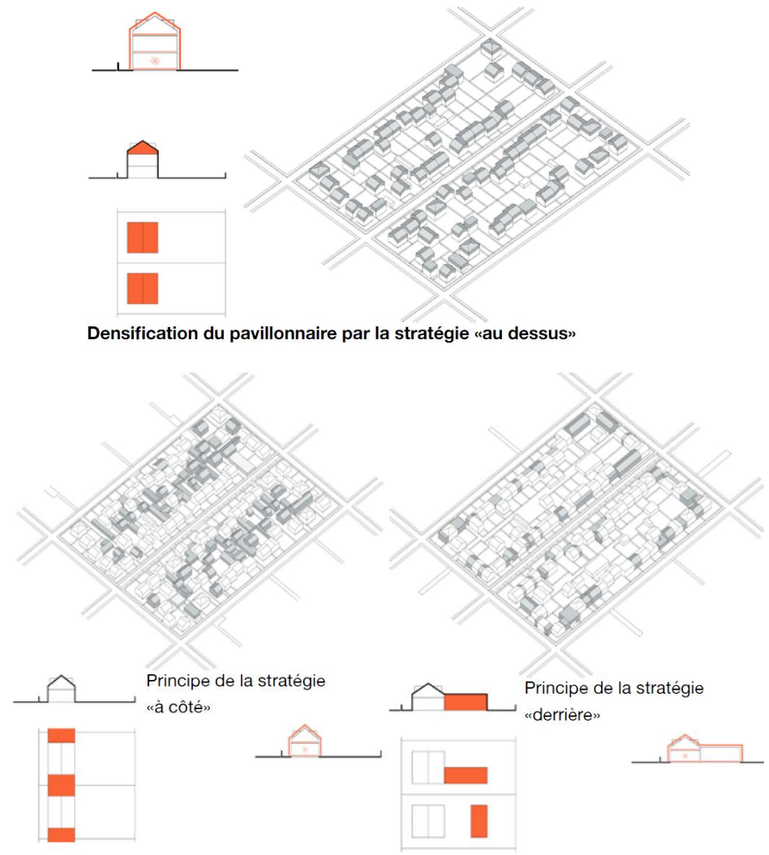


Figure 6.7-11 : Différentes stratégies de densification du pavillonnaire (Source : Densifier les zones pavillonnaires, Atelier international du Grand Paris, http://www.ateliergrandparis.com/construire/densifierZP.pdf)

- Inciter au développement de lieux de nouvelles coexistences, selon les caractéristiques sociodémographiques de la zone en densifiant sur les voies à proximité du passage d'une ligne de transport en commun, en substituant une parcelle ou un îlot entier par un objet multifonctionnel ou en promouvant les micro-densifications dispersées à l'intérieur des îlots.

Quoiqu'il en soit, des mesures spécifiques et adaptés aux tissus pavillonnaires devront être apportées, en lien avec la mise en œuvre du projet Grand Paris Express.

Mesure n°4.3 : Encourager la mixité des fonctions et des usages

---

[137] Sondage CSA réalisés auprès de 300 élus municipaux dans des aires urbaines d'au moins 50 000 habitants, octobre 2010, La difficile densification des quartiers pavillonnaires, EGIS, Ateliers de la Terre, http://www.lemoniteur.fr/133-amenagement/article/a-suivre/772418-la-difficile-densification-des-quartiers-pavillonnaires

[138] Densifier le pavillonnaire, études foncières, la Revue, mars 2012, http://www.etudesfoncieres.fr/2012/03/densifier-le-pavillonnaire/

[139] Densifier les zones pavillonnaires, Atelier international du Grand Paris, http://www.ateliergrandparis.com/construire/densifierZP.pdf

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	+

Description de la mesure

La mesure n°6.2 ne doit pas être simplement pensée comme une augmentation de la densité. Cette action doit s'accompagner d'une plus grande mixité des fonctions urbaines (habitat, emploi, commerces, services, etc.) afin de créer une véritable centralité urbaine autour du noyau de transport collectif (Cf mesure n°1.2).

Cette mixité urbaine permet, d'une part, de diversifier les usages selon les périodes de la journée et de garantir la viabilité économique du système de transport collectif. D'autre part, elle favorise le report modal des usagers en réduisant les distances de déplacement (les pôles de génération se rapprochent des pôles d'attraction) et en amélioration les conditions de déplacements de proximité.

Ces principes sont intégrés au concept de transit-oriented development (TOD)[140]. Le TOD place notamment les arrêts et les stations de transport en commun au cœur de la vie du quartier. Autour se concentre une densité radiocentrique de mixité urbaine, sociale et fonctionnelle (Cf. figure VI.7-13). L'idée est de faire des gares urbaines et de leurs abords immédiats des lieux de commerces et de services au bénéfice des utilisateurs de transport en commun mais aussi des non voyageurs.

Il faut souligner qu'il est plus facile de changer l'occupation effective du bâti que sa morphologie dans un quartier d'habitat. Par exemple, le Quartier Léopold à Bruxelles s'est transformé spontanément de logements type « hôtels de maître » en bureaux « hôtels de maître ».

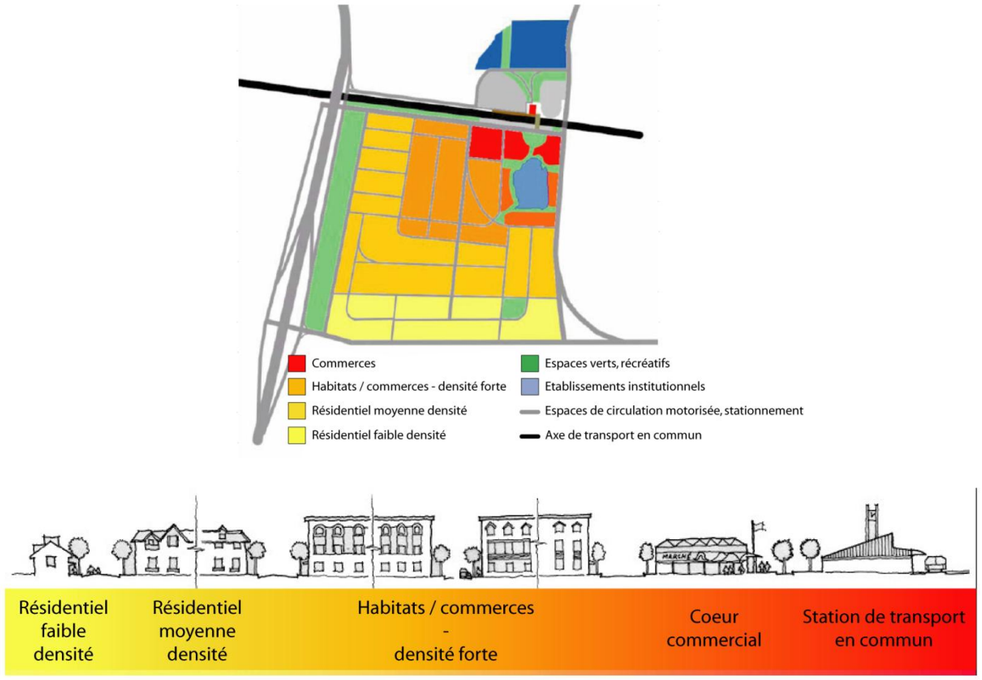


Figure 6.7-12 : La station de transport en commun au cœur de la vie de quartier, schémas de principe (Source : 1000 Friends of Oregon. http://www.onethousandfriendsoforegon.org)

Leviers d'action

- Investir dans le renouvellement urbain

  Il s'agit d'inciter au développement de programmes de construction ambitieux en termes de mixité habitat/activité. La création de Zone d'Aménagement Concerté (ZAC multisites, ZAC de renouvellement urbain, etc.) peut être un outil opérationnel privilégié. D'autre part, le contrat de développement territorial prévu par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris permettra également d'inciter au renouvellement urbain.

- Système de veille foncière

  Pour optimiser et orienter les destinations du foncier dans le corridor des transports en commun, il est important que la collectivité publique puisse le maîtriser. Il peut alors être mis en place un système de veille foncière qui consiste en l'analyse continue des opportunités foncières et de leur mutabilité. Pour cela, les acteurs fonciers doivent être mobilisés le plus en amont possible du projet de transport.

[140] *1000 Friends of Oregon, http://www.onethousandfriendsoforegon.org*

- Urbanisme réglementaire

  La réglementation de l'occupation des sols (Articles 1 et 2) et le zonage, à travers le Plan Local d'Urbanisme, permettent de favoriser la destination des parcelles. Le PADD permet également de fixer les grandes orientations communales en matière de mixité urbaine.

Acteurs concernés

Communes, EPCI, Etablissement Public Foncier (EPF) d'Ile-de-France

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

L'IAU d'Ile-de-France a réalisé une étude[141] qui montre que la densification en habitat dans les quartiers de gares est, en termes de report modal vers les transports en commun, d'autant plus intéressante qu'elle se situe en périphérie alors que la densification en activités économiques dans les quartiers de gare est intéressante quelque soit l'éloignement par rapport à Paris. Il pourrait ainsi être intéressant de privilégier une densification en faveur de l'habitat dans les secteurs de la petite couronne et une mixité équitable activités-habitat dans le reste de l'agglomération.

Mesure n°5 : La gare comme plate-forme à l'intermodalité

Dans le cadre du projet Grand Paris Express, l'enjeu est bien de proposer un complément aux réseaux existants en favorisant l'intermodalité et le transfert modal de la voiture vers les transports en commun. Une bonne intermodalité est une articulation réussie entre l'offre de transport et les différents modes mais aussi une tarification intégrée, une organisation spatiale et une synchronisation des échanges optimisée ainsi qu'une information aux utilisateurs accessible et mise à jour.

Si la gare et ses abords sont aménagés de telle manière que les échanges intermodaux soient favorisés, il peut se produire une synergie entre le développement des fonctions de transport et celui des autres fonctions se localisant dans son voisinage, contribuant ainsi à renforcer sa position de « cœur de quartier ».

Figure 6.7-13 : Les pôles d'échange sont des lieux clefs du rééquilibrage des modes de transport (Source : Angers 21, "penser les déplacements pour une ville durable", janvier 2005)

[141] *Habiter ou travailler près d'une gare de banlieue, quels effets sur les comportements de mobilité? D.NGUYEN-LUONG, J. COUREL, IAU Ile-de-France, novembre 2007*

Mesure n°5.1 : Améliorer la qualité de l'espace public

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	+
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	

Description de la mesure

Les gares sont la vitrine de l'offre de transport et déterminent la perception des voyageurs sur la qualité du service offert. Pour ne pas que les abords de station soient « envahis » de migrants pendulaires venus y garer leur voiture avant de prendre le métro, il est nécessaire d'améliorer l'accessibilité aux autres modes de transport et de garantir le partage modal de la voirie locale. En effet, il ne s'agit pas de découper l'espace public en espace dédié à chacun des usages, mais bien de favoriser la mixité des usages. Les solutions techniques doivent être soigneusement mises au point et dimensionnées : les différents systèmes de transport doivent pouvoir échanger leurs voyageurs sans difficulté. Bien plus qu'une redistribution de l'espace, ce sont de nouvelles règles de cohabitation qu'il faut rechercher, respectant la place de chaque mode et limitant les excès d'usage de la voiture au détriment des autres. En particulier, on veillera à ce que les piétons et les cyclistes puissent accéder aux stations en priorité, suivis respectivement par le transport public, le parking de courte durée et le stationnement de longue durée.

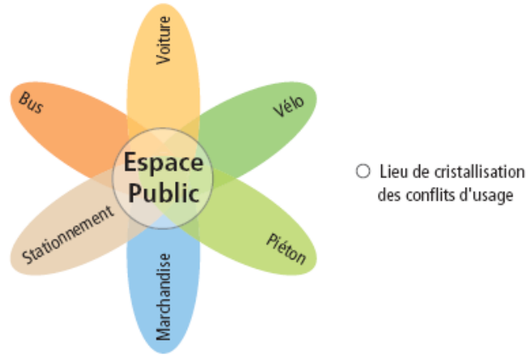


Figure 6.7-14 : De nombreux conflits à arbitrer et des usages à contrôler (Source : diagnostic et orientations pour le nouveau Plan de Déplacements Urbains d'Ile-de-France, STIF, Août 2009)

En partie dense d'agglomération à proximité de Paris, la densité des stations fait que les aires d'influence des stations sont relativement réduites (Cf. schéma de principe figure VI.7-16). Par conséquent, les accès à ces pôles se font généralement à pied, en vélo ou en bus. C'est pourquoi il s'agira d'optimiser l'accès à ces modes, le rabattement en voiture ne devant pas être privilégié.

En grand couronne, les pôles d'échange ont une aire d'influence plus étendue. Le rabattement en voiture est incontournable mais des améliorations du réseau de bus qui le dessert ou des accès aux modes doux de déplacement peuvent être un facteur de limitation de l'usage de la voiture.

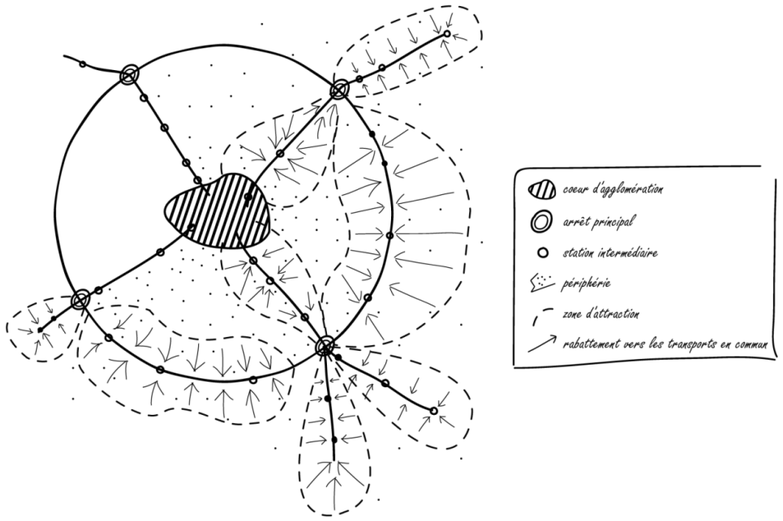


Figure 6.7-15 : Schéma de principe des zones d'attraction des stations de transport en commun (Source : Stratec, 2012)

Leviers d'action

- Une urbanisation continue et perméable et des maillages hiérarchisés

La voirie et les espaces publics constituent la base sur laquelle s'appuiera la trame bâtie. Une composition de qualité permet de créer un cadre de vie agréable qui facilite l'animation du quartier. La densification des zones à proximité du réseau de transport en commun demande des espaces de respiration et de circulation repensés à la bonne échelle.

La hiérarchisation des voies de circulation en fonction des usages permet d'adapter la circulation à la structure urbaine envisagée, et vice-versa. Les voies doivent être dimensionnées et hiérarchisées en fonction de leurs usages à partir d'un plan de composition (Cf. figure VI.7-17). L'organisation des voies doit également prendre en compte les éléments topographiques et paysagers ainsi que les flux de circulation. Son but est de diminuer les conflits d'usage de la voirie et les nuisances induites par le trafic routier et de maximiser les possibilités d'interaction entre modes de transport en :

- protégeant les zones sensibles d'habitations et d'activités des flux importants de circulation ;

- créant un véritable maillage de déplacements doux qui relie les espaces résidentiels aux pôles forts du quartier ;

- reliant les pôles d'activité entre eux.

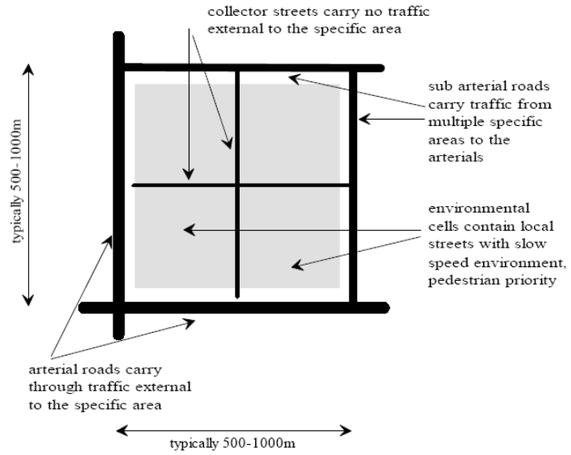


Figure 6.7-16 : Hiérarchisation des voies de circulation (Source : Eppell, V.A.T. (Tony) and McClurg, Brett A. and Bunker, Jonathan M. (2001) A four level road hierarchy for network planning and management. In: 20th ARRB Conference, 19-21 March 2001, Melbourne)

1- Les voies principales sont extérieures aux zones résidentielles et traversent la ville.

2- La voie secondaire est la colonne vertébrale du quartier. Elle permet de traverser et de structurer celui-ci et le relie à ville.

3- Les voies tertiaires desservent les habitations

4- Les voies où la priorité est donnée au piéton : le trafic automobile est fortement restreint et la vitesse de circulation limitée

La réallocation d'une partie de l'espace dédié au trafic automobile aux autres modes de transport peut se traduire par la suppression de places de stationnement ou par la création de nouvelles voies de circulation : lignes de bus, pistes cyclables, maillages piétons.

Il est nécessaire de privilégier les trajets rectilignes et aussi naturels que possible : les piétons ne tiennent pas à effectuer des détours artificiels. Les obstacles sont à éviter, notamment les enclaves privées et les coupures urbaines. Dans de nombreux quartiers pavillonnaires par exemple, la configuration de la voirie, souvent étroite et possédant de nombreuses impasses, ne permet pas d'assurer une desserte TC de proximité (desserte en périphérie généralement) ni d'inciter à l'usage des modes doux de déplacement (rallongement des distances).

Figure 6.7-17 : Un quartier pavillonnaire en Ile-de-France (Source : STIF 2009, BD TOPO 2008, InterAtlas 2005)

Dans le périmètre rapproché des stations, seules les circulations motorisées indispensables sont à conserver. En particulier, les bus, dont la vitesse commerciale doit être optimisée, doivent pouvoir bénéficier de mesures spécifiques comme l'accès à la zone à trafic réduit ou des voies spéciales de circulation. Les piétons, quant à eux, doivent bénéficier d'un itinéraire direct menant à l'accès au métro. Celui-ci peut d'ailleurs être prolongé jusqu'à l'arrière des stations de manière à créer une continuité dans le maillage général de la ville. La connexion efficace avec les pistes cyclables existantes (et futures) permet également de privilégier l'accès aux cyclistes jusqu'aux accès du métro. Egalement, il est essentiel de réduire les coupures générées par les grandes infrastructures, enclaves privées pour la plupart.

La hiérarchisation du réseau routier francilien est inscrite au projet PDUIF mais son application est encore peu mise en œuvre à l'échelle communale jusqu'à présent.

- L'aménagement de l'espace

Dans le cas d'un métro en souterrain, la conception des passages doivent assurer le confort des piétons : éclairage artificiel, mobilier, publicité, inclinaison, largeur, etc. Les itinéraires en surface peuvent être complétés par des plantations, de la signalétique, du mobilier urbain et un éclairage sécuritaire séquencés. Des ruptures d'alignement ponctuelles permettent également de rompre leur monotonie. Enfin, de nombreux aménagements de voirie (pente, largeur, éclairage) ainsi que l'installation d'équipements annexes (escalators…) peuvent améliorer l'accessibilité des PMR.

Mesure n°5.2 : Mettre en œuvre à l'échelle locale la politique de stationnement globale

Objectif(s) visé(s)

Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun	+
Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain	+
Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier	+
Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens	-

Description de la mesure

Les espaces de stationnement aux abords des stations, bien que nécessaires, doivent être pensés dans le cadre général de la politique de mobilité et d'accessibilité régionale (Cf mesure n° 3) :

- les stationnements voiture sont de très forts consommateurs d'espace et leur positionnement ne doit pas se faire au détriment d'affectations plus rentables du point de vue de l'usage du sol et de la densification. Toutefois, à partir du moment où l'automobiliste quitte son véhicule, il redevient piéton et possède les même critères de proximité que les autres usagers du métro ;

- la taille des espaces de stationnement voiture doit être suffisante, notamment pour assurer des renforts en heure de pointe, mais ne doit pas provoquer la création de flux de trafic supplémentaires. Ceci doit favoriser le rabattement des voitures, surtout dans les secteurs où le bus ne peut répondre à tous les besoins d'accès aux gares.

Pour mener une politique efficace de stationnement, il s'agit donc d'adopter une stratégie croisée et cohérente entre stationnement public et privé et une réglementation adaptée aux objectifs d'intermodalité de la gare afin d'éviter le stationnement sauvage.

Leviers d'action

La question du stationnement est aujourd'hui un enjeu majeur dans les politiques de transport et d'urbanisme, d'autant plus qu'elle est entièrement du ressort des pouvoirs publics. En effet, les tarifs de stationnement public sur voirie sont instaurés par délibération du conseil municipal et les parcs publics de stationnement sont gérés par les collectivités directement ou indirectement (par délégation à un gestionnaire privé). Quant au stationnement privé, les règles pour toute construction nouvelle sont dictées par l'article 12 des Plans Locaux d'Urbanisme et prennent en compte sa nature, sa superficie et sa localisation. Le projet de PDUIF fixe également des orientations pour fixer les ratios communaux d'emplacements hors voirie des bureaux.

Acteurs concernés

Communes, Etablissements Publics de Coopération Intercommunale, Etat (signataire des contrats de développement territorial)

Benchmarking

Différentes stratégies sont applicables au stationnement privé et public :

- Limiter l'espace dédié au stationnement public

  Une des premières solutions est de mutualiser l'offre : c'est le principe des parkings mutualisés qui répondent à la demande de plusieurs générateurs de stationnement proches dont les besoins sont complémentaires. A Ivry-sur-Seine, par exemple, les places privées non occupées sont ouvertes au stationnement public. Autre exemple : à Paris, les places réservées aux livraisons durant la journée sont disponibles pour les résidents la nuit. Une autre approche consiste à concentrer le stationnement et le répartir en hauteur, comme dans les parkings silos.

- Privilégier le stationnement de courte durée et favoriser la rotation des véhicules par des tarifications dissuasives

- Faciliter le stationnement résidentiel sur voirie

  Il est nécessaire de distinguer le stationnement résidentiel des autres usagers. En effet, un tarif prohibitif pour les résidents peut avoir un effet pervers : ceux ne disposant pas

d'alternative à la voiture pour stationner leur véhicule pourraient se voir obligés de libérer leur place tous les matins et seraient poussés à aller au travail en voiture. A long terme, ils pourraient être amenés à quitter la zone résidentielle dense et participer à l'étalement urbain. Des tarifs préférentiels à destination des résidents ont été mis en place, par exemple, dans différentes villes d'Europe, avec des formules de durée assez variables : 115£/an à Londres-Westminster (avec une réduction pour les véhicules peu émetteurs de CO2) et à Paris, 260€/an à Lausanne, 840€/an à Rome, etc.

- Restreindre les possibilités de stationnement dans les zones à forte densité d'emploi et bien desservies par les transports en commun

- Supprimer le ratio minimum exigé pour chaque nouvelle construction au profit d'un ratio maximum selon chaque type de construction dont la valeur varie selon la distance à la station TC. A Orly, par exemple, les ratios de stationnement ont été revus à la baisse (-20%) dans un rayon de 150 mètres autour des gares.

- Inciter à d'autres modes de déplacement

  L'accessibilité des deux-roues, par un maillage adapté et connecté aux stations, est une condition essentielle pour le rabattement à vélo. Mais celui-ci ne peut se concrétiser sans des aménagements spécifiques, notamment des stationnements deux-roues couverts et sécurisés au plus près possibles des accès au métro.

- Inciter au report modal des automobilistes de la périphérie : les parcs-relais

  Un développement immobilier dense et mixte autour d'une station génère plus de clientèle TC qu'un parc-relais pour un surcroît de capacité des transports en commun moindre, et donc des coûts marginaux inférieurs d'infrastructure, de matériel roulant et d'exploitation. Toutefois, le parc-relais a l'avantage de favoriser le rabattement des automobilistes des périphéries urbaines vers les gares en proposant des tarifs intégrés « parkings+TC » attrayants. Mais pour qu'un parc-relais favorise bien le report modal « Voiture à Voiture + TC » et non pas « TC purs à Voiture + TC » il faut que son installation s'accompagne de la mise en œuvre d'une politique beaucoup plus restrictive d'accessibilité de la voiture dans la ville-centre. De plus, pour dégager l'espace des circulations les plus perturbantes, le parking sera avantageusement situé à l'arrière de la gare. Enfin, ce parking doit être judicieusement dimensionné : il ne faut pas, en effet, qu'il se transforme en centre de transfert pour voyageurs de longue distance. Il vise avant tout le public des nouveaux clients (ex-automobilistes) qui viennent travailler ou résident dans l'hinterland.

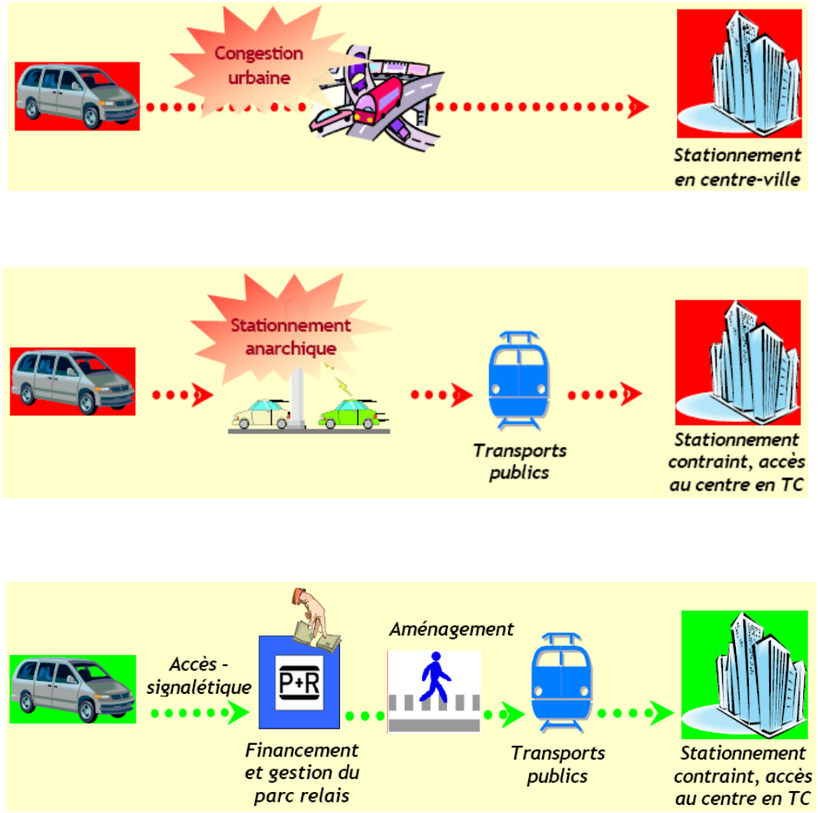


Figure 6.7-18 : Scénarios d'accès au centre-ville pour l'automobiliste : un scénario (c) à privilégier (Source : Les pôles d'échanges en France : état des connaissances, enjeux et outils d'analyse. INRETS/CODRA. Dossiers du CERTU. Juin 2006)

Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express

Ces différentes stratégies de stationnement seront plus ou moins restrictives selon le type de zonage défini par le Schéma directeur de stationnement automobile régional (Cf mesure n°3) et le mode de rabattement à la gare privilégié.

6.7.4 Synthèses des mesures d'accompagnement

Echelle d'application	Mesure	Description de la mesure	Leviers d'action	Acteurs concernés	Benchmarking	Modalités de mise en œuvre pour le Grand Paris Express	Objectif visé			
							1	2	3	4
Mesures d'accompagnement régionales	1. Contrôler l'usage des sols									
	1.1 Limiter l'ouverture à l'urbanisation	réduction des surfaces actuellement ouvertes à l'urbanisation pour préserver les espaces non urbanisés et favoriser le renouvellement urbain	Urbanisme réglementaire (SDRIF) Contrat de développement territorial (CDT)	Etat Région	-	Intégrer le projet Grand Paris Express au cœur du travail de révision du projet de SDRIF et de sa carte de destination générale des territoires	+	+		+
	1.2 Développer un polycentrisme compact autour des futures stations	promouvoir un aménagement multipolaire avec des centres multifonctionnels	Urbanisme réglementaire (SDRIF) Contrat de développement territorial (CDT)	Etat Région Communes et EPCI	Les Länder allemands et la « concentration décentralisée »	Articuler l'urbanisation autour des OIN, des CDT et de certains pôles majeurs de correspondance future	+	+		+
	3. Adopter une politique de stationnement globale	zonage du territoire selon le niveau de restriction à appliquer	Urbanisme réglementaire (PDUIF, PDU)	Région STIF SGP	-	Réflexion globale pour assurer l'intermodalité aux gares dans de bonnes conditions et privilégier les modes de rabattement définis pour ces stations, en accord avec le PDUIF et le Schéma Directeur des Parcs Relais.	+	+	+	-
	4. Adopter une politique de tarification des transports en commun en faveur du futur Grand Paris Express	Diminuer la tarification TC selon les zones du territoire afin d'inciter au report modal tout en conservant une participation significative des usagers au coût de fonctionnement du TC	Politique de tarification TC : grille tarifaire du STIF	Région STIF	Londres Berlin	Tarif unique en périphérie, supérieur au tarif Paris intra-muros + mesure(s) d'aménagement du territoire compensatoire(s) favorisant la concentration urbaine	+	-		+
Mesures d'accompagnement aux abords des stations de métro	5. La station de métro comme cœur du quartier									
	5.1 Encourager la localisation des activités fortement génératrices de déplacements de personnes dans les secteurs très bien desservis en transport en commun	privilégier l'implantation des pôles attracteurs de déplacement à proximité des stations (théorie « ABC »)	Plans de Déplacement Entreprise (PDE) Système de veille foncière Urbanisme réglementaire (PLU) Fiscalité de l'urbanisation (Cf mesure 2)	Etablissement Public Foncier (EPF) d'Ile-de-France Communes EPCI SGP	Mesures d'accompagnement du RER de Bruxelles (commerces)	répartition équilibrée des activités économiques le long de l'axe de métro afin renforcer les centralités et les promouvoir le développement des pôles	+	+		+
	5.2 Densifier les noyaux de TC	concentrer les pôles générateurs de déplacements (habitat, activité de type A) à proximité des stations TC	Investissement dans le renouvellement urbain (ZAC, PPP…) Système de veille foncière Urbanisme réglementaire (PLU) Contrat de développement territorial (CDT)	Etat Etablissement Public Foncier (EPF) d'Ile-de-France Communes EPCI	Lille, Disques de Valorisation des Axes de Transport (DIVAT)	Viser une « densité acceptable » Mesures spécifiques pour la densification du pavillonnaire Conservation de l'emprise nécessaire à l'accessibilité des différents modes et à l'intermodalité	+	+		+

		5.3 Encourager la mixité des fonctions et des usages	développer au niveau local le concept de polycentrisme compact régional	Investissement dans le renouvellement urbain (ZAC, PPP…) Système de veille foncière Urbanisme réglementaire (PLU) Contrat de développement territorial (CDT)	Etat Etablissement Public Foncier (EPF) d'Ile-de-France Communes EPCI	-	- densifier en faveur de l'habitat dans la petite couronne - favoriser la mixité activités-habitat dans le reste de l'agglomération	+			+
	6. La gare comme plate-forme à l'intermodalité										
		6.1 Améliorer la qualité de l'espace public	améliorer l'accessibilité aux modes de transport doux garantir le partage modal de la voirie locale renforcer les continuités urbaines entre quartiers isolés et centres urbains	hiérarchisation des voies de circulation en fonction des usages aménagement des espaces (éclairage, largeur de chaussée, etc.) pour les modes doux	Etat Communes EPCI	-	- favoriser le report modal des pendulaires sur des stations ciblées - renforcer le lien entre les communes non desservies et les nouvelles gares de correspondance	+		+	
		6.2 Mettre en œuvre à l'échelle locale la politique de stationnement globale	adopter une politique croisée et cohérente entre stationnement public et privé et une réglementation adaptée pour éviter le stationnement sauvage et favoriser le report modal	stationnement public sur voirie: pouvoirs de police de la mairie ou autre propriétaire public de la voirie stationnement public hors voirie : commune (via délégation à un gestionnaire privé éventuel) stationnement privé : article 12 du PLU	Etat Communes EPCI	parkings mutualisés (Ivry-sur-Seine, Paris) tarifs résidents (Londres, Paris, Lausanne, Rome) baisse des ratios de stationnement à proximité des TC (Orly)	stratégies locales plus ou moins restrictives selon le zonage défini par le Schéma directeur de stationnement automobile et du mode de rabattement privilégié par gare	+	+	+	-

Rappel : Objectif n°1 : Favoriser le transfert modal de la voiture vers les transports en commun - Objectif n°2 : Maîtriser l'étalement urbain - Objectif n°3 : Protéger les zones d'habitats denses des nuisances du trafic routier - Objectif n°4 : Réduire les inégalités sociales et territoriales et assurer la mobilité de tous les Franciliens

6.7.5 Urbanisme réglementaire

Le projet, c'est-à-dire l'ensemble composé de l'infrastructure, des gares et des ouvrages annexes, doit être compatible avec les documents d'urbanisme, au sens décrit dans le rapport de phase 1.

Etant donné que les OIN ne dictent pas en tant que telles les règles d'urbanisme, aucune incompatibilité entre l'aménagement de ces secteurs et le projet Grand Paris Express n'est identifiable.
Par ailleurs, l'arrivée de l'infrastructure participe à renforcer les enjeux et objectifs de développement de ces territoires

Avant toute chose, il convient de prendre en considération que le SDRIF de 1994 devrait prochainement être remplacé par celui de 2008, en projet, dont l'élaboration prend en compte le projet Grand Paris Express.

Quoi qu'il en soit, le projet prend en compte et réponds aux orientations du SDRIF opposable (1994) :

- participer à la protection de l'environnement, en proposant un mode de déplacement propre et respectueux des espaces traversés au travers d'une analyse des impacts engendrés et d'une mise en place de mesures adaptées.
- renforcer la solidarité, en offrant, notamment via les projets de CDT, un parc immobilier diversifié et en réunissant les populations franciliennes par une desserte de secteurs « défavorisés ».
- faciliter les échanges par la création de nombreux points modaux au niveau des gares RER, métro,..., existantes

De manière générale, et avant toute chose, l'impact provoqué par l'arrivée du Grand Paris Express devra être mise en relation avec les CDT en cours d'élaboration (dont les enquêtes publiques sont prévues au premier semestre 2013).
En effet, la réalisation des CTD permettra de garantir une adéquation des aménagements connexes au Grand Paris Express avec les schémas de planification en vigueur.
Les documents de planifications devront alors être mis en conformité avec les actions prévues au travers des CDT, puisque ces derniers s'imposeront aux SCoT/SD.

De manière plus précise, l'impact provoqué par l'arrivée du Grand Paris Express aura des effets réduits sur les orientations générales d'aménagement précisées au sein des SCoT/SD.
En effet, les gares, parties aériennes du réseau s'inscrivent aux abords de gares déjà existantes où la réflexion d'aménagement et de densification du bâti a déjà été menée (notion de pôles gare). Les mesures d'évitement à cette échelle semblent donc faibles, voire non nécessaires.

Concernant la partie aérienne traversant le SD de la Haute-Vallée-de-Chevreuse, une réflexion plus avertie devra avoir lieu.
Inscrite au sein de l'ensemble boisé de Rambouillet (PNR en vigueur), l'aménagement devra s'efforcer d'être cohérent avec les orientations proposées au sein du document de planification.
Pour ce, un regard particulier doit être porté sur cette thématique lors de la réalisation du dossier de « mise en compatibilité des documents d'urbanisme » (en vertu du Code de l'Urbanisme), pièce constitutive du dossier d'enquête publique ».
Par ailleurs, la réalisation du CDT Saclay-Yvelines viendra renforcer cette réflexion.

Dans les communes où une occupation temporaire du sol est rendue nécessaire pour la réalisation des travaux nécessaire à la mise en œuvre du Grand Paris Express, une éventuelle « mise en compatibilité » des documents d'urbanisme devra être menée.

Les modifications apportées devront toutefois s'opérer en compatibilité avec les documents de planification (lorsqu'ils existent) ainsi que respecter les orientations et objectifs d'aménagement des CDT en cours d'élaboration.

S'il s'avère que le projet Grand Paris Express est incompatible avec les dispositions des pièces opposables du POS/PLU, une mise en compatibilité des dispositions du document devra être entreprise.

Cette mise en compatibilité sera effectuée au sein d'une pièce spécifique du présent dossier DUP, en vertu du Code de l'Urbanisme, et concernera les éléments opposables des documents d'urbanismes, à savoir :

Le règlement de zonage,

Le document graphique (zonage réglementaire), pour l'inscription d'Emplacements Réservés au profit du Maître d'ouvrage,

Les orientations particulières d'aménagements des quartiers, graphiques ou écrites, lorsqu'un PADD existe (uniquement au sein d'un PLU).

Cette mise en compatibilité devra pouvoir faire évoluer la réglementaire des POS/PLU afin de permettre la densification du bâti et ainsi limité l'étalement urbain, idée soutenue à l'échelle du projet de SDRIF de 2008. Suivant les zones traversées et les espaces disponibles, cette densification passera par une mobilisation du foncier, une modification éventuelle des COS suivant le zonage (Coefficients d'Occupation du Sol), des plafonds de constructibilité…

Par ailleurs, l'articulation entre le POS/PLU et le SD/SCoT (s'il existe) est impérative, les documents locaux devant être en conformité avec les orientations d'aménagements des documents supra-communaux.

Cette dernière s'effectuera aux travers des CDT, en cours d'élaboration.

En effet, ces derniers, institués par la Loi du Grand Paris du 3 juin, s'impose aux SCoT/SD et prennent en compte les dispositions locales de POS/PLU après mise en œuvre du Transport Public du Grand Paris.

Nota :

Pour information, la procédure de « mise en compatibilité » se déclinera suivant 4 étapes après la rédaction du rapport :

1) *L'examen conjoint par les Personnes Publiques Associées avant l'ouverture de l'enquête publique.*
   Les nouvelles dispositions proposées au sein du dossier de mise en compatibilité du PLU/POS doivent avoir fait l'objet d'un examen conjoint des personnes publiques associées (Etat, commune, Etablissement Public de Coopération Intercommunal chargé du suivi du SCoT) lorsqu'il existe,…). A l'issue de cet examen conjoint il sera dressé un procès-verbal.

2) *L'enquête publique*
L'enquête publique portera à la fois sur l'utilité publique du projet du réseau de Transport Public du grand Paris et sur la mise en compatibilité des POS/PLU des communes concernées.
Le procès-verbal sera annexé aux dossiers de mise en compatibilité.

3) *L'avis du Conseil Municipal*
A l'issue de l'enquête publique, le dossier de mise en compatibilité du PLU/POS, le rapport et les conclusions de la commission d'enquête et le procès-verbal de la réunion d'examen conjoint sont soumis pour avis au Conseil Municipal.

4) *La déclaration d'Utilité Publique*
Dès lors que celle-ci est prononcée, la Déclaration d'Utilité Publique de l'opération emporte approbation des nouvelles dispositions du POS/PLU. La mise en compatibilité est effective dès Publication de la Déclaration d'Utilité Publique.

6.8 Mobilité

Pour une description des mesures d'accompagnement envisageables à l'échelle globale visant à intégrer le projet Grand Paris Express dans une véritable logique de politique régionale d'aménagement intégré usage du sol/transport, se référer à la partie 6.7.2.

6.9 Air, énergie et climat

Le projet Grand Paris Express permet globalement d'améliorer la qualité de l'air et de réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit donc ici d'envisager les mesures qui permettront d'optimiser les impacts positifs du projet plus que de prévoir des mesures visant à compenser des nuisances occasionnées. Certaines mesures de réduction seront cependant abordée en ce qui concerne les impacts négatifs localisés ou temporaires, notamment ceux occasionnés durant la phase de chantier.

6.9.1 Air

En phase de fonctionnement

Le projet permet une amélioration de la qualité de l'air en Ile-de-France grâce à une diminution du trafic routier et de la congestion. 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.

Parmi ces mesures, on retrouve d'abord celles qui influencent 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, on peut citer notamment : la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.)

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 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.

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 Express 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.

En phase chantier

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes, il sera important d'organiser l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et de limiter les impacts.

Tout d'abord, le nombre de camions nécessaires pour l'évacuation des déblais et l'acheminement des matériaux de construction étant conséquent, il faudra réduire au maximum leur parcours sur le réseau routier. Ainsi, il faudra privilégier au maximum le transport fluvial pour les distances importantes. Les travaux d'extension de la ligne 12 du métro vers Aubervilliers, ont montré la capacité à évacuer des déblais majoritairement par la voie fluviale et constitue un retour d'expérience intéressant. Ainsi, 75% des 530 000 tonnes de déblais générés par les travaux ont été acheminées vers leur exutoire par la voie d'eau. Le fret ferroviaire quant à lui reste anecdotique pour le transport de déblais. Les acteurs concernés évoquent la difficulté de mise en œuvre d'un tel acheminement.

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 temporelle 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.

D'autre part, l'impact de l'acheminement des matériaux pourra 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)

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, nous formulons les recommandations suivantes :

- 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 ;

6.9.2 Energie

A nouveau, l'analyse des impacts du projet sur les consommations énergétiques a démontré son intérêt pour la réduction des consommations énergétiques. L'effet étant également en lien direct avec le report modal de la route vers les transports en commun plus efficaces énergétiquement, il sera d'autant plus grand que le report modal sera important. Les mesures visant à inciter le report modal détaillées dans la sous partie « air » sont donc également d'application.

Au niveau des consommations de l'infrastructure, des choix stratégiques pourront également être faits afin de réduire les consommations énergétiques du métro et donc de maximiser son impact.

La traction du métro représente la majeure partie des consommations énergétiques de l'infrastructure et constitue donc un poste stratégique. Le choix du matériel roulant sera donc réalisé en tenant compte de la consommation énergétique moyenne. Il sera également envisagé la possibilité d'utiliser un système de récupération de l'énergie cinétique au freinage. L'énergie cinétique dissipée lors des freinages représente 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. A Turin, Siemens a évalué à 33 % (projet VAL, Turin) l'économie d'énergie effectuée lors de l'automatisation du métro[142].

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.

6.9.3 Climat

Les émissions de gaz à effet de serre induites et évitées grâce au projet sont très variées et concernent toutes les étapes du projet, de la conception jusqu'aux effets indirects lors du fonctionnement du métro. Tout au long de ce processus il sera possible de procéder à des choix techniques pouvant réduire les émissions de CO_2 et donc de maximiser l'impact du projet. Les principales pistes envisageables sont détaillées ci-dessous :

Construction

Lors de la construction (et en amont lors des études de faisabilité, de maitrise d'ouvrage…), les choix techniques des processus de construction et des matériaux sont cruciaux. En effet, la phase construction est le poste des émissions le plus important du Grand Paris Express d'ici 2035.

Ces choix techniques constituent donc des leviers permettant de réduire les émissions liées à la construction. En ce qui concerne le creusement par tunnelier, les critères suivants influencent notamment les émissions de GES :

- La qualité des voussoirs : épaisseur, type de béton, quantité de ferraillage
- Les caractéristiques du radier : largeur, type de béton, quantité de ferraillage

Le tableau qui suit présente les émissions par km de voie réalisé pour les variantes suivantes :

- Voussoir1 : épaisseur des voussoirs réduite et type de béton C16/20
- Voussoir2 : épaisseur des voussoirs inchangée, type de béton C50/600 et densité de fer augmentée à 200 kg/m^3
- Radier1 : largeur du radier réduite, type de béton C16/20 et densité de fer abaissée à 75 kg/m^3
- Radier2 : largeur du radier inchangée, type de béton C50/60 et densité de fer augmentée à 150 kg/m^3

Tableau 6.9-1 : Emissions de GES par variante

Variante	Emissions de GES (téq CO_2/km)
Voussoir1	22 130
Voussoir2	26 710
Radier1	22 620
Radier2	27 570

Comme le montre ce tableau, l'utilisation de techniques différentes influence de manière non négligeable les émissions de GES.

[142] *Metro automatique et économie d'énergie, Siemens, 2009*

Tout au long de la conception du projet, les choix 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.

Fonctionnement de l'infrastructure

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.

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 (Figure 6.9-1).

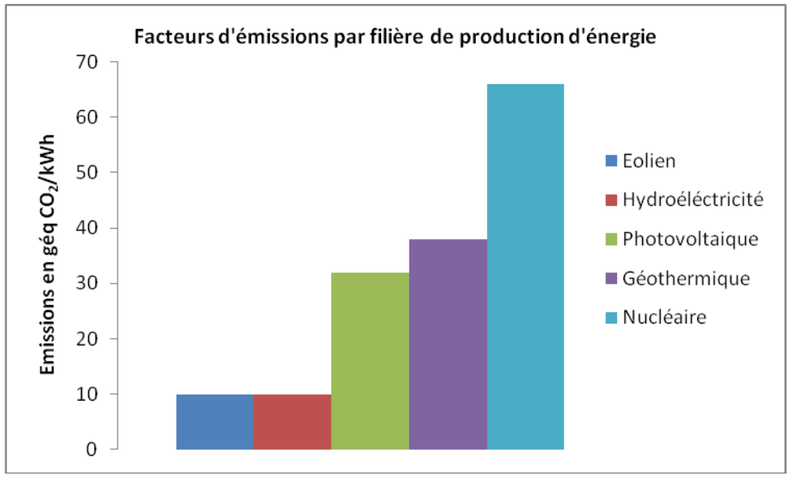


Figure 6.9-1 : Facteurs d'émissions de différentes filières de production d'électricité (Source valeurs : ADEME, Guide des facteurs d'émissions V6.1)

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Grand Paris Express ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir des ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreintes, énergie géothermique limitée, etc) il sera cependant intéressant d'envisager la production d'énergie renouvelable notamment sur les toits des gares ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

Mobilité

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. Pour plus de détail nous redirigeons donc le lecteur vers les préconisations formulées dans la partie « 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'assurer une maximisation de ces émissions potentiellement évitées 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.

6.10 VoletBruit et Vibrations

6.10.1 Bruit

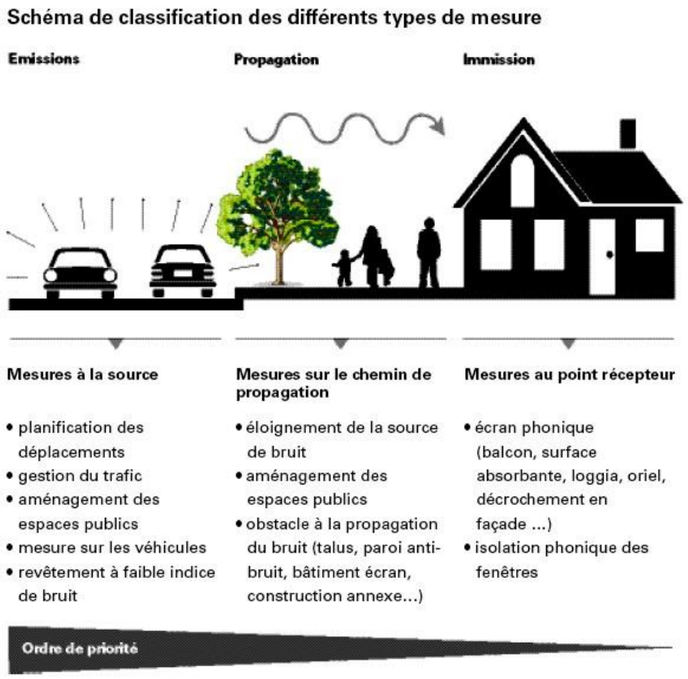


Figure 6.10-1 : Bruit du trafic routier (Source : Assainissement– Département de la sécurité et de l'environnement du Canton de Vaux (Suisse), avril 2007)

Les mesures de réduction générales proposées ont été numérotées selon le code suivant : R pour les mesures de réduction et MC pour les mesures de compensations.

Cette liste regroupe l'ensemble des mesures générales pour les différents tronçons. Certaines pourront être précisées et plus détaillées dans les études d'impact relatives aux tronçons.

6.10.1.1.1.1 Mesures de réduction

Mesures de réduction pour le bruit du métro

R01 : Actions sur le matériel roulant

- Choix de freins à disques ou à semelle en matériau composite (gain jusqu'à 10 dB(A) sur le bruit de roulement).
- Réduction de la raideur du contact roue/rail
- Adjonction de système d'absorption de l'énergie vibratoire au niveau des bogies
- Réduction du bruit lié aux blocs moteurs

A noter que ces mesures peuvent également avoir un impact sur les vibrations émises par le métro, elles pourraient donc également être appliquées pour les portions souterraines du métro.

R02 : Actions sur les infrastructures ferroviaires

- Systèmes anti-vibratiles type dalle flottante, patins
- Mise en place d'absorbeurs de vibrations sur les rails. Ces dispositifs renforcent la capacité d'absorption d'énergie vibratoire de la voie et réduisent ainsi sa contribution sonore, notamment aux plus faibles vitesses. Le gain observé peut aller de 4 à 5 dB(A).
- Le meulage des rails permet une diminution temporaire du bruit (6 mois) de l'ordre de 2 dB(A). Cette solution nécessite un entretien régulier et elle utilise des machines bruyantes et très lentes qui interviennent souvent la nuit
- Le choix d'appareil de voie à plancher béton permet de réduire le bruit généré par la voie
- Les revêtements de voie type Ballast absorbe mieux le son que le béton brut.
- Réduire au maximum le nombre d'aiguillage
- Prévoir des joints de rail soudés et non collés (…)

A noter que ces mesures peuvent également avoir un impact sur les vibrations émises par le métro, elles pourraient donc également être appliquées pour les portions souterraines du métro.

R03 : Réduction de la vitesse commerciale en période de nuit sur les parties aériennes

L'étude a montré que le passage entre 60 et 80km/h induisait une augmentation de 100% de la largeur de secteur affecté par le bruit.

La réduction de la vitesse des métros en période de nuit où la propagation du bruit est particulièrement favorable en raison de l'inversion de gradient de température aurait donc un effet positif potentiellement très important.

Nous recommandons donc de limiter la vitesse commerciale des métros la nuit de 50 à 60 km/h maximum.

Cette mesure pourrait également être étendue aux portions aériennes du métro situées à proximité de zones densément peuplées, en particulier pour le tronçon T2, au niveau de la commune de Saint Quentin en Yvelines.

R04 : Insertion d'écrans acoustiques bas en bordure de viaduc

Cette solution n'est pas encore homologuée en France mais des projets ont montré son intérêt si elle est combinée à un carénage du bas de caisse des trains. Elle ne permet cependant pas de réaliser certaines actions de maintenance des voies. A noter que l'ajout d'absorbant est recommandé côté intérieur pour limiter les réflexions sur l'écran.

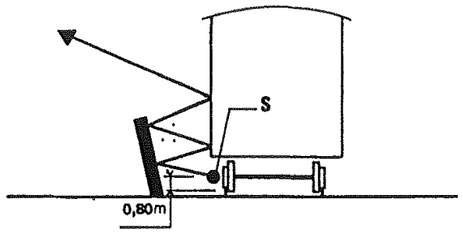


Figure 6.10-2 : réflexions acoustiques entre l'écran et le véhicule – source Guide du bruit des transports 1980

R05 : Mise en place de buttes de terre ou écrans acoustiques aux entrées/sorties de tunnel

Une butte de terre peut être aussi efficace qu'un écran mais nécessitera une hauteur plus grande pour obtenir la même performance. L'espace au sol nécessaire est aussi plus importante pour la butte de terre. En revanche elle constitue une solution beaucoup moins onéreuse qu'un écran acoustique.

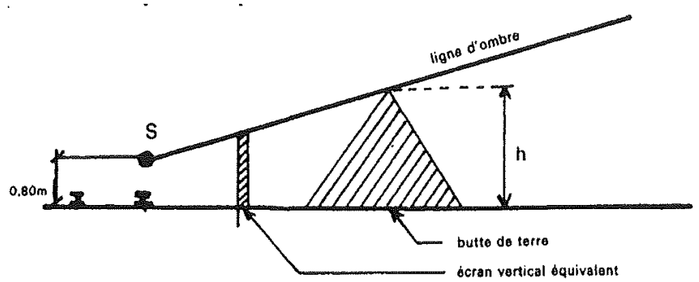


Figure 6.10-3 : Schémas de principe d'équivalence entre écran et butte de terre – source Guide du bruit des transports 1980

6.10.1.1.1.2 Mesures de réduction pour le bruit des ouvrages annexes

R07 : Mesures de réduction du bruit des equipements techniques

- Réalisation d'une étude acoustique spécifique à chaque site
- Choix des équipements les moins bruyants
- Limitation des niveaux sonores à 1m des grilles de ventilation de 60 dB(A) ET respect de la réglementation Française en matière de bruit au droit du voisinage le plus proche
- Localisation des équipements au plus loin des riverains ou d'une zone de parc, avec si possible des obstacles type bâtiment ou mur anti-bruit entre les équipements et les riverains
- Mise en place de solutions anti-bruit type silencieux, grilles acoustiques, murs anti-bruit, capotages…sur les équipements

R08 : Définir une distance minimum entre zone d'habitations et ouvrages annexes

Afin de réduire l'impact sonore des gares et ouvrages annexes, une mesure simple consiste à prévoir les ouvrages à une distance minimum des riverains. A ce stade de l'étude, pour réduire le risque de gêne sonore, une distance de 35m minimum entre les ouvrages annexes et les riverains est recommandée.

R09 : Utiliser des écrans végétalisés pour cacher les sources sonores

Les écrans végétalisés ne sont vraiment efficaces que s'ils sont également constitué de matières dense, comme les murs en galbions par exemple.

Néanmoins une couverture végétale permet de cacher les sources de bruit et de ce fait ont un impact psychologiques important pour les riverains.

6.10.1.1.1.3 Mesures de réduction pour le bruit du chantier

Pour minimiser les nuisances sonores et vibratoires du chantier, les recommandations suivantes sont émises :

R10 : Mesures de réduction du bruit au niveau de l'emprise du chantier

- Prévoir une emprise la plus limitée possible pour tout chantier en surface
- Mettre en place de panneaux anti-bruits autour de la zone d'emprise du chantier

R11 : Mesures de réduction du bruit au niveau des horaires

- Fixer un horaire de chantier fixe et impératif en période de semaine et la journée uniquement (l'horaire doit être compris entre 7h00 et 19h00)) et en contrôler le respect.
- Veiller à déplacer les travaux les plus critiques en dehors des plages horaires sensibles (nuit, repas, week-end).
- N'accepter de dérogation d'horaires que pour raisons exceptionnelles (acheminement de matériaux par transport exceptionnel de nuit, ...).
- Planifier et regrouper les opérations bruyantes ;
- Réaliser les travaux bruyants suivant un planning aussi serré que possible.

R12 : Choix des méthodes les moins bruyantes

- Favoriser la technique de construction dite " en tranchée couverte " pour les ouvrages annexes
- Préférer la méthode par pieux forés plutôt que par pieux battus

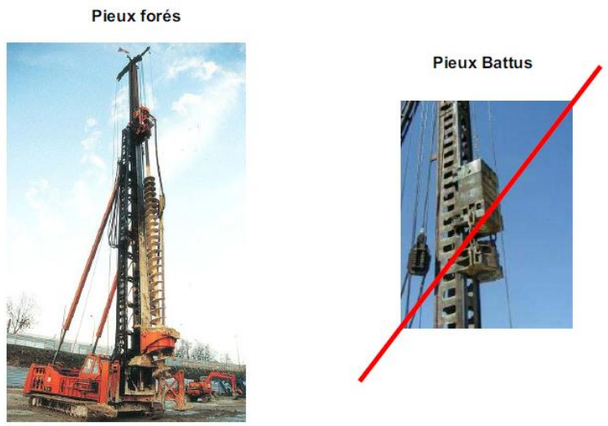


Figure 6.10-4 : Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes : préférence des pieux forés aux pieux battus

- Préférer la méthode de renforcement par hydrofraise plutôt que par battage de palplanche

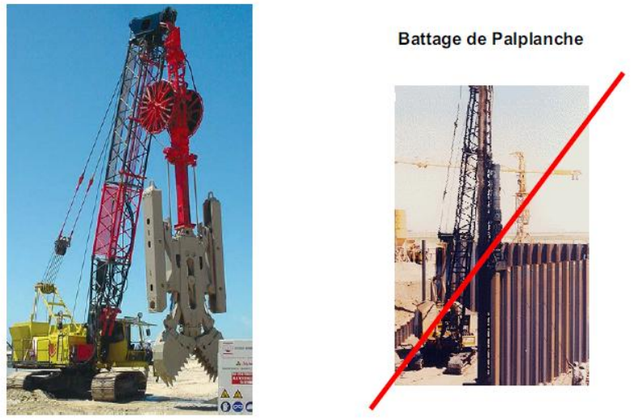


Figure 6.10-5 : Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes : préférence des travaux de renforcement par hydro-fraise plutôt que par battage de palplanche

R13 : Mesures de réduction du bruit au niveau de la localisation des équipements

- Etudier l'emplacement des sources de manière à disposer les bâtiments existants, bureaux temporaires, les containers et les stocks de matériaux de grandes dimensions entre le chantier et les habitations riveraines, ceci afin de pouvoir disposer de l'effet d'obstacle à la propagation sonore qu'ils pourraient offrir

- Regrouper les équipements fixes bruyants à un endroit distant des habitations ou en sous-sol lorsque cela est possible ;

R 14 : Choix des équipements les moins bruyants

Les incidences sonores des engins et équipements de chantier sont mieux traitées à la source (puissance sonore émise par l'engin lui-même) car celles-ci sont ensuite difficilement maîtrisables sur site.

- Plus concrètement, utiliser des machines et équipements portant le marquage CE attestant du respect de certains niveaux sonores maximaux admissibles ou plus silencieux. Sont particulièrement visés par les normes de bruit : le matériel et les engins de chantier, groupe électrogène de puissance ou de soudage, grue à tour, marteau-piqueur, moto-compresseur, pelles hydrauliques, etc. ;

- Enfermer ou isoler le plus possible les pompes, moteurs et transformateurs utilisés ;

- L'utilisation, autant que possible, d'engins électriques, moins bruyants que les engins thermiques

- Limiter au maximum la durée d'apparition du bruit en mettant hors tension les machines dès qu'on en a plus l'utilité, en particulier la nuit et le week-end ;

- Employer des machines et outils de chantier les moins bruyants possible et bien entretenus : pas de plaques vibrantes, affûtage des lames des scies et des outils servant à découper, équilibrage des machines tournantes, lubrification adéquate pour éviter les grincements dus aux frictions, entretien des dispositifs d'insonorisation placés sur les machines tels que les silencieux, les pots d'échappement et les capots insonorisant, etc. ;

- Remplacer les engins et le matériel pneumatique par leurs équivalents électriques (marteau-piqueurs, compresseur à moteur thermique, source de bruit continu et important s'il n'est pas insonorisé…)

R 15 : Mettre en place un plan de communication

La mise en place d'un système de communication efficace pour informer les riverains, commerçants, usagers de la voirie et des transports publics sur la nature, l'utilité, la durée des travaux ainsi que les moyens mis en œuvre permet de réduire les nuisances sonores du chantier.

En effet, si ces derniers sont régulièrement informés du déroulement et de l'avancement des travaux, des perturbations possibles et des mesures mises en place, ils peuvent prévoir les nuisances et adapter leur comportement en conséquence.

La communication peut se faire à l'aide de plusieurs supports comme :

- Panneaux d'affichages

- La présence d'agents " de proximité " ou d'un monsieur " bruit " permettant d'obtenir des informations sur le chantier et qui se chargerait d'informer les riverains lors de travaux particulièrement bruyants

- La mise en place d'un numéro de téléphone public

- L'organisation de réunions de riverains

- L'organisation de visites du chantier avec les riverains et autres acteurs du quartier

- Les lettres d'information
- Les sites internet…

R16 : Monitoring acoustique de certaines phases du chantier

En cas de doutes concernant certaines phases d'un chantier, effectuer un monitoring pendant le chantier est possible et permet de détecter si des dépassements des niveaux admissibles sont possibles et de prévenir d'éventuels litiges.

R17 : Mesures de réduction relatives au charroi généré par le chantier et les livraisons/chargements de matériaux

- Mettre en place un logiciel de gestion des livraisons : les livreurs s'inscrivent aux horaires disponibles. Cela permet d'éviter que les livraisons se fassent en même temps, ce qui génère du bruit, de la pollution et des problèmes de circulation.
- Fixer un horaire de livraison fixe et impératif en période de semaine et la journée uniquement (l'horaire doit être compris entre 7h00 et 19h00) et en contrôler le respect.
- Aménager une zone de déchargement /chargement des poids lourds le plus à l'écart possible et à l'abri des riverains et si possible entourée de bâtiments et/ou d'écrans anti-bruit permet de limiter les bruits ponctuels impulsifs
- Aménager un plan de circulation des engins de manière à limiter la mise en route de la sirène de recul. Il est impossible de supprimer totalement les bruits de sirènes de recul pour des raisons évidentes de sécurité. Toutefois la mise en œuvre de plans de circulation optimisés peut permettre de réduire les marches arrières et donc le retentissement de ces sirènes
- Interdire le stationnement prolongé (moteur en marche) des engins de chantier et des poids lourds
- Vérifier le bon état général des camions de livraison des matériaux pour minimiser les nuisances
- Lors du chargement/déchargement des camions, limiter au maximum les bruits d'impacts de matériaux déplacés
- Interdire l'utilisation des klaxons sur la zone
- Respect strict des limitations de vitesses
- Interdire le stationnement sauvage en dehors de la zone de livraisons.

R18 : Bruit auprès des travailleurs

- Informer le personnel travaillant sur le chantier de la nécessité de réduire le bruit ainsi que des dangers liés aux niveaux de bruit excessifs
- Assurer la protection des travailleurs contre les risques découlant ou pouvant découler d'une exposition au bruit pendant le travail. L'exposition quotidienne personnelle du travailleur doit être inférieure à 85 dB(A). Si cela n'est pas le cas, des mesures de protection spécifiques doivent être prises, variant selon que le niveau sonore dépasse ou non 90 dB(A)
- Imposer de manière générale le port de protection auditive (de préférence casque antibruit) pour les travailleurs lors de l'utilisation de machines bruyantes et/ou de travaux bruyants (exemple : utilisation marteau-piqueur…)
- Limiter la durée d'exposition au bruit journalière des travailleurs.

R19 Sensibiliser les travailleurs aux nuisances sonores que le chantier génère

L'information des travailleurs sur site permettra de leur faire prendre conscience de la présence des riverains alentours et de l'importance de réduire leur impact sonore. Les éventuels conflits pouvant être résolus sur site autrement que par des coups de klaxons ou des éclats de voix.

R20 : Mettre en place une méthodologie pour une démarche environnementale au quotidien d'un chantier à faibles nuisances

Cette méthodologie pourrait comprendre entres autres une analyse des sensibilités, un plan de réduction des nuisances, un plan des installations de chantier, un plan de gestion des déchets, un plan de communication, un livret d'accueil…

6.10.1.1.1.4 Synthèse des mesures de réduction proposées

Légendes

Impact assez positif	+
Impact positif	++
Impact très positif	+++

Tableau 6.10-1 : Synthèse des mesures de réduction proposées pour le volet bruit

Tableau: Synthèse des mesures de réduction proposées pour le volet bruit				
Type de mesure	***Sources concernées***	***Mesures proposées***	***Mesures concernées***	***Impacts à prévoir***
Mesure à l'émission	Métro en souterrain et en aérien	Actions sur le matériel ferroviaire (freins composites, blocs moteurs silencieux, équipements anti-vibratiles, pneumatique pour réduire vibrations…)	R01	+
Mesure à l'émission		Prévoir des infrastructures sur systèmes anti-vibratiles aux endroits les plus sensibles	R02	+ à ++
Mesure à l'émission		Faire une bonne maintenance des rails et du matériel	R02	++ à +++
Mesure à l'émission	Métro en aérien	Choisir les équipements de voies les moins bruyants comme l'utilisation de ballast, de traverses en béton, mise en place d'absorbeurs…	R02	+ à ++
Mesure à l'émission		Limiter la vitesse maximale autorisée des métros, en particulier la nuit et dans les zones densément peuplées	R03	+++
Mesure à l'émission		Insérer des écrans acoustiques de faible hauteur de part et d'autre des viaducs	R04	+ à ++
Mesure sur le chemin de propagation		Mettre en place de buttes de terre ou écrans acoustiques aux entrées/sorties de tunnel	R05	++ à +++
Mesure sur le chemin de propagation		Prévoir une distance minimum entre voie du métro et habitations	R06	+++
Mesure à l'émission	Ouvrages annexes : Puits de ventilation / Sites de maintenances	Réduire le bruit des équipements	R07	+ à ++
Mesure sur le chemin de propagation		Utiliser la végétation ou autre support esthétique pour « cacher » les sources de bruits (effet psycho-acoustique)	R09	+
Mesure sur le chemin de propagation	Gares (équipements)	Définir une distance minimum entre les ouvrages annexes et les riverains	R08	+++
Mesure à l'émission	Chantier	Réduire les emprises du chantier	R10	++ à +++
Mesure à l'émission		Mettre en place des horaires bien définis et bien gérer le planning Limiter la durée du chantier	R11	++ à +++
Mesure à l'émission		Choisir les méthodes les moins bruyantes	R12	++ à +++
Mesure sur le chemin de propagation		Bien localiser les sources de bruit	R13	+++
Mesure à l'émission		Choisir les équipements les moins bruyants	R14	++ à +++
-		Mettre en place un plan de communication	R15	+ à ++
-		Monitoring acoustique pendant les travaux les plus bruyants	R16	+ à ++
Mesure à l'émission		Actions sur le charroi	R17	+ à ++
Mesure à l'émission		Sensibiliser les travailleurs au bruit	R18 et R19	+ à ++
Mesure à l'émission		Mettre en place une démarche environnementale pour un chantier à faibles nuisances	R20	++ à +++

6.10.1.2Impacts résiduels

Tableau 6.10-2 : Tableau récapitulatif des impacts résiduels après mise en œuvre des mesures

Impacts résiduels après l'application des mesures					
Thématique	***Eléments du projet***	***Impacts possibles***	***Niveau d'impact***	***Mesures***	***Impacts résiduels***
Impacts d'emprise de l'aménagement					
Infrastructure	Gares	Démolition de bâtiment Terrassement Déviation des axes routiers	Moyen à fort en fonction de la localisation des ouvrages annexes	R10 à R20	Moyen à assez fort
	Ouvrages annexes : puits aération, accès secours				
	Centre de maintenance (SMI/SMR)				
Impacts en phase travaux					
Modalités de construction	Construction des tunnels	Engins de chantier Charroi de chantier Travaux Equipements techniques	Faible à assez fort en fonction de la localisation des emprises	R10 à R20	Faible à moyen
	Constructions des gares et ouvrages annexes dont puits de ventilation		Moyen à fort en fonction de la localisation des emprises	R10 à R20	moyen
Impacts en phase exploitation					
	Métro en souterrain	-	Faible	R01 et R02	Faible
	Métro en aérien	Bruit du métro	Moyen à fort en fonction de la localisation des habitations	R01 à R06	Faible à moyen
	Gares	Equipements techniques Densification circulation piétonnière / commerces	Faible à assez fort en fonction de la localisation des gares	R07 à R09	Faible à moyen
	puits de ventilation	Equipements techniques	Faible à moyen en fonction de la localisation des puits de ventilation	R07 à R09	Faible
	Sites de maintenance	Equipements techniques / Ateliers	Faible à assez fort en fonction de la localisation des sites de maintenance	R07 à R09	Faible à moyen

6.10.1.3Mesures compensatoires

Réduction de l'impact sonore du bruit du trafic automobile

MC01 : Modifier la configuration de certaines routes afin de réduire leur impact sur l'environnement sonore

Le schéma ci-après montre bien les différentes configurations de voie routière possibles ainsi que leur impact sur la propagation du bruit.

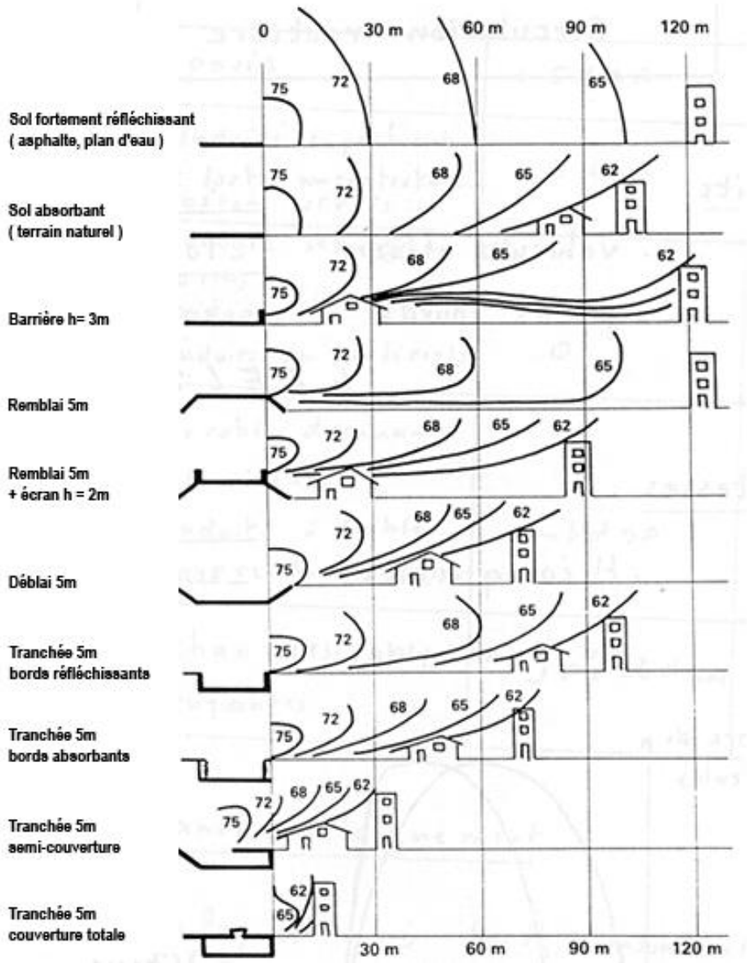


Figure 6.10-6 : Influence des profils en travers de voies et divers dispositifs de protection. Courbes isophones (Leq en dB(A)) pour un trafic moyen de 2000véhicules/heure - Source : Pachiaudi et Fabre, 1979

Ainsi on observe que les meilleures configurations pour réduire l'impact sonore des routes sont, de la plus performante à la moins performante :

- Le recouvrement total des voies
- Le recouvrement partiel des voies
- La mise en place des voies en déblai ou en tranchée avec absorbant sur les murs périphériques
- La mise en place des voies en remblai (surélevées)

A l'échelle globale, les routes pour lesquelles il serait recommandé de prévoir des mesures ne sont pas définies mais les routes les plus intéressantes à traiter seront listées pour les études à l'échelle du tronçon.

MC02 : Implanter des écrans acoustiques ou buttes de terres le long des routes les plus impactantes

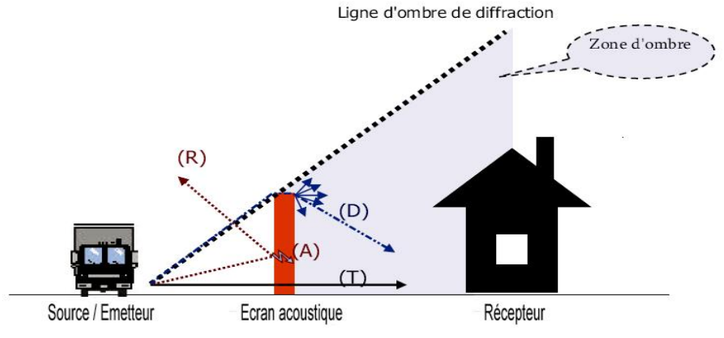


Figure 6.10-7 : Schémas de principe de fonctionnement d'un écran acoustique par rapport à une source type route

Les écrans acoustiques permettent de créer une " zone d'ombre " où le bruit de la source peut être atténué jusqu'à 12 dB(A).

L'amplitude de la zone d'ombre et la performance de l'écran au point récepteur vont dépendre :

- De la hauteur de la source
- De la distance source/écran
- De la hauteur de l'écran
- De la distance écran/récepteur
- De la hauteur du récepteur par rapport à la source
- De l'affaiblissement acoustique de l'écran

MC03 : Autres mesures de réduction du bruit des infrastructures routières

- remplacer les revêtements vétustes par des revêtements drainant
- limiter les vitesses sur certains axes
- mettre en place des plans de circulation pour réduire l'impact sonore du trafic routier dans certaines zones bien déterminées
- interdire certaines routes aux poids lourds…

Création/Développement des zones calmes

MC04 : Création/Développement de zones calmes

Des pistes de réflexion sont abordées dans l'étude IAURIF pour développer et favoriser l'apparition de zones de calmes. Pour l'étude à l'échelle globale, quelques recommandations générales sont listées ci-après mais une analyse plus fine sera effectuée pour les études à l'échelle du tronçon :

- il est nécessaire de maintenir autant que possible une qualité acoustique de l'environnement en adéquation avec les usages escomptés
- les zones de calmes doivent être situées, de préférence, à proximité des lieux d'habitation pour être accessibles au plus grand nombre sans nécessiter de déplacement automobile
- une approche pluridisciplinaire est nécessaire pour créer des zones et des lieux calmes dans les agglomérations (collaboration étroite entre architectes, paysagistes, urbanistes et acousticiens)
- les zones de calmes doivent être bien gérées et faire l'objet d'une surveillance continue avec une évaluation régulière du bruit par les pouvoirs publics
- les zones de calme doivent être mises en valeur pour leur bénéfice en matière de santé mais aussi leur valeur sociale. Il faut donc sensibiliser le public à l'importance du calme et créer éventuellement des " labels silence " ou des " zones de protection naturelle silencieuses "
- une des stratégies à adopter pour les zones de calme est d'optimiser les sons naturels de l'environnement (sons bio-phoniques et sons géo-phoniques (*)) et de réduire les bruits non souhaités ou liés à l'activité humaine. En effet, dans certaines conditions, l'ajout de sources sonores associées à une image/impression de bien-être peut masquer le bruit du transport que l'on veut traiter. Il peut s'agir d'une fontaine, d'un cours d'eau où encore l'implantation d'arbres et de végétation qui favoriseront la venue des oiseaux et autres animaux sauvages

il est souhaitable de faire des efforts particuliers pour préserver l'environnement sonore des parcs nationaux et autres zones remarquables protégées au nom de la biodiversité

Plan d'urbanisation en fonction de la typologie des bâtiments et de leur gabarit

MC05 : Organiser les bâtiments par rapport à la source de bruit en fonction de leur destination

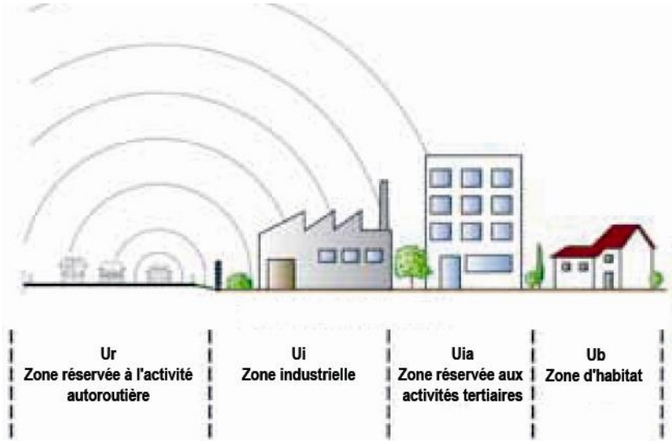


Figure 6.10-8 : schémas extrait du rapport ALIENOR « Autoroute de Gascogne » octobre2009

MC06 : Définir des gabarits pour les nouveaux bâtiments situés à proximité des routes et/ou des voies de métro en aérien

Il existe deux méthodes permettant d'utiliser les bâtiments comme écrans acoustiques :

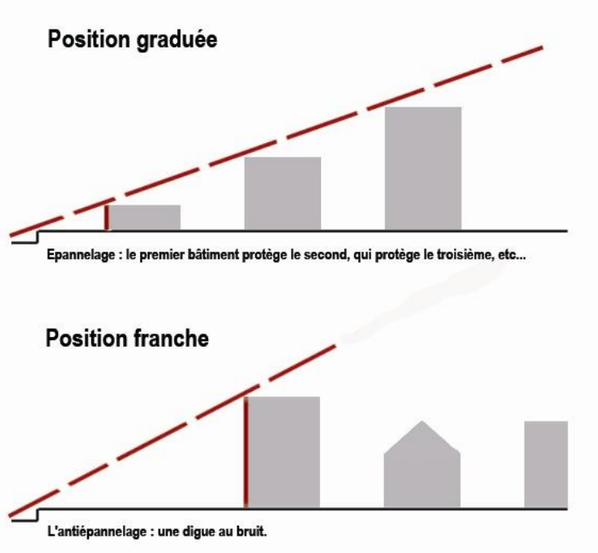


Figure 6.10-9 : l'épannelage et antiépannelage : Bruit et formes urbaines – CERTU 1981

Bien réfléchir à la hauteur et localisation des bâtiments situés en front de voie bruyante permet de s'en servir pour protéger efficacement les autres bâtiments.

L'épannelage consiste à adapter la position et la hauteur des bâtiments en fonction des conditions de propagation du bruit de la source sonore en cause afin que les bâtiments se protègent les uns les autres.

L'antiépannelage consiste à établir par un bâtiment linéaire de grande hauteur une digue contre le bruit que l'on implante au plus près possible de la source de bruit. Cette solution est peu consommatrice d'espace mais demande à être associée à des mesures pour traiter la façade sur rue (isolement important ou locaux tampons).

Pour une bonne efficacité, il est préférable que les bâtiments présentent le moins possible de discontinuité. En effet, la moindre ouverture dans le front de rue peut induire une fuite acoustique importante et un engouffrement du bruit dans les jardins et espaces intérieurs. Les espaces non construits en front de rue pourront être comblés par des murs anti-bruits.

Synthèse des mesures compensatoires proposées

Légendes

Impact assez positif	+
Impact positif	++
Impact très positif	+++

Tableau 6.10-3 : Tableau récapitulatif des mesures compensatoires proposées pour le volet bruit

Tableau: Synthèse des mesures compensatoires proposées pour le volet bruit				
Type de mesure	***Sources concernées***	***Mesures proposées***	***Mesures concernées***	***Impacts à prévoir***
Mesures compensatoires	Routes	Mettre en place des plans de circulation prenant en compte la dimension bruit	MC03	+ à ++
		Remplacer les revêtements vétustes par des revêtements drainant	MC03	+
		Agir sur les flux comme limiter les vitesses sur certains axes, interdire la circulation aux poids lourds sur les axes où l'on veut une réduction du bruit…	MC03	+ à ++
		Tracé en souterrain pour les zones les plus sensibles (forte densité de population, proximité des voies avec les logements et/ou zones de parc /d'espaces verts)	MC01	++ à +++
		Couverture partielle des voies	MC01	++
		Ecran acoustique ou butte de terre le long des voies	MC02	+
	Zones calmes	Ajouter des sources de bruit « agréables »	MC04	+ à ++
		Créer / développer des zones de calmes	MC04	+++
	Aménagement du territoire	Organiser les bâtiments par rapport à la source de bruit en fonction de leur destination	MC05	+++
		Définir des gabarits pour les nouveaux bâtiments situés à proximité des routes et/ou des voies de métro en aérien	MC06	++

6.11 Volet santé et risques sanitaires

Les mesures de réduction concernant les thématques de la pollution atmosphérique et du bruit sont traitées en détails dans les parties spécifiques. Les mesures complémentaires concernant l'exposition des personnes aux particules fines dans les espaces confinés du métro et à proximité des puits de ventilation ainsi que celles concernant la sécurité routière sont détaillées ci-dessous.

Concentrations de particules fines dans les gares, les rames et à proximité des puits de ventilation.

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[143] 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, on peut citer 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.

Les puits de ventilations seront localisés de préférence dans des endroits de faible passage. Si pour des raisons techniques ceci ne serait pas possible, un système de filtration avant le rejet dans l'atmosphère pourait être envisagé.

Sécurité routière

L'impact du métro sur la sécurité routière est globalement positif. Afin d'optimiser cet impact des mesures locales pourront être mises en place, notamment autour des gares, pour sécuriser au maximum les utilisateurs des modes doux.

6.12 Compatibilité avec le SDAGE et les SAGE

6.12.1 Localisation par rapport au référentiel du SDAGE Seine-Normandie

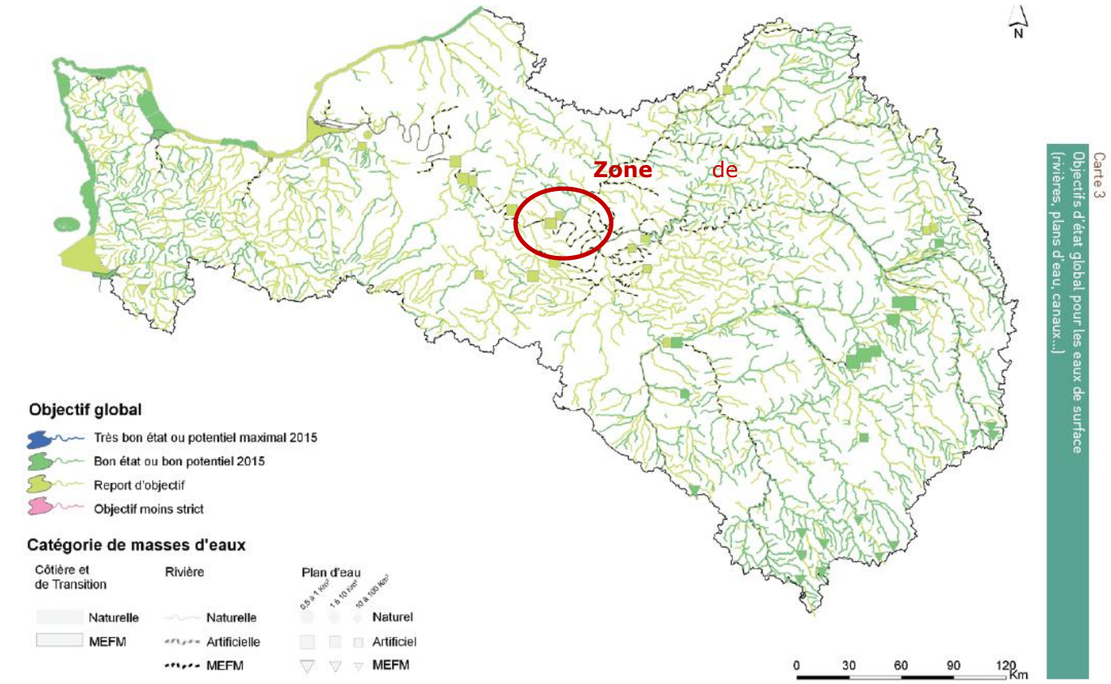


Figure 6.12-1 : Carte qualité des eaux superficielles du SDAGE Seine-Normandie et localisation approximative de la zone projet

[143] 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

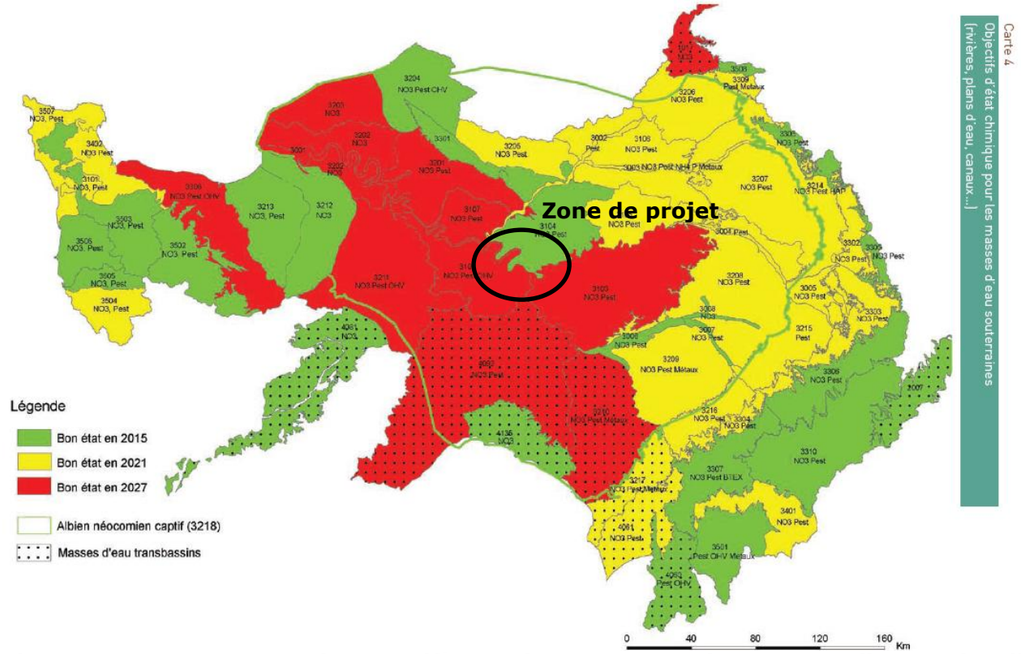


Figure 6.12-2 : Carte des aquifères du SDAGE Seine-Normandie et localisation approximative de la zone projet

6.12.2 Eléments pertinents des SDAGE et SAGE pour apprécier la compatibilité

6.12.2.1Défis et dispositions du SDAGE

Pollutions des milieux

Pollutions ponctuelles classiques

Le défi n°1 a pour but de « diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluant « 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. […]

Pollution des milieux par les substances dangereuses

Le défi 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, …).

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,…).

Captages d'alimentation en eau potable

Le défi 5 est de protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future.

Orientation 14 - Protéger les aires d'alimentation de captage d'eau de surface destinées à la consommation humaine contre les pollutions.

La protection de la qualité des eaux de surface utilisées pour la production d'eau potable est nécessaire pour maintenir une qualité des eaux compatibles avec l'utilisation pour la production d'eau potable, et la réduction des traitements nécessaires. Elle impose des actions orientées vers :

• la protection des eaux souterraines qui constituent l'essentiel de l'alimentation des cours d'eau hors temps de pluie ;

• la réduction des apports directs par les rejets ponctuels ;

• une action spécifique vis-à-vis des apports par le lessivage des sols par les eaux de ruissellement.

Les aires d'alimentation de ces prises d'eau sont dans certains cas très étendues, mais leur prise en compte est indispensable compte tenu des temps de transfert relativement courts en eau de surface (rivière et plan d'eau).

Disposition 45 : Prendre en compte les eaux de ruissellement pour protéger l'eau captée pour l'alimentation en eau potable de manière différenciée en zone urbanisée et en zone rurale.
[…] En zone urbanisée, la gestion des eaux usées et des eaux pluviales doit intégrer cette approche afin de limiter le rejet des eaux pluviales polluées à l'amont des prises d'eau. […]
En zone rurale, il s'agit de lutter contre le ruissellement, afin de limiter l'effet d'entraînement lors du lessivage des sols par temps de pluie (bactéries, matières en suspension, pesticides…). […]

Impacts sur les milieux aquatiques

Le défi 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.

Approche quantitative

Le défi 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 3103 TERTIAIRE DU BRIE-CHAMPIGNY ET DU SOISSONNAIS.

Orientation 25 : Protéger les nappes à réserver pour l'alimentation en eau potable future.

Disposition 118 : Modalités de gestion de la masse d'eau souterraine de l'Yprésien 3104 EOCENE DU VALOIS.

Orientation 28 - Inciter au bon usage de l'eau.

Il existe un ensemble de techniques permettant de faire un bon usage de l'eau. […]

Disposition 130 : Maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux.
Tout ouvrage dans le sous-sol, y compris les ouvrages de géothermie, quel que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes, afin de préserver la ressource en eau. […]

Gestion du risque inondation

Le défi 8 est le suivant : Limiter et prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […] 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 31 - Préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues.

Les zones naturelles d'expansion de crues permettent de limiter les niveaux d'eau à l'aval. Leur préservation est donc indispensable pour limiter le risque d'inondation des centres urbains et les activités économiques en aval.

Disposition 139 : Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues.
La conservation des conditions naturelles d'expansion des crues d'occurrences variées, au minimum fréquentes et rares est posée comme objectif. […]

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.

6.12.3 Enjeux identifiés pour les unités hydrographiques pouvant correspondre à un périmètre de SAGE

6.12.3.1Les SAGE du périmètre d'étude

Les SAGE existant à un stade plus ou moins avancé sont listés dans le tableau ci-après. La plupart du fuseau est concerné par la présence d'un SAGE excepté les tronçons 4 et 6.

Seuls les SAGE Orge-Yvette, Mauldre et Yerres sont en vigueur et opposables aux tiers (approuvés par arrêté préfectoral). Les SAGE Orge et Yvette et Mauldre sont en cours d'adaptation au nouveau SDAGE. Les autres sont en cours d'élaboration.

Tableau 6.12-1 : Etat d'avancement des SAGE

SAGE	*Code SAGE*	*Etat d'avancement*	*Date d'approbation*
SAGE Croult Petit Rosne	SAGE03018	Elaboration	
SAGE Marne Confluence	SAGE03027	Elaboration	
SAGE Yerres	SAGE03019	Mis en œuvre	13/10/2011
SAGE Bièvre	SAGE03011	Elaboration	
SAGE Orge et Yvette	SAGE03014	Première révision	09/06/2006
SAGE Mauldre	SAGE03010	Première révision	04/01/2001

Seul le SAGE Orge-Yvette est élaboré et interfère directement avec le fuseau d'étude. **Il fait ainsi l'objet d'une analyse de compatibilité.**

Tableau 6.12-2 : Analyse de la compatibilité au SAGE Orge-Yvette

Enjeux, objectifs et actions du SAGE Orge-Yvette (Source : SAGE Orge-Yvette - Tome 2 : Stratégie de Gestion des Milieux Aquatiques et des Usages de l'Eau sur le territoire Orge-Yvette- Adopté par la CLE le 9 juin 2006)	**Actions concernées par le projet**
Enjeu 1 : Restauration et entretien des milieux naturels liés à l'eau	
Objectif 1-1 : Restaurer et protéger les fonds de vallées et les autres milieux humides	
Action n°1 : réaliser une étude préalable du lit majeur pour mesurer les impacts des usages et aménagements potentiels sur les milieux naturels lors de la révision des documents d'urbanisme	non
Action n°2 : Favoriser l'expansion naturelle des crues en recréant des connexions entre lit mineur et lit majeur	non
Action n°3 : Mettre en œuvre une réflexion sur la redéfinition de la pertinence des ouvrages hydrauliques existants	non
Action n°4 : Accélérer les mesures de protection du lit majeur des cours d'eau et des autres milieux humides	non
Objectif 1-2 : Améliorer la qualité des milieux naturels liés à l'eau	
Action n°1 : Entretenir le lit mineur des rivières et les plans d'eau de manière raisonnée	non
Action n°2 : Entretenir les berges des rivières et des plans d'eau de manière raisonnée	non
Action n°3 : Recréer et entretenir des zones tampons le long des cours d'eau	non
Action n°4 : Restaurer et préserver les habitats du brochet, espèce phare des cours d'eau du territoire et marqueur du retour de la biodiversité	non
Action n°5 : Protéger la biodiversité en ne remettant pas à l'eau les espèces classées nuisibles	non
Objectif 1-3 : Créer une culture de la rivière et des milieux naturels	
Action n°1 : Mettre en place un plan de communication sur le fonctionnement des cours d'eau du territoire et l'intérêt de la valorisation des milieux humides	non
Action n°2 : Mettre en place et pérenniser des actions pédagogiques autour des cours d'eau et des milieux naturels liés à l'eau	non
Objectif 1-4 : Connaître et gérer la ressource en eau à l'échelle globale	
Action n°1 : Réaliser une étude de la nappe alimentant les cours d'eau pour assurer un suivi de la ressource souterraine et gérer les étiages	non
Objectif 1-5 : Protéger les nappes phréatiques et les cours d'eau des pollutions diffuses et accidentelles	
Action n°1 : Mener à terme les procédures de protection de captage d'Alimentation en Eau potable	non
Action n°2 : Réaliser une étude de recensement de tous les forages et puits actuels et anciens pour établir un plan de gestion du risque pollution des nappes	non
Action n°3 : Evaluer avec extrême rigueur l'impact de l'installation de tout nouveau Centre d'Enfouissement Technique de classe 1 et 2, dans les zones de vulnérabilité de la ressource en eau du territoire	non

Objectif 1-6 : Favoriser la recharge et l'économie de la nappe des sables de Fontainebleau	
Action n°1 : Recréer des zones tampons le long des cours d'eau pour favoriser la percolation des eaux de ruissellement vers la nappe	non
Action n°2 : Réutiliser les eaux de drainage et de ruissellement pour l'irrigation en créant des stockages	non
Enjeu 2 : Maîtrise des sources de pollutions	
Objectif 2-1 : Améliorer le fonctionnement de la collecte et le traitement des eaux usées domestiques	
Action n°1 : Réaliser et mettre en œuvre des Schémas Directeurs d'Assainissement	non
Action n°2 : Accélérer la définition des plans de zonage communaux en intégrant systématiquement le zonage des eaux pluviales	non
Action n°3 : Accélérer la mise en conformité les branchements des particuliers	non
Action n°4 : Réduire les volumes des Eaux Claires Permanentes (ECP) et des Eaux Claires Météoriques (ECM) dans les réseaux de collecte d'Eaux Usées	non
Action n°5 : Accélérer la mise en conformité des réseaux de collecte et des systèmes d'épuration des eaux usées domestiques : Autocontrôle	non
Action n°6 : Traiter les eaux usées au plus près de leur source d'émission en réhabilitant les systèmes d'épuration existants et en créant de nouvelles unités de traitement conformes au classement du bassin en zone sensible au SDAGE et aux objectifs du SAGE	**oui**
Action n°7 : Créer des Services Publics d'Assainissement Non Collectif à l'échelle intercommunale	non
Action n°8 : Evaluer et suivre la stratégie d'assainissement du SAGE Orge-Yvette	non
Action n°9 : Etablir un plan de communication sur l'assainissement à destination des collectivités	non
Objectif 2-2 : Améliorer le fonctionnement de la collecte et le traitement des eaux usées autres que domestiques	
Action n°1 : Mettre en œuvre un plan de gestion des rejets liquides à l'échelle des entreprises, des zones d'activités et des centres de recherche	non
Action n°2 : Mettre en place des arrêtés d'autorisation de rejets et des conventions de rejets d'eaux autres que domestiques dans les réseaux d'assainissement	non
Action n°3 : Mettre en place une action de communication auprès des entreprises pour promouvoir les mesures de management environnemental	oui
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	non
Action n°2 : Mettre en place des actions en concertation avec les acteurs pour réduire les pollutions par les produits phytosanitaires	non
Action n°3 : Développer la gestion du risque incendie en prévoyant la dépollution des effluents à l'échelle des zones d'activités	non
Action n°4 : Développer une mémoire du risque de pollution industrielle en assurant un suivi des cessations d'activités et en établissant un plan de gestion des anciens sites pollués	non
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	oui
Action n°6 : Sensibiliser chaque acteur du bassin versant Orge-Yvette aux excès de phosphates dans l'eau et leur impact sur la qualité des milieux (phénomènes d'eutrophisation)	non

Enjeu 3 : Gestion du risque inondation	
Objectif 3-1 : Protéger les personnes et les biens du risque inondation dans les fonds de vallées	
Action n°1 : Poursuivre et mener à terme les Plans de Prévention des Risques Inondation	non
Action n°2 : Intégrer toutes les mesures de protection du lit majeur des cours d'eau dans les documents d'urbanisme locaux	non
Action n°3 : Restaurer et protéger les zones d'expansions de crues dans les fonds de vallées	non
Objectif 3-2 : Protéger les personnes et les biens du risque inondation dû aux eaux de ruissellement	
Action n°1 : Réduire les ruissellements en retenant l'eau le plus en amont possible	oui
Action n°2 : Accélérer la définition des plans de zonage communaux en intégrant systématiquement le zonage des eaux pluviales	non
Objectif 3-3 : Créer une culture du risque inondation	
Action n°1 : Etablir un plan de communication en ciblant tous les acteurs concernés	non
Action n°2 : Alerter les populations riveraines en cas de risque inondation	non
Action n°3 : Assurer la mémoire des crues en installant des repères	non
Enjeu 4 : Alimentation en Eau Potable	
Objectif 4-1 : Gérer durablement le fonctionnement de la distribution d'eau potable	
Action n°1 : Etablir et mettre en œuvre des Schémas Directeurs d'Alimentation en Eau Potable	non
Action n°2 : Etablir un plan de secours Eau Potable par collectivité en charge de l'adduction de l'eau potable	non
Action n°3 : Assurer la continuité de l'alimentation à partir d'une autre ressource en cas de secours	non
Action n°4 : Réaliser des campagnes de sensibilisation auprès du public afin d'éviter le gâchis d'eau	non
Action n°5 : Stocker et utiliser l'eau de pluie pour l'arrosage des espaces verts, jardins, golfs… dans les parties urbanisées du territoire	non
Objectif 4-2 : Protéger les nappes phréatiques des pollutions diffuses et accidentelles	
Action n°1 : Mener à terme les procédures de protection de captage d'Alimentation en Eau potable	non
Action n°2 : Réaliser une étude de recensement de tous les forages et puits actuels et anciens pour établir un plan de gestion du risque pollution des nappes	non
Action n°3 : Evaluer avec extrême rigueur l'impact de l'installation de tout nouveau Centre d'Enfouissement Technique de classes 1 et 2, dans les zones de vulnérabilité de la ressource en eau du territoire	non
Objectif 4-3 : Assurer la gestion des ressources stratégiques en cas de crise majeure	
Action n°1 : Assurer l'accès aux ressources stratégiques de l'Albien et Néocomien tout en préservant leur potentiel et assurer la distribution en cas de crise	non

Les enjeux spécifiques des unités hydrographiques

Les enjeux spécifiques aux unités hydrographiques comprises dans le périmètre du projet sont présentés ci-dessous.

UH : Marne Aval

- Reconquérir la qualité des eaux superficielles et souterraines (pollution d'origine domestique, agricole et industrielle);
- Améliorer la dynamique fluviale, la continuité écologique et la diversité des habitats ;
- Restaurer les zones humides ;
- Lutter contre les inondations et maîtriser le ruissellement des zones en développement.

UH : Seine parisienne Grand Axes

- Protéger les aires d'alimentation de captage et sécuriser l'AEP ;
- Améliorer la qualité des eaux superficielles (pollutions d'origine domestique, urbaine, agricole et industrielle) ;
- Restaurer la dynamique fluviale, l'hydromorphologie des rivières, la continuité écologique et la diversité des habitats ;
- Protéger les zones humides ;
- Lutter contre les inondations et les ruissellements.

UH : Bièvre

- Restaurer les berges et les milieux aquatiques, et reconnecter les zones humides ;
- Améliorer la qualité du cours d'eau (pollutions d'origine domestique, urbaine [ruissellement pluvial, infrastructures] et industrielle) ;
- Lutter contre les inondations et les ruissellements ;
- Intégrer dans les documents d'urbanisme locaux la volonté d'une réouverture de la Bièvre sur sa partie aval.

UH : Croult et Morée

- Reconquérir la qualité des eaux superficielles (pollution d'origine domestique, urbaine [ruissellement pluvial, infrastructures], agricole et industrielle),
- Restaurer la dynamique fluviale, l'hydromorphologie des rivières, la continuité écologique et la diversité des habitats ;
- Lutter contre les inondations et maîtriser le ruissellement des zones en développement,
- Protéger les aires d'alimentation de captage.

UH : Mauldres et Vaucouleurs

- Améliorer la qualité des eaux superficielles et souterraines (pollutions d'origine domestique, urbaine, agricole et industrielle)
- Prévenir les inondations et maîtriser les ruissellements ;
- Sécuriser l'alimentation en eau potable et protéger les aires d'alimentation de captage.
- Restaurer la fonctionnalité des cours d'eau et de leurs annexes, et la continuité écologique
- Protéger les zones humides et restaurer les zones naturelles d'expansion de crue ;

UH : Orge-Yvette

- Restaurer la fonctionnalité des rivières, de leurs annexes hydraulique et la continuité écologique ;
- Préserver et restaurer les zones humides ;
- Gestion des inondations et des ruissellements ;
- Protéger les aires d'alimentation de captage.

6.12.4 Examens de la compatibilité et prescriptions complémentaires

6.12.4.1Analyse de compatibilité avec les défis et dispositions du SDAGE

Pollutions des milieux

Pollutions ponctuelles classiques

Le projet de Grand Paris Express est aussi bien un moyen de désengorger les transports en commun de Paris et de sa banlieue qu'une alternative efficace à l'usage de la voiture particulière. Ceci peut être une réponse aux défis 1 et 3 qui ont pour objectif de protéger la qualité des ressources. En effet, 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 d'hydrocarbures.

Par ailleurs, 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.

De plus, un système d'assainissement provisoire devra être mis en place pendant la phase travaux afin de collecter les eaux ruisselant sur le chantier. Ce système permettra de limiter la diffusion des MES vers les milieux récepteurs. La gestion des MES et polluants sera également assurée pendant la phase exploitation.

En ce qui concerne la base vie en phase chantier, les eaux usées seront probablement raccordées au réseau collectif.

De manière générale, afin de prendre en compte cette problématique, un système de management environnemental sera mis en place par l'exploitant.

Pollutions par des substances dangereuses

Concernant les substances dangereuses, l'un des défis majeur du SDAGE est de réduire leur rejet à la source.

Sur l'ensemble de la zone d'étude du Grand Paris, les secteurs potentiellement concernés par cette problématique sont les SMR et SMI. Les dispositions réglementaires devront être mises en place afin d'éviter toute pollution par d'éventuelles substances dangereuses.

☞ Le projet est ainsi compatible avec le SDAGE pour la problématique « pollution des eaux ».

Captages d'alimentation en eau potable

L'étude d'impact recense les captages d'eau à destination de l'Alimentation en Eau Potable ainsi que les DUP existant. Ils ont également été cartographiés afin d'analyser l'adéquation du projet avec les contraintes qui en découlent.

❖ ***Captages AEP souterrains***

Les captages AEP souterrains concernés par le projet ne sont pas nombreux :

- Champ captant de Villeneuve la Garenne,
- Champ captant de Croissy sur Seine,
- Champ captant d'Aulnay sous Bois,
- Captages Yprésien du secteur de Roissy en France, Gonesse, Tremblay en France.

Ces captages sont pour l'essentiel munis des périmètres de protection réglementaires. Les interférences du fuseau et du tracé avec ces périmètres ont été mises en évidence.
Le Maître d'ouvrage a intégré cette problématique dans la démarche de conception du projet avec l'objectif de minimiser au maximum les impacts du projet sur les captages précités. Des études hydrogéologiques sur les interactions entre le projet et ces captages ont été réalisées dans le cadre de la présente étude d'impact. D'autres seront réalisées de manière à appréhender le plus précisément possible ces interactions et à définir les éventuelles mesures compensatoires.

❖ ***Captages AEP superficiels***

L'une des réponses du projet à la disposition 45 est que dans les secteurs où sont localisés des captages AEP superficiels, les réseaux de transport sont souterrains. Il en résulte que le risque de pollution des points de prélèvement est quasiment nul. Cependant, en phase travaux, il faudra veiller à prendre en compte la proximité de certains périmètres de protection des captages. Des mesures préventives et curatives pourront être mises en œuvre en vue d'une éventuelle pollution accidentelle.

Sur l'ensemble des zones d'emprise du fuseau du Grand Paris, aucune gare n'est localisée dans un périmètre de protection immédiat de captage AEP superficiel et seulement deux gares (« Pont de Sèvres » et « Chelles ») sont localisées dans le périmètre de protection rapproché d'un captage AEP superficiel.

☞ Le projet est compatible avec le SDAGE sur cette thématique puisqu'elle prend en compte, cartographie les captages d'eau, et analyse l'interférence du projet avec ceux-ci.

Impacts sur les milieux aquatiques

La garantie d'une fonctionnalité optimale des milieux aquatiques requiert la prise en compte de l'ensemble des phénomènes physiques (hydrauliques, morphologiques, …), biologiques et de leurs interactions.

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 sur le lit mineur, les berges et le fuseau de mobilité, 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 à l'échelle globale ainsi qu'à l'échelle des tronçons.

De plus, le fait que les traversées des cours d'eau majeurs soient souterraines est cohérent avec cette disposition. En effet, les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d'eau ont été étudiés et ils s'avèrent être nuls.

Cependant, il est important de noter que la gare « Pont de Sèvres » est un cas particulier et fera l'objet d'une étude spécifique par rapport à cette problématique.

Par ailleurs, au niveau des secteurs où le réseau de transport est aérien (Plateau de Saclay et Gonesse), le réseau de transport intercepte de petits cours d'eau ainsi que des rigoles (au niveau du Plateau de Saclay). Le réseau aérien est par conséquent prévu en viaduc, afin de limiter ces impacts, notamment hydrauliques.

Enfin, 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.

☞ L'ensemble du projet est compatible avec cet aspect et engendre des effets quasiment nuls par rapport à cette thématique, excepté au niveau du Plateau de Saclay, où une étude spécifique doit être réalisée.

Approche quantitative

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. Ainsi, le projet interfère avec cet objectif de gestion de la rareté de l'eau.

La réalisation des sondages est encadrée par un Assistant au Maître d'ouvrage spécialisé et au fait de ces problématiques. Ce prestataire a 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 éviter l'assèchement de certains captages. 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, les parois moulées par exemple.

Le second impact du projet concernant cette problématique est la perturbation des caractéristiques hydrauliques des systèmes aquifères pouvant être dû à un rabattement trop important des nappes.

☞ Le projet est compatible avec la gestion quantitative de la ressource en eau superficielle envisagée par le SDAGE.

☞ Il estégalement compatible avec la gestion de la ressource en eau souterraine envisagée par le SDAGE.

Gestion du risque inondation

Le SDAGE impose que le risque d'inondation et les dommages prévisibles sont à prendre en compte pour les aménagements situés en totalité ou en partie en zones inondables. Dans le cadre du projet, les zones de crue de 1910 sont prises en compte au sein de l'étude d'impact globale et pour les études des tronçons, ce sont les zonages des PPRI adoptés qui sont pris en compte.

Dans les secteurs exposés au risque inondation, une politique de gestion des eaux pluviales renforcée doit être mise en place.

La réglementation actuellement en vigueur (PPRI et Loi sur l'eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires.

Par ailleurs, l'orientation 33, et plus précisément la disposition 146, vise à limiter le ruissellement pour maitriser le risque d'inondation à l'aval. Cet objectif est cohérent avec le projet, puisque celui-ci est majoritairement en réseau souterrain et n'interfère avec la surface qu'au niveau des gares et certains points particuliers. De plus, la majorité des ouvrages de surface étant localisés dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de ruissellement supplémentaire.

☞ Le projet est compatible avec le défi concernant la gestion du risque inondation.

Analyse de compatibilité avec défis et dispositions du SAGE Orge-Yvette

Le rôle des SAGE est de décliner localement les orientations du SDAGE en programmes d'actions, en prenant en compte les spécificités du bassin versant considéré. Ainsi, le SAGE Orge-Yvette doit être compatible avec les orientations et dispositions du SDAGE Seine-Normandie. Bien que plusieurs dispositions du SDAGE ne concernent pas le territoire du SAGE Orge-Yvette, la compatibilité du projet avec ce dernier repose sur les principes fondamentaux abordés dans l'analyse de compatibilité du projet avec le SDAGE. Les différents enjeux concernés par les actions entreprises par le projet sont abordés successivement.

Maitrise des sources de pollutions

Rappel des objectifs et actions du SAGE en lien avec le projet

Objectif 2-1 : Améliorer le fonctionnement de la collecte et le traitement des eaux usées domestiques

Action n°6 : Traiter les eaux usées au plus près de leur source d'émission en réhabilitant les systèmes d'épuration existants et en créant de nouvelles unités de traitement conformes au classement du bassin en zone sensible au SDAGE et aux objectifs du SAGE

Objectif 2-2 : Améliorer le fonctionnement de la collecte et le traitement des eaux usées autres que domestiques

Action n°3 : Mettre en place une action de communication auprès des entreprises pour promouvoir les mesures de management environnemental

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°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'un des objectifs défini dans le SAGE Orge-Yvette est de réduire et maitriser les pollutions diffuses et accidentelles. Les maîtres d'ouvrage d'aménagements urbains doivent donc prendre en compte ce risque de pollution de la ressource en eau.

De manière générale, afin de prendre en compte cet enjeu, un système de management environnemental sera mis en place par l'exploitant.

Afin de répondre à cette problématique, le stockage des eaux pluviales, leur infiltration lorsque le sol le permet, ou leur recyclage seront privilégiés. De plus, un système d'assainissement provisoire devra être mis en place pendant la phase travaux afin de collecter les eaux ruisselant sur le chantier. Ce système permettra de limiter la diffusion des MES vers les milieux récepteurs via le ruissellement. La gestion des MES et polluants sera également assurée pendant la phase exploitation.

En ce qui concerne la base vie en phase chantier, les eaux usées seront probablement raccordées au réseau collectif.

Gestion du risque inondation

Rappel des objectifs et actions du SAGE en lien avec le projet

Objectif 3-2 : Protéger les personnes et les biens du risque inondation dû aux eaux de ruissellement

Action n°1 : Réduire les ruissellements en retenant l'eau le plus en amont possible

Dans la même optique que les dispositions du SDAGE, le SAGE a pour objectif de protéger les personnes et les biens du risque inondation.

Sur le périmètre du SAGE, le projet est majoritairement en viaduc. Le risque inondation engendré par les aménagements est donc relativement faible.

De plus, le réseau de transport étant principalement localisé sur la ligne de crête dans ce périmètre, les effets sur les ruissellements sont limités.

Cependant, dans les secteurs exposés au risque inondation, une politique de gestion des eaux pluviales renforcée doit être mise en place.

7 Bibliographie

7.1 Démographie, emploi, population, occupation des sols

- A four level road hierarchy for network planning and management, Eppell, V.A.T. (Tony) and McClurg, Brett A. and Bunker, Jonathan M. (2001), in: 20th ARRB Conference, 19-21 March 2001, Melbourne
- Après Kyoto, recherche ville écomobile.., Vers une mobilité durable en Europe, LECROART P., Les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.
- Arrêté du 22 décembre 2011 relatif à l'actualisation annuelle des tarifs au mètre carré pour le calcul de la redevance pour la création de locaux à usage de bureaux, des locaux commerciaux et des locaux de stockage en région d'Ile-de-France (articles L. 520-1 et L. 520-3 du code de l'urbanisme) et pour le mètre carré de taxe d'aménagement (article L. 311-11 du même code)
- Article 28 de la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative pour 2010
- Article 65 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 (dite « Grenelle 2 »)
- Articles L110 et L121-1 du Code de l'Urbanisme
- Avis délibéré de l'Autorité environnementale concernant le schéma d'ensemble du réseau public de transport du Grand Paris, Conseil général de l'Environnement et du développement durable, 26 août 2010
- Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL, Energie Transport Habitat Environnement Localisations, projet ETHEL, CNRS, Ministère de la recherche, 2003
- City Freight, Inter and Intra City Freight Distribution Networks, Final Report, European Commission Fifth Framework Program
- Cohérence urbanisme/transports, quelques "bonnes pratiques" de développement durable en Europe, Agence d'urbanisme de la région stéphanoise, Septembre 2004.
- Concevoir la ville à partir des gares, Rapport final du projet Bahn Ville 2 sur un urbanisme orienté vers le rail, Marne-la-Vallée : Université Paris-Est, UPEMLV, oct. 2009.- 83 p.
- Contraintes énergétiques et mutations urbaines, Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008
- Densifier le pavillonnaire, études foncières, la Revue, mars 2012, http://www.etudesfoncieres.fr/2012/03/densifier-le-pavillonnaire/
- Densifier les zones pavillonnaires, Atelier international du Grand Paris, http://www.ateliergrandparis.com/construire/densifierZP.pdf
- Diagnostic et orientations pour le nouveau Plan de Déplacements Urbains d'Ile-de-France, STIF, Août 2009
- Energy Environment for Metropolitan areas, ESTEEM : European Scenarios on Transport, European Commission, Stratec, 1996-1998
- Enquête Globale de Transport, 2001
- Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau, Halleux J.-M, Lambotte J.-M. et Bruck L., Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, 2008, pp.21-42, p.28
- Evaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, Secrétariat Régional au Développement de la Région Capitale, 2009-2010
- Habiter ou travailler près d'une gare de banlieue, quels effets sur les comportements de mobilité?, D.Nguyen-Luong, J. Courel, IAU Ile-de-France, novembre 2007
- La difficile densification des quartiers pavillonnaires, EGIS, Ateliers de la Terre, octobre 2010, http://www.lemoniteur.fr/133-amenagement/article/a-suivre/772418-la-difficile-densification-des-quartiers-pavillonnaires
- La ville franchisée : Formes et structures de la ville contemporaine, David Mangin, 2004
- Les pôles d'échanges en France : état des connaissances, enjeux et outils d'analyse, INRETS/CODRA, Dossiers du CERTU, juin 2006
- Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains, version consolidée au 19 mai 2011
- Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées
- Loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative pour 2010
- Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris
- Loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs
- Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie
- Mode d'occupation du sol, IAURIF, 2003 et 2008
- Péage urbain en Ile-de-France : scénarios et conditions de mise en place, L. Servant, Cahiers de l'IAURIF n°128, IAURIF, 2000
- Penser les déplacements pour une ville durable, Angers 21, janvier 2005, http://www.angers.fr/fileadmin/plugin/tx_dcddownloads/la_revue_angers_21_janvier2005_01.pdf
- Potentiel de densification autour des pôles et des axes de transport en commun, Rapport final, DREIF, 2007 : http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Introduction_cle72afd1.pdf
- Présentation de la réforme de la fiscalité de l'aménagement, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, janvier 2011, http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Brochure_Reforme_de_la_fiscalite_de_l_urbanisme.pdf
- Projet de Plan de Déplacement Urbain de la Région Ile-de-France, STIF, février 2011
- Projet de Schéma Directeur de la Région Ile-de-France, Conseil régional de la région Ile-de-France, adopté par délibération du Conseil régional le 25/09/2008

- Relations entre tarification spatiale et morphologie urbaine, Système tarifaire des transports collectifs : éléments de réflexion (vol.2), LEMOINE C., PREDALI F., IAURIF, avril 2007
- Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions des gaz à effets de serre, LEPUR, Université de Liège, avril 2011
- Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, ADEME, édition 2010
- Transit-oriented development, 1000 Friends of Oregon. http://www.onethousandfriendsoforegon.org
- Un nouveau sens pour la planification, développement durable et métropoles, V. Fouchier, J.C. Gaillot, Le projet de schéma directeur de la région Ile-de-France, 14 mai 2009, http://www.iau-idf.fr/fileadmin/user_upload/Enjeux/Metrex/14mai/Fouchier-Gaillot.pdf
- Unified Economic Models of Transportation & Urban Development, A. Anas. State University of New York at Buffalo. Keynote Address. ERSA 2006, Volos, Greece
- Urbanisation et consommation de l'espace, une question de mesure, La revue du CGDD, mars 2012, page 16
- Vers une mobilité durable en Europe, les Cahiers de l'IAU, n°150, IAU Ile-de-France, Mars 2009, 180 p.

7.2 Bruit et vibrations

7.2.1 Bruit

7.2.1.1 Base Réglementaire

- Décret n° 95-21 du 9 janvier1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres
- Décret n° 95-22 du 9 janvier1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
- Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières qui définit les niveaux sonores admissibles pour la contribution des infrastructures routières.
- Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
- Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées
- Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires
- Directive 2002/49CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement qui fixe une approche commune pour la caractérisation du bruit en environnement des indicateurs spécifiques : le Lden, le Lday, le Levening et le Lnight
- Circulaire du 12 juin 2001 observatoire du bruit des transports terrestres ; résorption des points noirs du bruit des transports terrestres
- Circulaire du 25 mai 2004 relative au bruit des infrastructures de transports terrestres
- Directive 2005/88/CE du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2005 modifiant la directive 2000/14/CE concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments
- Arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes
- Arrêté du 4 avril 2006 relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement
- DIRECTIVE 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE
- Décret n° 2006-361 du 24 mars 2006 relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement et modifiant le code de l'urbanisme
- Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique
- Directive 2007/34/CE de la Commission du 14 juin 2007 portant modification, aux fins de son adaptation au progrès technique, de la directive 70/157/CEE du Conseil concernant le niveau sonore admissible et le dispositif d'échappement des véhicules à moteur

7.2.1.2 Base Normative

- NF S 31-110 " Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation "
- NF S 31-010 " Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesurage, pour les autres sources de bruit "
- NF S31-132 « Acoustique – Prévision du bruit des transports terrestres – Typologie des méthodes de prévision »
- ISO 9613 « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre »
- NMPB – route 1996

7.2.1.3 Autres bases documentaires

- Guide du bruit des transports Terrestres - CERTU - Novembre 1980
- Classement sonore des infrastructures de transports terrestres - CERTU - Mars 1998
- Structure du trafic sur le réseau routier national - dossier thématique SETRA 1999
- Bruit et études routières, manuel du chef de projet - CERTU octobre 2001
- Observatoire du bruit des routes - CERTU 2001
- Note information - Calcul prévisionnel de bruit routier - SETRA avril2007
- Mettre en œuvre la directive 2002/49CE - CERTU - juillet 2006

- La gêne due au bruit des transports terrestres, J. LAMBERT, Revue Générale des Chemins de Fer, octobre 2003.
- Elements for a position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, H. M. E. MEDIEMA, C. G. M. OUDSHORN, TNO report PG/VGZ/00.052, July 2002.
- Le bruit des infrastructures de transports ferroviaires : nouvelles données et perspectives - P. FODIMAN - Janvier 2004
- Bruit du trafic routier -Assainissement- Département de la sécurité et de l'environnement du Canton de Vaux (Suisse) avril 2007
- Bruit et formes urbaines - CERTU 1981
- rapport ALIENOR " Autoroute de Gascogne " octobre2009
- ZONES DE CALME ET AMENAGEMENT - Etude exploratoire sur la notion de " zone de calme ", Les enseignements pour l'Ile-de-France Novembre 2006 - Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France – IAURIF
- Spectres démission sonore d'un métro MP89, données RATP 2010
- Niveaux sonores pour un métro de type MI79, données SNCF 2006
- Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement, source RRF/SNCF du 30/01/2006
- « rapport d'étude des possibilités de traitement, mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris » source IDDEA SGP
- Données réseau routier DREIF 2035, demande de 2035
- Dimensionnement des différentes sections d'un puits de ventilation (source SETEC – mémoire technique SETE-M3X-INF-FAI-RAP-003-0-0)
- Etude des possibilités de traitement, de mise en décharge et de valorisation des déblais générés par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris, étude d'impact annexe 2
- Charroi induit par le chantier selon les différents modes de transport, données Burgeap
- Concevoir la ville à partir des gares - Rapport final du Projet Bahn Ville, octobre 2009

7.3 Mobilité

MODUS v2.1 Documentation détaillée du modèle de déplacements de la DREIF, Direction Régionale de l'Equipement Ile de France, mai 2008

La mobilité des Français, Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements, Commissariat Général au Développement Durable, décembre 2010

Enquête Globale Transport, Direction Régionale et Interdépartementale de l'Equipement et de l'Aménagement d'Ile de France, 2001

8 Index des sigles utilisés

ABF : Architecte des Bâtiments de France
ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AEP : Alimentation en eau potable
AESN : Agence de l'eau Seine-Normandie
AEV : Agence des espaces verts de la région Île-de-France
AMVAP ou AVAP : Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine
AOT : Autorité organisatrice de transports
AOTU : Autorité organisatrices de transports urbains
BASIAS : Base de données des anciens sites industriels et activités de services
CAPS : Communauté d'agglomération du plateau de Saclay
CBNBP : Conservatoire Botanique du Bassin Parisien
CDSPP : Commission départementale des sites, perspectives et paysages
CDT : Contrat de développement territorial
CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
COS : Coefficient d'occupation des sols
DIREN : Direction régionale de l'Environnement
DIVAT : Disque de valorisation des axes de transport
DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DREIF : Direction régionale de l'Équipement de l'Île-de-France
DRIAF : Direction régionale et interdépartementale de l'Agriculture et de la forêt d'Île-de-France
DRIRE : Direction régionale de l'Industrie, de la recherche et de l'environnement
ENS: Espace naturel sensible
EPA : Etablissement public d'aménagement
EPCI : Etablissement public de coopération intercommunale
EPF : Etablissement public foncier
ER : Emplacement réservé
GES : Gaz à effet de serre
IAU : Institut d'aménagement et d'urbanisme (ex IAURIF)
IAURIF : Institut d'aménagement et d'urbanisme en Ile-de-France
INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques
LGV: Ligne à grande vitesse
Loi LAURE : Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie
Loi LOTI : Loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs
Loi SRU : Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains
LUTI : Land Use Transport Interactions
MNHN: Muséum national d'histoire naturelle
MOS: Mode d'occupation des sols
NGF : Niveau Général de la France établi en 1969
NMPB : Nouvelle méthode de prévision du bruit
OIN: Opération d'intérêt national
OMS : Organisme mondiale de la santé
P+E : Population et emploi
PADD : Projet d'aménagement et de développement durable
PDE : Plan de déplacement entreprise
PDU : Plan de déplacements urbains
PDUIF: Plan de déplacements urbains d'Île-de-France
PEB : Plan d'exposition au bruit
PLH : Programme local de l'habitat
PLU : Plan local d'urbanisme
PMR : Personne à mobilité réduite
PNR : Parc naturel régional
POS : Plan d'occupation des sols
PPA : Plan de protection de l'atmosphère
PRIF : Périmètre régional d'intervention foncière
PRQA : Plan régional de la qualité de l'air
RCB : Redevance sur la création de bureaux
RER : Réseau express régional
SAFER : Société d'aménagement foncier et d'établissement rural
SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SCOT : Schéma de cohérence territoriale
SD : Schéma directeur
SDA : Schéma directeur d'accessibilité
SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SDRIF : Schéma directeur de la région Ile-de-France
SHON : Surface hors oeuvre nette
SIEVO : Syndicat intercommunal de l'Est du Val d'Oise
SIG : Système d'information géographique
SRU : loi Solidarité et renouvellement urbain
STIF : Syndicat des transports d'Ile-de-France
TA : Taxe d'aménagement
TC : Transport en commun
TCSP : Transport en commun en site propre
TER : Train express régional
TGV : Train à grande vitesse
TLE : Taxe locale d'équipement
VRD : Voirie et réseaux divers
ZAC : Zone d'aménagement concerté
ZAP : Zone agricole protégée
ZAPA : Zone d'actions prioritaire pour l'air
ZICO : Zone importante pour la conservation des oiseaux
ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique
ZPPAUP : Zone de protection du patrimoine architectural urbain et paysager

9 Annexes

9.1 Annexes Bruit

9.1.1.1 Annexe 1 : Notions acoustiques

- **Lp :**

Niveau de pression acoustique donné à une distance de la source et perçu en ce point; il s'exprime en dB ou dB(A).

- **Lw :**

Niveau de puissance acoustique caractérisant l'appareil et servant de base de calcul pour déterminer une pression à une distance donnée ; il s'exprime en général en dB(A) et ne dépend pas de la distance : c'est une valeur intrinsèque à la source.

- **Perception oreille :**

L'oreille humaine est capable de percevoir des sons compris entre 0 dB (seuil d'audibilité) et 120 dB (seuil de la douleur) et de fréquences comprises entre 20 Hz(sons graves) à 20 000 Hz (sons aigus).

- **Pondération A :**

Les niveaux sonores mesurés en dB font souvent l'objet d'une correction fréquentielle afin de tenir compte des caractéristiques de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les fréquences de manière linéaire. Ce " filtre " corrige donc le niveau linéaire mesuré par le microphone et permet ainsi d'évaluer au mieux la gêne sonore réelle perçue par les personnes.

- **Fréquences et spectres :**

La fréquence définie la hauteur d'un son : plus la fréquence est basse, plus le son sera grave. A l'inverse plus la fréquence s'élève, plus le son sera aigu.

Un bruit est défini par son niveau sonore (Lp) et par ses caractéristiques fréquentielles. Le spectre d'un bruit est le résultat de l'ensemble des fréquences constituant ce bruit.

Comme l'oreille humaine suit naturellement une règle logarithmique pour la distinction des fréquences, des échelles logarithmiques sont utilisées pour la définition des spectres, elles sont appelées bandes de fréquences.

Les échelles les plus couramment utilisées sont les bandes d'octaves, les bandes de 1/3 octaves et les bandes de 24ème d'octave.

- **Bruit ambiant :**

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées (valeur Ltot ou Lambiant)

- **Bruit particulier :**

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est objet d'une requête (valeur Lpart, Lsp ou LAr,t)

- **Bruit de fond / résiduel :**

C'est le niveau de pression acoustique moyen du bruit d'ambiance à l'endroit et au moment de la mesure en l'absence du bruit particulier considéré comme perturbateur (valeur Lf ou Lbdf). En général le LA95 ou le LA90 définissent de manière significative le niveau de bruit résiduel d'un site.

- **Bruit initial :**

Bruit ambiant en un emplacement avant toute modification de la situation existante.

- **Emergence :**

Modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier, soit la différence entre le niveau de bruit ambiant avec bruit particulier et le niveau de bruit résiduel constaté.

- **Indices statistiques :**

Il s'agit de données statistiques calculées à partir des valeurs de LAeq. Elles permettent d'extraire les valeurs de niveaux de bruit atteints pendant x% de la durée de l'observation.

LA10 : Niveau sonore atteint ou dépassé pendant 10 % du temps d'observation

LA50 : Niveau sonore atteint ou dépassé pendant 50 % du temps d'observation

LA90 : Niveau sonore atteint ou dépassé pendant 90 % du temps d'observation

LA95 : Niveau sonore atteint ou dépassé pendant 95 % du temps d'observation

Le LA90 et/ou LA95 sont les indices les plus couramment utilisés pour évaluer le bruit résiduel (ou bruit de fond)

- **Intervalle de base :**

En général pour les bruits en environnement la durée de l'intervalle de base est fixée à 1 h.

- **Intervalles de références :**

Intervalles de temps reconnus pour caractériser une situation acoustique et pour déterminer de façon représentative l'exposition au bruit des personnes. Ils sont donnés en fonction des périodes fixées selon les valeurs guides ou des périodes réglementaires.

- **Intervalles de mesurage :**

Intervalle de temps au cours duquel la mesure est effectuée.

Niveau sonore de constat LAeq, constat :

Niveau sonore équivalent pondéré A reflétant la situation acoustique pendant le mesurage.

Indices utilisés dans le présent rapport

- **Le niveau sonore équivalent Leq,T en dB :**

Que ce soit pour un bruit stable ou fluctuant ce niveau est équivalent, d'un point de vue énergétique, à un bruit permanent et continu qui aurait été observé au même point de mesure et

durant la même période. Le niveau acoustique équivalent correspond donc à une " dose de bruit " reçue pendant une durée de temps déterminée.

Il est le résultat du calcul de l'intégrale des niveaux sonores relevés à intervalles réguliers (échantillonnage de 1,2,…n fois par seconde) et pour une période donnée, t (10 min, 1 heure, 24 h, ...).

Si l'échantillonnage a été effectué avec une pondération A, le niveau équivalent sera alors exprimé en dB(A) et symbolisé par LAeq,T.

Ce niveau est très régulièrement utilisé comme indice de gêne. On observe en effet, dans la pratique, une bonne corrélation entre cette valeur et la gêne auditive ressentie par un individu exposé au bruit.

Cependant cet indicateur ne considère pas les pics d'amplitude de courte durée observés durant la période considérée. C'est pourquoi, d'autres indices de type " événementiels " sont également utilisés.

- **Les indices fractiles Lx :**

Le " niveau fractile " est exprimé en dB et est symbolisé par le paramètre Lx, où x est compris entre 0 et 100 (par exemple: L10, ..., L90, L95, ...). Il exprime le niveau sonore dépassé pendant le pourcentage de temps x (10%, ..., 90%, 95%, ...) par rapport à la durée totale de la mesure.

Comme pour les niveaux équivalents, les niveaux fractiles sont déterminés sur base de niveaux sonores relevés à intervalles réguliers (échantillonnage) et pendant une période donnée. L'analyse statistique consiste à classer l'ensemble des échantillons ainsi récoltés en fonction de leur niveau et à calculer la durée, exprimée en %, où un niveau de bruit donné a été dépassé. Les valeurs L1 et L5 caractérisent généralement les niveaux de pointes et permettent de prendre en compte la caractéristique d'émergence forte de certains bruits tandis que les valeurs L90 et L95 caractérisent les niveaux de bruit de fond.

Si l'échantillonnage a été effectué avec une pondération A, les niveaux fractiles seront alors exprimés en dB(A) et symbolisés par LAx.

- **Les indices de gêne définis par la " directive bruit 2002/ 49/ CE"**

Au niveau européen, la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit ambiant a défini différents indices globaux, en particulier le Lden qui représente le niveau moyen annuel sur 24h et qui est défini par la formule suivante :

$$L_{den} = 10 * \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{Levening+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{Lnight+10}{10}} \right)$$

avec :

Lday le niveau de bruit moyen annuel représentatif d'une journée (LAeq (7h-19h))

Levening le niveau de bruit moyen annuel représentatif d'une soirée (LAeq (19h-23h))

Lnight le niveau de bruit moyen annuel représentatif d'une nuit (LAeq (23h-7h))

On remarque que dans ce calcul les niveaux moyens de soirée Levening et de nuit Lnight sont augmentés respectivement de 5 et 10 dB(A) par rapport au niveau de jour Lday. En d'autres termes, le Lden est associé à la gêne acoustique globale liée à une exposition au bruit de longue durée et tient compte du fait que le bruit subi en soirée et durant la nuit est ressenti comme plus gênant. Il est utilisé pour l'établissement de cartes de bruit stratégiques.

Le Lnight est également utilisé pour l'établissement de cartes de bruit stratégiques car il constitue un indicateur de bruit associé aux perturbations du sommeil.

Ces indicateurs sont particulièrement indiqués dans le cadre de sources de bruits continus comme le bruit du trafic routier.

9.1.1.2 Annexe 2 : Méthodologie pour le calcul de l'impact du report modal sur le bruit routier

Formule simplifiée retenue

La formule générale de calcul des émissions sonores durant une période dt est la formule général donnée par le guide du bruit des transports terrestres du CERTU (1980) :

$L_{eq} = 20 + 10\log(Q_{VL} + EQ_{PL}) + 20\log(v) - 12\log(d+L_c/3)$

avec

Q_{VL} : débit représentatif des véhicules légers, en véhicules par heure

Q_{PL} : débit représentatif des véhicules lourds, en véhicules par heure

E : facteur d'équivalence acoustique entre véhicules légers et véhicules lourds

v : vitesse en kilomètre/heure

d : distance récepteur au bord de plateforme en mètre

L_c : largeur de la chaussée en mètre

Remarque :

Normalement une différenciation aurait due être faite entre les tissus ouverts et les tissus fermés (rues en U). Or, les niveaux sonores calculés ont tous été considérés comme étant à 2m en avant des façades, pour une propagation en champ libre, soit un profil en « tissu ouvert ».

Ce choix a été effectué pour plusieurs raisons :

L'impossibilité d'associer les données bâti aux sections routières fournies, ce qui implique qu'il a été impossible de distinguer les voiries en forme de U de type « Tissu fermé » ni de définir la distance entre bâtiments pour les rue en U, donnée nécessaire pour évaluer les niveaux de bruit pour les rues en U.

Des simulations pour plusieurs types de trafic et plusieurs configurations ont été réalisées avec le logiciel Cadnaa (logiciel de cartographie sonore) et sous Excel qui ont montré que les résultats en tissus ouvert avec dernière réflexion sur le bâti sont très proches de ceux obtenus en tissus fermés (< 3 dB(A) de différence) et sont voir même souvent supérieurs aux estimations rue en U pour des vitesses > 50 km/h.

En outre, compte tenu du nombre très élevé de tronçons à étudier et de notre volonté de calculer des courbes isophoniques (et non le bruit en façade des bâtiments), la capacité du logiciel et les contraintes de durées de calculs nous ont obligées à simplifier les calculs, en n'utilisant qu'une seule formule pour la totalité de la zone étudiée et en simplifiant cette hypothèse.

Le modèle réalisé n'étant donné qu'à une précision de +/- 5 dB(A) près, la tolérance de 3 dB(A) de la simplification proposée nous semble donc tout à fait raisonnable.

Indices calculés

Dans un premier temps, les indicateurs de bruit utilisés sont L_{night} et L_{den}.

L'indicateur pondéré $Ld_{ay}e_{vening}n_{ight}$ représente le niveau moyen annuel sur 24h et est défini par la directive européenne 2002/49/CE[144] de la manière suivante :

$$L_{den} = 10 * \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{Levening+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{Lnight+10}{10}} \right)$$

avec

L_{day} : niveau acoustique équivalent sur la période de 6h à 18h (LA_{eq} (6h-18h)) ;

$L_{evening}$: niveau acoustique équivalent sur la période de 18h à 22h (LA_{eq} (18h-22h)) ;

L_{night} : niveau acoustique équivalent sur la période de 22h à 6h (LA_{eq} (22h-6h)).

Toutefois au cours de l'étude nous avons constaté que la réglementation Française ne précisait pas les valeurs limites pour ces périodes mais pour les périodes LAeq jour (6h-22h) et LAeq nuit (22h-6h). Ce qui nécessitait à chaque fois de faire une correction pour évaluer le Lden correspondant, soit une complication de la démarche.

Aussi, dans un souci de cohérence par rapport à la réglementation Française et en particulier le classement des voies, il a été décidé de considérer au final les indices LAeq jour (6h-22h) et LAeqnuit (22h-6h).

Hypothèses relatives au milieu de propagation

Aucune distinction n'a été faite concernant le type de revêtement routier qui est considéré partout comme du béton bitumineux drainant.

Les conditions météorologiques (vent, humidité, température, etc.) sont considérées comme homogènes et correspondent à un niveau moyen annuel.

La topographie n'a pas été prise en compte, il est considéré une propagation en 2D.

Ne pouvant étudier l'impact du bâti, les courbes isophones ont été calculés sans considérer l'impact du bâti sur la propagation sonore. Ceci a donné dans un premier temps une surestimation très importante de l'impact des routes sur l'environnement. C'est pourquoi il a été décidé d'utiliser l'évaluation forfaitaire proposée dans l'annexe 6 du guide méthodologique pour la mise en place des observatoires bruits dans les départements (CERTU) pour évaluer le niveau sonore en façade pour des bâtiments en tissus ouvert soumis au bruit routier.

Celle-ci se base sur les niveaux sonores de référence fixés par l'Arrêté du 30 mai 1996 relatif au classement sonore des infrastructures de transport terrestre et prend en compte, dans une certaine mesure, une atténuation supplémentaire à partir d'une distance supérieure à 50m de la voirie étudiée. Les formules ainsi considérées sont les suivantes :

Distance de la courbe isophone au bord de l'infrastructure en mètre	Niveau sonore forfaitaire jour LAeq (6-22h) En dB(A)	Niveau sonore forfaitaire jour LAeq (22-6h) En dB(A)
10 < d < 50	LAeqref - 8,5.log(d)+8,5	LAeqref - 7,9.log(d)+7,9
50 < d < 490	LAeqref - 16,6.log(d)+22,3	LAeqref - 13,6.log(d)+17,6

Tableau : Evaluation forfaitaire proposée dans l'annexe 6 du guide méthodologique pour la mise en place des observatoires bruits dans les départements (CERTU)

Hypothèses relatives aux récepteurs

La hauteur de la source de bruit par rapport au sol est par hypothèse constante à 4m afin de ne pas considérer de correction de hauteur.

La formule donnée pour un tissu ouvert considère une route infinie, ce qui est rarement le cas en situation réelle (présences récurrentes d'obstacles divers).

Normalement, une correction d'extension finie permet de prendre en compte ces obstacles et est calculée sur base d'un angle θ. Cet angle représente l'angle ou la somme des angles sous lequel la rue est « visible » pour le point récepteur.

Ce paramètre est trop compliqué à définir dans la présente étude du fait du nombre très important de tronçons routiers et l'impossibilité de travailler sur le bâti.

C'est pourquoi, la formule utilisée considère un angle θ maximum de 180°, ce qui signifie que notre modèle considère que la route est entièrement « visible » pour tous les bâtiments, soit une correction 10*log(θ/180) nulle.

Hypothèses relatives aux sources de bruits

Le modèle de transport « Modus » fournit des données de flux automobiles et des vitesses à l'heure de pointe du matin et du soir. Les flux et les vitesses ont été extrapolés à une journée complète moyenne annuelle[145] (TMJA) dont les intervalles sont définis par la formule précédente. Ces coefficients de correction s'appuient sur les données de comptage du réseau SIRIUS pour l'année 2003. Le réseau SIRIUS est cartographié à la figure ci-après.

[144] *Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement (communément appelée « directive sur le bruit dans l'environnement »)*

[145] *Cf point « analyse des émissions de polluants du trafic routier »*

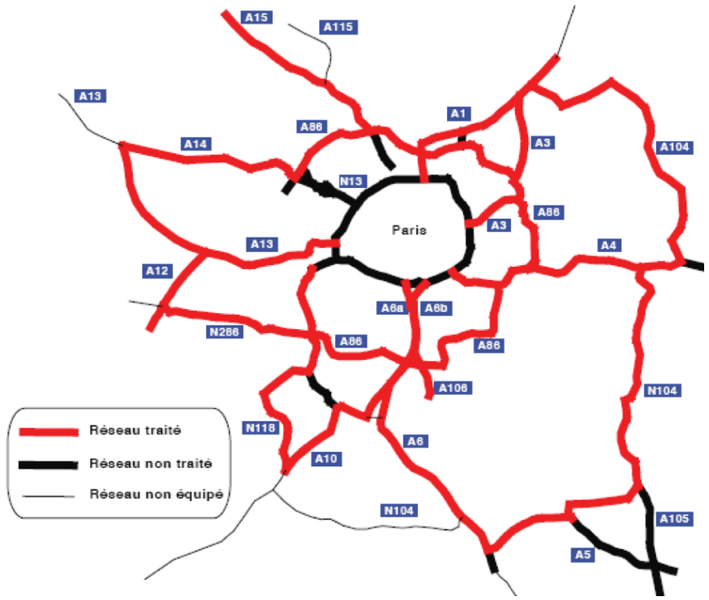


Figure : Les axes routiers du réseau SIRIUS (Source : Statistiques de trafic sur le réseau SIRIUS en 2003, DREIF,

- **Flux**

La distribution horaire du trafic moyen journalier SIRIUS (Fig III.3.1.b.) a permis d'évaluer le trafic horaire pour chaque arc du réseau DREIF à partir de la valeur de son trafic à l'heure de pointe du matin (donnée issue du modèle DREIF).

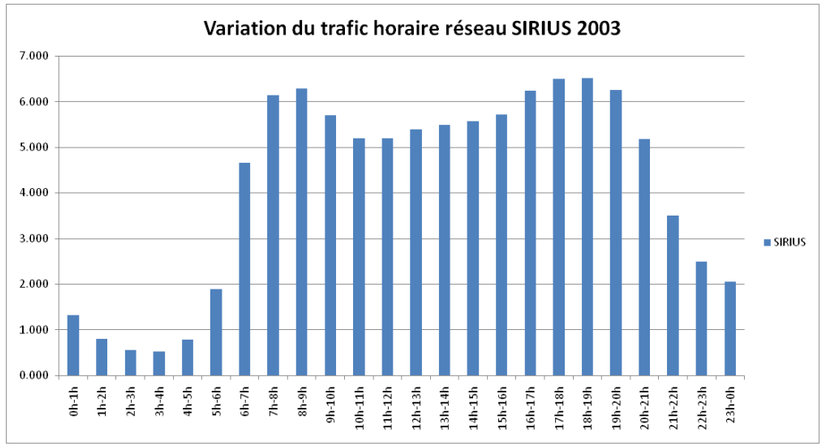


Figure : Répartition horaire du trafic journalier (%) *(Source : Statistiques de trafic sur le réseau SIRIUS en 2003, DREIF,)*

- **Vitesse**

La distribution horaire des vitesses moyennes issues du réseau Sirius (Figure III.3.1.c) a permis d'évaluer les vitesses moyennes sur les trois périodes de la journée pour chaque arc du réseau routier DREIF.

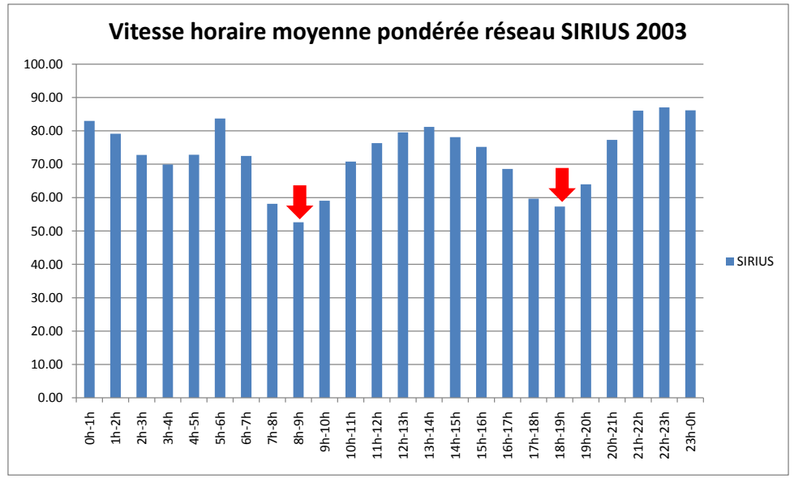


Figure : Evolution horaire des vitesses moyennes pondérées (Source : Statistiques de trafic sur le réseau SIRIUS en 2003, DREIF,

Par ailleurs, dans les zones rurales et péri-urbaines, l'écoulement du trafic a été considéré comme fluide. Afin de tenir compte du trafic pulsé sur certains axes routiers, une correction de +3 dB(A) a été apportée pour les rues où la vitesse est inférieure ou égale à 50km/h.

- **Carrefours**

Le modèle ne prend pas en compte l'influence sonore cumulée de deux voies de circulation. A proximité des carrefours, les résultats sont donc sous-estimés par rapport à la réalité. Si dans la majorité des cas, cette différence est faible, l'erreur peut parfois être importante, notamment pour deux arcs aux flux de circulation importants.

- **Catégories de voie de circulation**

Le modèle bruit est basé sur la typologie de voirie présentée ci-dessous. Pour chaque catégorie de voie de circulation, un facteur spécifique d'équivalence acoustique entre véhicules légers et véhicules lourds (E) a été calculé.

Equivalence numérotation DREIF et typologie de voie de circulation du réseau routier

Numéro typologie DREIF	Description typologie DREIF	Catégorie de voie de circulation
7	Autoroutes	1 – voie de transit
13	Bd circulaire	
30	Autoroute d'insertion	
14	Périphérique	
27	Bretelles	2 – voie artérielle
5	GC voies intermédiaires	
12	PC voies intermédiaires	
6	GC routes à grande circulation	
26	VR	3 – voie de distribution
19	Bd des Maréchaux	
25	Voie de distribution	
3	GC voies de desserte	4 – voie de desserte
21	PC voies de desserte	
18	Limites du réseau modélisé	
20	Paris	

Tableau : Equivalence numérotation DREIF et typologie de voie de circulation du réseau routier (DREIF)

Correction Poids Lourds

Le facteur d'équivalence acoustique (E) permet de tenir compte de la différence acoustique entre les Poids Lourds (PL) et les Véhicules Légers (VL). Il est fonction de la vitesse de circulation et la pente de chaque voirie. Par souci de simplification, la pente a été considérée constante et égale à 0% :

Détermination du facteur d'équivalence acoustique E	
Catégorie de voie	*E*
voie de transit	4
voie artérielle	7
3/4 - voie de distribution et de desserte	10

Tableau : Détermination du facteur d'équivalence acoustique E pour une pente à 0% (guide du CERTU)

Résultats

- **Classification sonore des voiries**

Les cartes de classement des voiries ont été réalisées sur base du décret n°95-21 du 9 janvier 1995 et de l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures terrestres et isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit, à partir de la formule définie dans la présente méthodologie.

Ces cartes permettent de définir pour chaque période de référence (jour 6-22h et nuit 22-6h) la catégorie de l'infrastructure sur base de leur niveau sonore de référence LAeq (6h-22h) et LAeq (22h-6h) calculé pour une distance de 10m par rapport à l'infrastructure avec prise en compte de la réverbération des bâtiments afin d'être équivalent à un niveau sonore en façade.

La largeur des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre des infrastructures routière peut ensuite être définie grâce au tableau suivant :

Niveau sonore de référence LAeq (6-22h) En dB(A)	**Niveau sonore de référence LAeq (6-22h) En dB(A)**	**Catégorie de l'infrastructure**	**Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure**
L > 81	L > 76	1	d = 300m
76 < L ≤ 81	71 < L ≤ 76	2	d = 250m
70 < L ≤ 76	65 < L ≤ 71	3	d = 100m
65 < L ≤ 70	60 < L ≤ 65	4	d = 30m
60 < L ≤ 65	55 < L ≤ 60	5	d = 10m

Tableau: Evaluation forfaitaire proposée dans l'annexe 6 du guide méthodologique pour la mise en place des observatoires bruits dans les départements (CERTU)

- **Cartes de courbes isophones**

Les cartes de courbes isophones ont été calculées sans prendre en compte l'impact du bâti, ce qui surestime de manière importante le bruit pour les distances importantes par rapport à l'infrastructure routière étudiée.

Elles ne sont pas présentées du fait de leur imprécision mais permettent entre autre de calculer par différence (situation 2035 avec et sans projet) la réduction ou l'augmentation de surface impactée par le bruit et donc l'impact du projet sur la population.

Classification sonore des voiries		
	Niveaux sonore de référence L_{den}	**Niveaux sonore de référence L_{night} (22h-6h)**
A	> 75 dB(A)	> 70 dB(A)
B	70 à 75 dB(A)	65 à 70 dB(A)
C	65 à 70 dB(A)	60 à 65 dB(A)
D	60 à 65 dB(A)	55 à 60 dB(A)
E	55 à 60 dB(A)	50 à 55 dB(A)

Tableau : Classification sonore proposées pour les voiries (ASM Acoustics)

Des cartes à échelle plus fine permettent d'illustrer les gains ou les pertes en termes de niveaux sonores en bordure de chaque voirie entre situation 2035 de référence et situation 2035 avec projet. On considérera des valeurs négatives pour une réduction du niveau sonore et positive pour une augmentation du niveau sonore. Le pas est de 1dB(A).

- **Effet sur la santé : Evaluation de l'exposition au bruit des personnes**

Le croisement des isophones et des données de population et d'emploi par zones de trafic permet d'évaluer l'exposition de la population et des emplois par niveau de bruit, avec et sans projet. Le niveau de précision est fonction à la fois du modèle de calcul du bruit et des hypothèses prises pour localiser les populations et emplois en 2035. Ces hypothèses sont les mêmes que celles utilisées par le modèle « Modus » de la DREIF. Ces hypothèses sont discutées par ailleurs dans le chapitre Bruit.

9.1.1.3 Annexe 2 : Méthodologie pour le calcul de l'impact du report modal sur le bruit ferroviaire

Introduction

La présente méthode de calcul des bruits des trains et des métros a été conçue à partir d'indications techniques recueillies dans des documents réalisés par la Société Nationale des Chemins de fer Français et de la Régie Autonome des Transports Parisiens. Elle a bénéficié d'importants travaux de recherches menés au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

Elle permet de prendre en compte le bruit de la circulation ferroviaire et notamment :

- Estimer de façon approchée les niveaux sonores dûs à une voie ferrée située au niveau du sol dans le but de détecter les zones qui y sont soumises et situer approximativement l'influence du trafic ferroviaire sur l'environnement sonore,

- Tester l'efficacité de différents aménagements du projet en vue de réduire les niveaux sonores.

Il est important de noter qu'elle ne prend pas en compte la topographie du projet (sol plat et réfléchissant) et que pour le bruit ferroviaire la distinction entre « rue en U » et tissu ouvert n'est pas nécessaire.

Cette méthode est applicable pour les véhicules de types trains, métros et RER.

Etapes de calcul

Pour l'étude du bruit dû à la circulation ferroviaire, on distinguera trois étapes principales pour les calculs :

- La détermination du niveau sonore maximum **Lmax** d'un train / métro, en fonction de la distance du récepteur à la voie, de la vitesse et du type d'engin,

- Le calcul du niveau sonore équivalent **Leq d'un train** / métro en fonction du niveau maximum et du temps d'exposition du récepteur à son passage,

- Le calcul du niveau sonore équivalent **Leq d'un ensemble de trains** / métros ayant circulé pendant une période T.

Première étape : Calcul du Lmax au passage d'un train / métro

La formule suivante donne le niveau sonore maximum Lmax d'un train / métro perçu par un récepteur situé en champ libre :

$$L_{max} = L_0 - k \times \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + 30 \times \log\left(\frac{V}{V_0}\right) - k_d$$

avec,

L0, le niveau sonore de référence émis par un train / métro de type déterminé en dB(A), circulant à la vitesse V0 en km/h, perçu par un récepteur situé à une distance d0 en mètres, à la hauteur normalisé h0=2 m,

k, un coefficient dépendant de la longueur du train / métro,

d, la distance entre le récepteur et l'axe de la voie, en mètres,

V, la vitesse du train / métro, en km/h,

V0, la vitesse du train / métro qui émet un niveau L0 à une distance d0,

kd, un coefficient de directivité (kd=0 si le récepteur se trouve dans la zone de 30° par rapport au 0° du sol).

Cette loi est applicable de façon convenable jusqu'à une distance de 250 m de la voie pour des vitesses comprises entre 40 et 200 km/h et des circulations en champ libre sur longs rails soudés posés sur des traverses béton avec attaches classiques. Au-delà de 250 m, les phénomènes de propagation du son à longue distance seraient à considérer et sortent donc du domaine de validité de la présente méthode de calcul.

Type de train pris en compte

Afin de calculer l'impact du projet Grand Paris, le type de train pris en compte dans la méthode est « trains courts, trains de banlieue et métro ». Ces trains sont des rames conçues et utilisées pour le

transport des voyageurs sur de courtes distances. Elles comportent généralement un ou plusieurs éléments d'une longueur de 80 m environ, leur longueur courante est de 100 à 230 m. Elles sont exploitées à des vitesses maximal d'environ 100 km/h.

Les données fournies par la RATP précisent que les métros du projet auront une longueur l de 120 m.

Niveau de référence L0

La dispersion des niveaux sonores émis par les métros est telle qu'on constate, pour une vitesse donnée, dans un site dégagé, que le bruit mesuré peut varier de ± 5 dB(A) selon les états du matériel et de la voie.

Le tableau suivant présente les niveaux de référence L0 à différentes distances et vitesses pour différents types de trains.

Désignation du matériel	Vitesse en km/h	Niveau de référence L0 en dB(A)		
		7,50 m	15 m	d0 = 25 m
Trains courts, de banlieue et métros	60	79	75	72
Trains grandes lignes : - Rapides - Express	 200 140	 104 97	 100 94	 97 92
Trains de marchandises : Marchandises Messageries	 80 100	 93 96	 89 92	 86 89
Engins isolés ou autorails Type ETG ou RTG	120 155	92 96	88 91	85 89

Tableau : Niveaux de référence L0 en dB(A) pour différents types de véhicules

Dans le cas présent nous nous sommes basés sur les niveaux de référence de la méthode pour la vitesse de 60 km/h, mais nous avons défini de nouveaux L0 pour les vitesses à 80 et 100 km/h grâce aux données RATP qui sont plus représentatives qu'une estimation théorique.

Effet de la distance

Les nombreuses mesures effectuées en champ libre avec des trains / métros de composition et de vitesse très variées ont permis de proposer une loi expérimentale de propagation aérienne du bruit des trains pour le calcul de l'affaiblissement apporté par la distance.

$$L(d) = L_0 - k \times \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + k'$$

Avec k', un paramètre dépendant de la vitesse et de la directivité.

Pour simplifier les calculs, les éléments géométriques d'atténuation (longueur et type de trains / métros), ainsi que les effets d'absorption par l'air, ont été intégrés dans un seul coefficient dont la valeur k a été fixée grâce aux études expérimentales.

Type de trains	Valeurs du coefficient k
Trains de marchandises ou de messageries (trains longs : 400 à 500 m)	k = 12
Trains grandes lignes (longueur moyenne : ≈ 250 m)	k = 15
Métros à grand gabarit (≈ 105 à 225 m)	14 ≤ k ≤ 16
Métros à petit gabarit (≈ 90 m)	k = 16
Trains courts, de banlieue (160 à 200 m)	k = 17
Engins isolés ou autorails isolés (50 à 100 m)	k = 20

Tableau : Valeurs du coefficient k en fonction du type de véhicule

Le tableau suivant présente les niveaux sonores équivalents mesurés par la RATP à une distance de 1,9 m du métro. L'effet de la distance a été calculé par la formule présentée ci-dessus et le coefficient k a été choisi comme étant égal à 13 pour recaler ces valeurs avec les L0 à 60 km/h présentés au paragraphe précédent.

Lo du métro MP89 (atténuation estimée : 4dB(A) par doublement de distance)				
distance	hauteur	60km/h	80km/h	100km/h
1,9m	0,75m	86,4	91,4	96,8
7,5m	2m	79	84	89
15m	2m	75	80	85
25m	2m	72	77	82

en noir : données fournies par la RATP

en bleu : données calculées

Tableau : Valeurs de L0 recalculées à partir des données fournies par la RATP

Les niveaux sonores de référence L0 calculés ainsi sont légèrement surestimés car la correction de hauteur à 2 m n'a pas été prise en compte et que les données de la RATP sont plus contraignantes que celles calculées par la méthode simplifiée pour les vitesses supérieures à 60 km/h.

Pour cette étude la valeur de k est donc 13, ce qui correspond à une atténuation de 4 dB(A) par doublement de distance.

Les données L0 de ce tableau à 25 m sont les données que nous considérons dans la suite des calculs.

Effet de la vitesse

Pour les métros, au-delà de 40 km/h, l'augmentation de niveau de bruit est donnée par la formule suivante :

$$Leq = L_0 + 30 \times \log\left(\frac{V}{V_0}\right) + k''$$

avec,

k'', un paramètre dépendant de la distance et de la directivité.

Dans le cas où k'' est égal à 0, on remarque que le doublement de vitesse entraîne une augmentation du niveau de bruit d'environ 9dB(A). Cependant, dans le cas présent (voir tableau 3), les données de la RATP montrent une augmentation plus forte : environ 10 dB(A) pour passer de 60 à 100 km/h.

Les valeurs prises en compte dans ce projet sont donc plus contraignantes.

Directivité : correction kd

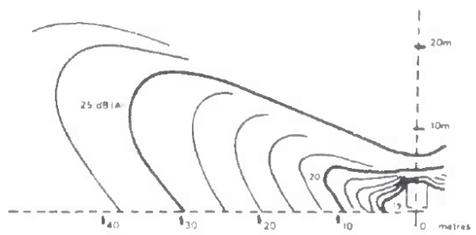


Figure : directivité dans le plan vertical d'une source sonore de type train / métro

Comme le montre cette figure, un train / métro n'a pas une directivité de type monopolaire, il est nécessaire de tenir compte d'un affaiblissement supplémentaire par effet d'écran de la caisse. Cet affaiblissement apparaît pour des valeurs d'angles supérieurs à 30° par rapport à l'horizontale. Le tableau suivant présente les valeurs du coefficient kd pour différent angle de propagation.

Valeurs du coefficient kd pour différents angles de propagation									
Angle du rayon acoustique au sol (°)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Correction de directivité kd	0	0	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9

Tableau : Valeurs du coefficient kd pour différents angles de propagation

Les sources sonores ferroviaires présentent aussi une directivité dans le plan horizontal. Cependant, étant donné que l'ensemble des calculs du bruit ferroviaire s'effectue en Leq, et que sa période d'intégration est toujours supérieure au temps de passage d'un train, la directivité horizontale n'est pas prise en compte dans cette méthode.

Dans le cadre du projet Grand Paris, le coefficient de correction de directivité kd est nul car le récepteur est placé dans la zone pour des valeurs d'angles inférieures à 30°.

Deuxième étape : Calcul du Leq au passage d'un train / métro

Le calcul du Leq d'un passage d'un train / métro se fait par la formule suivante :

$$Leq = 10 \times \log\left(\frac{t_e}{T} \times 10^{\frac{L_{max}}{10}}\right)$$

avec,

te, le temps d'exposition en secondes,

T, la durée pendant laquelle on veut calculer le Leq en secondes,

Lmax, le niveau sonore maximum au passage d'un train / métro, en dB(A).

Le temps d'exposition

A partir de nombreuses campagnes de mesures in-situ sur tous types de voies et tous types de trains, la SNCF a montré que le temps d'exposition était fonction de la longueur du train, de sa vitesse et de la distance du récepteur à l'axe de la voie. Le temps d'exposition augmente si la longueur du train augmente et si la distance du récepteur à l'axe de la voie augmente. A l'inverse, le temps d'exposition diminue si la vitesse augmente.

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment a indiqué une formulation rigoureuse du temps d'exposition, en fonction de la longueur du train / métro, de la vitesse et de la distance à la voie :

$$t_e = \frac{l}{v} \times \sqrt{\left(\frac{2d}{l}\right)^2 + 1}$$

avec,

v, la vitesse du train / métro en m/s,

d, la distance du récepteur à la voie, en mètres,

l, la longueur du train / métro, en mètres.

Cette formule peut être simplifiée ainsi :

$$t_e = \frac{l}{v} + \frac{6 \times d}{100}$$

Cette approximation de la formule rigoureuse conduit à surestimer légèrement le temps d'exposition.

Exploration d'un site

Lorsque l'on désire faire un calcul en de nombreux points récepteurs situés à des distances variables de la voie, sur un même site, il peut être commode d'éviter de calculer pour chaque récepteur Lmax et te. Pour cela, il suffit de calculer le niveau sonore Leq à partir du Lmax et de te en un point récepteur situé à 25 m. Puis pour tout point exposé de façon analogue au point de référence déduire le niveau Leq(D) à la distance D de celui calculé à 25 m :

$$Leq(D) = Leq(25m) - 13 \times \log(\frac{D}{25})$$

Correction de façade

Tous les résultats obtenus précédemment ont été calculés en champ libre. Pour connaître le niveau sonore en façade, il suffit de rajouter 3 dB(A) au résultat. Le niveau sonore ainsi trouvé représente alors le Leq à 2 m en avant d'une façade.

Troisième partie : Détermination du Leq pour un trafic réel

Pour connaître le Leq le long d'une voie ferrée, il convient de prendre en compte la totalité des trains / métro ayant circulé pendant la durée d'observation.

$$Leq(n\ trains) = Leq(1\ train) + 10 \times \log(n)$$

avec,

n, le nombre de trains / métro de la même catégorie.

9.2 ANNEXE : Définition de structures d'urbanisation : liste des postes du MOS47 actuel considérés comme « verrouillés »

Tableau IX.1-1 : Listes des postes du MOS47 considérés comme « verrouillés » dans l'exercice d'analyse des impacts induits du projet sur l'l'occupation du sol (Source : Stratec, 2012, à partir du MOS 2003-2008 de l'IAURIF)

Code 47	Libellé
9	Eau
11	Carrières, sablières
12	Décharges
17	Terrains de sport en plein air
18	Equipements sportifs de grande surface
20	Parcs liés aux activités de loisirs
26	Habitat collectif continu haut
28	Habitat autre
29	Equipements pour eau, assainissement, énergie
32	Commerces
34	Bâtiments ou installations de sport
35	Equipements d'enseignement
37	Cimetières
39	Equipements culturels et de loisirs
40	Administrations, organismes officiels
41	Autres équipements accueillant du public
42	Emprises de transport ferré
43	Emprises routières
45	Gares routières, dépôts
46	Installations aéroportuaires
47	Chantiers

9.3 ANNEXE : Méthodologie de l'exercice de définition de la typologie des gares en fonction de leur accessibilité utilisé dans le chapitre « occupation du sol »

Afin de pouvoir quantifier le gain d'accessibilité des gares entre le scénario de référence et les scénarios avec projet, un facteur d'accessibilité a été défini. Ce facteur a été calculé à partir des temps de trajet en transport en commun entre les zones Modus d'Ile-de-France. Ce facteur d'accessibilité est égal, pour une zone modus M, à :

$$G_{acc} = \frac{\sum_{i=1}^{NbM} tMpro_i - \sum_{i=1}^{NbM} tMref_i}{NbM}$$

Avec :

- $tMpro_i$: le temps de parcours en transport en commun de la zone Modus M vers la zone modus i dans le scenario avec projet (en min) ;
- $tMref_i$: le temps de parcours en transport en commun de la zone Modus M vers la zone modus i dans le scenario de référence (en min) ;
- NbM : le nombre de zone modus d'Ile-de-France.

Ce facteur G_{acc} donne donc un gain d'accessibilité en transport en commun en Ile-de-France par zone Modus entre les scenarios 2035 avec projet et le scenario 2035 de référence. Le facteur d'accessibilité des arrêts est alors défini comme égal à celui de la zone Modus dans laquelle il se trouve.

La typologie relative au gain d'accessibilité des arrêts de transport en commun en Ile-de-France présentée est divisée en trois catégories :

- 0 : Les gains d'accessibilité « négligeable » (Gacc <5min) ;
- 1 : Les gains d'accessibilité « moyen » (entre 5 et 15min) ;
- 2 : Les gains d'accessibilité « élevés » (>15min).

9.4 ANNEXE : Détails des ΔCOS appliqués

► Application de ΔCOS aux postes actuels du mode d'occupation du sol d'Ile-de-France considérés comme densifiables selon leur nature et leur localisation.

ΔCOS = niveau d'augmentation potentielle du Coefficient d'Occupation du Sol d'ici à 2035

ΔCOS appliqués

Amélioration d'accessibilité TC induite par le projet	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	/	/
Typologie gare	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	SDRIF	/
Distance de la gare (m)	500	2000	500	2000	500	2000	500	2000	500	2000	500	2000	400	/
Mode d'occupation du sol / ΔCOS / 2 dans le périmètre extérieur de l'Ile-de-France														
Rural	2,0	1,8	1,8	1,5	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	0,7	0,7	0,5	0,3	0,2
Urbain ouvert	2,0	1,8	1,8	1,5	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	0,7	0,7	0,5	0,3	0,2
Habitat	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,03	0
Activités	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	0
Equipements	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	0
Transport, chantier	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,08	0

Ordre d'accueil des P+E supplémentaires dans les surfaces nouvelles disponibles

► Les structures d'urbanisation, différentes selon le scénario et selon la zone (périmètre large d'étude, extérieur IDF), permettent d'estimer les capacités SHON qu'il est théoriquement possible de créer d'ici à 2035 pour chaque scénario.

► Ensuite, les nouvelles populations à venir (selon le scénario) sont réparties dans ces surfaces et, ce, selon l'odre d'accueil défini et en privilégiant les surfaces déjà urbanisées.

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr