

6. Milieu humain

6.1. Contexte démographique, emploi, occupation du sol

6.1.1. Rappel des enjeux

Pour rappel, le périmètre « d'influence principal » retenu pour l'analyse de la population, de l'emploi et de l'occupation du sol diffère du fuseau d'étude. En effet, les communes d'Orly, Igny et Villeneuve-le-Roi, qui sont hors fuseau, ont été retenues car elles en sont très proches et comportent un nombre d'emplois et d'habitants important, et à l'inverse, les communes de Bures-sur-Yvette et Jouy-en-Josas, qui sont dans le fuseau, ont été écartées car la surface comprise dans le fuseau est négligeable par rapport à la surface communale. Le périmètre d'influence principale du projet à l'étude comprend donc la totalité du territoire de 25 communes, couvrant une surface d'environ 21 230 hectares, situées dans les départements Hauts-de-Seine, Yvelines, Essonne et Val-de-Marne.

Les communes étudiées présentent des densités de population fortement contrastées : de manière générale, les densités de population sont plus faibles sur le plateau de Saclay, entre des zones urbaines denses de la CASQY, au nord-ouest, et de Massy-Palaiseau et ses abords (au sud-est). Des taux de croissance de la population élevés sont observés dans les communes au sud de Paris, mais également à l'ouest du plateau de Saclay (>1%/an).

Ces communes comportent des pôles économiques importants, notamment l'aéroport d'Orly à l'est, les parcs technologiques d'Antony, les activités économiques à Massy, le secteur scientifique et universitaire du plateau de Saclay et le secteur Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines. L'évolution de l'emploi entre 1999 et 2011 s'est faite de façon inégale sur le territoire étudié ; des croissances importantes de l'emploi sont observées à l'extrémité ouest du tronçon entre 1999 et 2011. Le nombre de personnes actives sans-emploi est plutôt faible, à l'exception de certaines communes situées à l'est de la ligne. De manière générale, le salaire horaire moyen est relativement élevé. Celui-ci va croissant d'est en ouest dans les communes concernées.

La réalisation du Grand Paris Express s'inscrit dans une politique de développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France, et devrait permettre, à terme, de favoriser les créations d'emplois et d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.

Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronne, selon des formes urbaines peu denses et très consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de route et de RER. Au niveau du périmètre d'influence principale du projet, les communes intégrées à la communauté d'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines ont connu un rythme d'urbanisation plus important. **Sous réserve des conditions nécessaires à une densification et à un renouvellement des constructions à proximité du réseau régional de transport en commun, le Grand Paris Express devrait se traduire par un impact positif en matière de limitation de l'étalement urbain.** Dans ce contexte, les communes du périmètre d'étude situées sur le Plateau de Saclay présentent des réserves foncières

particulièrement intéressantes dans une perspective de densification, même si une partie de ces espaces est protégée de l'urbanisation nouvelle (ZPNAF, Parc naturel régional de la Haute Vallée de Chevreuse...).

6.1.2. Impacts et mesures en phase chantier

6.1.2.1 Modification de l'occupation du sol : consommation temporaire d'environ 50 hectares d'espaces ruraux et urbains ouverts

L'emprise du projet sur l'occupation du sol (en surface) se décompose comme suit : l'emprise des gares nouvelles, des ouvrages annexes, du site de maintenance, ainsi que l'emprise des chantiers nécessaires à la réalisation des infrastructures du projet.

Les estimations de surfaces correspondantes, lorsqu'elles relèvent des catégories « espaces ruraux » et « espaces urbains ouverts » établies à partir des postes du mode d'occupation des sols (MOS), sont présentées dans le tableau suivant. Le tronçon aérien étant constitué d'un viaduc, son emprise n'a pas été prise en compte.

Estimation des surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés par les emprises des gares nouvelles / ouvrages annexes et des chantiers

Emprises	Surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés	Type d'impact
Gares nouvelles et ouvrages annexes	1 ha	Permanent
Site de maintenance	7 ha	Permanent
Chantiers	47 ha	Temporaire (phase chantier)

Une grande partie des emprises du chantier concerne des terres labourables (47% de l'emprise totale du chantier), mais également des bois ou forêts (5%), des surfaces en herbe à caractère agricole (8%), des espaces ruraux vacants (5%) et des équipements sportifs de grande surface (5%).

La consommation permanente d'espaces est essentiellement liée à l'emprise du site de maintenance. En effet, de par l'enfouissement de la ligne et la construction d'un viaduc, le projet d'infrastructure permet de limiter la consommation d'espaces agricoles et naturels et de réduire au maximum leur fractionnement. Le projet s'aligne ainsi sur la Charte du Parc naturel régional de la Haute Vallée de Chevreuse qui précise notamment que les nouveaux équipements d'intérêt collectif et infrastructures doivent être rares, économes en espace et réduire au maximum le fractionnement des espaces agricoles et naturels. De plus, sur la portion très limitée du territoire du Parc concerné par la Ligne 18 (communes de Magny-les-Hameaux, Châteaufort et Gif-sur-Yvette), l'implantation des extrémités du viaduc a été prévue le long de la RD 36 afin de limiter les coupures urbaines et le fractionnement des espaces agricoles et naturels.

La consommation permanente d'espaces concerne des surfaces en herbe non agricoles (46% de l'emprise permanente du projet), des coupes ou clairières en forêts (15%) et des espaces ruraux vacants (7%).

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

La réalisation de la Ligne 18 induira une consommation limitée de surfaces d'espaces ruraux et urbains ouverts : environ 47 hectares en phase chantier. Dans un souci de limiter les impacts, l'emprise des chantiers sera réduite au plus près des aménagements prévus. Par ailleurs, les zones utilisées temporairement en phase chantier mais non construites, seront remises en état à la fin des travaux. Finalement, l'optimisation des itinéraires des engins de chantier et la mise en place de déviations en cas de coupure des accès à certaines parcelles devraient permettre d'éviter la plupart des impacts.

6.1.2.2 Création d'emplois (ou maintien des postes existants) : création de 1 500 emplois

Le nombre d'emplois engendrés par les chantiers est difficile à évaluer car il ne concerne pas uniquement les ouvriers nécessaires à la réalisation du chantier mais également l'ensemble des personnes travaillant de près ou de loin à la construction de l'infrastructure (concepteurs du projet, fournisseurs de machines et de matériaux, etc.). En première approximation, le projet nécessiterait entre 20 000 et 25 000 hommes x ans répartis sur toute la durée d'élaboration et de construction du projet, y compris le site de maintenance de Palaiseau. Bien que la charge de travail soit inégalement répartie dans le temps, le nombre moyen d'emplois créés sur une période de 15 ans environ est donc de l'ordre de 1 500. En dehors de ces emplois engendrés directement par la mise en œuvre du projet, les chantiers en tant que tels ne devraient pas avoir d'impact direct sur la population et l'emploi.

6.1.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

6.1.3.1 Méthodologie et hypothèses

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière. Ces hypothèses concernent aussi bien les scénarios de projet que les scénarios de référence utilisés pour caractériser la situation future sans projet.

Le présent chapitre fait l'objet d'une **analyse « tronçon »** (horizon 2030) en vue d'apprécier les effets de la réalisation du projet sur l'occupation des sols et la lutte contre l'étalement urbain. Cette analyse consiste à évaluer l'effet « différentiel » de la réalisation du projet par rapport à une situation de référence dans laquelle les autres tronçons du Grand Paris Express prévus au même horizon sont considérés comme réalisés. Cette approche permet d'apprécier les impacts propres à la réalisation du tronçon, à l'horizon 2030, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive du Grand Paris Express.

Les effets du projet sur la lutte contre l'étalement urbain, et les conséquences environnementales qui en découlent, sont analysés grâce aux deux indicateurs présentés dans le tableau suivant.

Thématique	Indicateur	Descriptif de l'indicateur		Variation attendue suite au projet
Espaces naturels, agricoles ou boisés	Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle	Ce sont toutes les surfaces d'emprise au sol supplémentaires nécessaires pour accueillir les populations et les emplois supplémentaires sur le territoire.	Différence entre le total des hectares consommés pour l'urbanisation nouvelle en référence vs en projet.	↓
Espaces artificialisés	Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle	<p>C'est l'ensemble des Voiries et Réseaux Divers (VRD) qu'il faudra mettre en œuvre pour viabiliser les nouvelles surfaces urbanisées sur d'anciens espaces ruraux ou ouverts. Selon la nouvelle morphologie urbaine créée, la quantité de VRD à créer sera plus ou moins longue. Le schéma suivant illustre comment une urbanisation plus compacte (parcellaire (a)) permet de réduire la longueur des VRD à mettre en œuvre et les coûts externes que cela engendre par rapport à une urbanisation plus diffuse (parcellaire (b))⁹ :</p> <p>parcellaire (a)</p> <p>parcellaire (b)</p> <p>□ parcelle ■ bâtiment - - - VRD</p>	Différence entre le total des kilomètres de VRD (Voirie et Réseaux Divers) nouveaux construits en référence vs en projet.	↓

Description des indicateurs environnementaux retenus pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol

⁹ Halleux J.-M., Lambotte J.-M. et Bruck L., 2008, "Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau", Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, pp.21-42, p.28 – Graphisme : Stratec, 2013.

La méthode d'évaluation des impacts est la suivante :

- sur la base des hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi, et en utilisant des ratios de surface moyenne par habitant et par emploi, il a été possible d'estimer les besoins en surface de plancher supplémentaires, compte tenu des populations nouvelles à venir en référence et en projet ;
- sur la base des hypothèses d'évolution du Coefficient d'Occupation du Sol (COS) entre référence et projet, liées à la densification autour des gares induite par le projet, il est possible de traduire les besoins en surfaces de plancher en surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir la population et les emplois futurs. Les hypothèses d'évolution du COS prennent en compte la présence de la ZPNAF du Plateau de Saclay, zone protégée de l'urbanisation nouvelle ;
- la comparaison des surfaces d'emprise au sol nécessaires entre la situation de référence et en situation de projet permet d'évaluer les effets du projet sur la consommation des espaces urbanisés. Ces surfaces peuvent ensuite être traduites en impacts environnementaux à travers les indicateurs décrits précédemment.

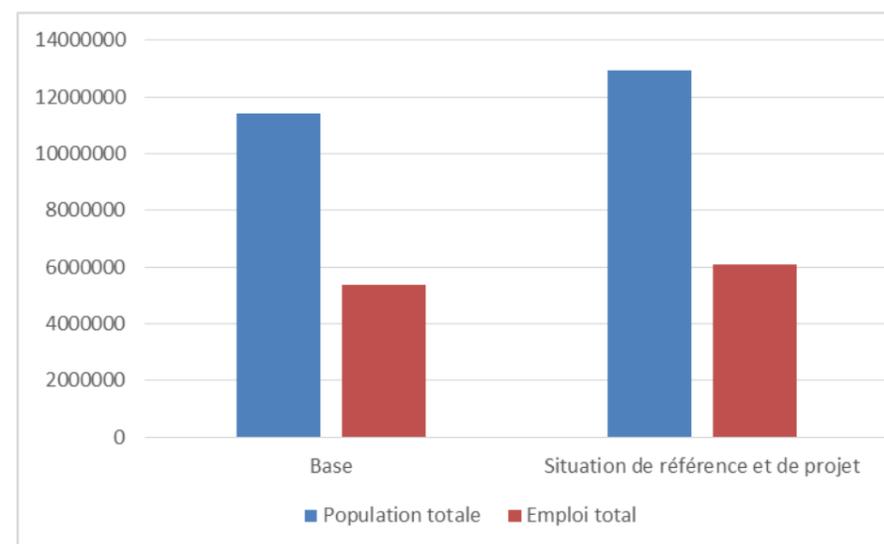
Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France utilisées pour l'analyse « tronçon » relative à la mise en service de la Ligne 18 sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent. Elles s'appuient sur un cadrage socio-démographique établi à l'horizon 2030, élaboré par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAU-ÎdF) en 2014 et consolidé par le STIF. Ce cadrage repose en particulier sur un recensement des projets d'aménagement lancés ou prévus par les collectivités, et permet de prendre en compte des hypothèses de développement urbain directement fondées sur la programmation opérationnelle des projets.

Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

	2005	2030	
	Base ¹	Situation de référence et de projet ²	Evolution par rapport à 2005
Totaux en Ile-de-France			
Population totale	11 433 500	12 928 300	+ 1 494 800
Emploi total	5 360 500	6 107 160	+ 746 660

¹ Données INSEE, 2005.

² Cadrage IAU-STIF, 2014.



Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

Le nombre d'habitants et d'emplois en 2030 est considéré comme identique en situation de référence et en situation de projet (aussi bien en termes de volume qu'en termes de répartition de la croissance socio-démographique par commune). Les effets évalués du projet à cet horizon doivent donc être interprétés comme la densification supplémentaire au sein des territoires traversés par la Ligne 18, en particulier autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

6.1.3.2 Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle d'ici à l'horizon 2030 (indicateur n°1) : préservation de 260 ha d'espaces naturels

Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle d'ici à l'horizon 2030 (indicateur n°1) : préservation de 260 ha d'espaces naturels

Sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées, la mise en service du projet est en capacité de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares du projet Ligne 18, permettant la préservation de 260 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2030 par rapport à une situation sans projet.

Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2030 (Stratec, 2015, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha)	Différence Projet - Référence	Variation Projet - Référence
Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2030	-260	

Ces gains concernent uniquement les zones à proximité directe des gares du projet (rayon de 500 m autour des gares). Lorsque l'analyse est étendue à l'ensemble du périmètre d'influence du projet (25 communes) les gains totaux potentiels peuvent s'élever jusqu'à 1 360 ha.

6.1.3.3 Réduction des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle d'ici à l'horizon 2030 (indicateur n°2) : réduction de 60 km de voiries et réseaux

La consommation des espaces non bâtis par l'urbanisation nouvelle implique des coûts de viabilisation qui dépendront du type de parcellaire mis en œuvre. En effet, le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influence la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, des formes d'habitat et d'activités peu denses ont pour conséquence d'augmenter les longueurs des infrastructures et des réseaux nécessaires pour desservir un même nombre de ménages et d'activités.

La préservation des espaces non bâtis aujourd'hui de l'artificialisation future (cf. Indicateur n°1), permise potentiellement par le projet, rendra possible une réduction de l'ordre de 60 km de linéaire de VRD à mettre en œuvre à l'horizon 2030 par rapport à une situation sans projet, dans les territoires directement desservis par le projet Ligne 18.

Coûts de viabilisation pour l'urbanisation pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2030 (Stratec, 2015, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2030	-60	

La réduction de 60 km de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle constitue avant tout un gain économique majeur en faveur du projet, puisque celle-ci implique des coûts moindres en termes de construction, mais également en termes d'exploitation annuelle des services publics (poste, ramassage des ordures, etc.). Ces gains économiques, que la mise en œuvre du projet fera économiser année après année à la puissance publique qui les finance, sont évalués et intégrés au bilan du projet (pour plus de détails, se référer au chapitre relatif à l'analyse des coûts collectifs induits par le projet).

De même que pour l'analyse des surfaces rurales consommées, la réduction de 60 km de VRD porte ici sur les zones à proximité immédiate des gares (rayon de 500 m). Lorsque l'exercice est réalisé pour le périmètre d'influence du projet (25 communes), la diminution des VRD à construire s'élève à environ 300 km.

6.1.3.4 Potentiel de mutabilité autour des gares : des espaces ruraux et boisés importants majoritairement protégés de l'urbanisation

Les abords des futures gares du projet sont des zones à enjeux dans la mesure où :

- l'accessibilité en transport en commun sur ces territoires va être fortement (ou très fortement) améliorée, le degré d'amélioration dépendant de la desserte actuelle : cela aura des effets sensibles sur l'évolution du prix du foncier et sur les opérations (démolition-reconstruction, rénovation, constructions) qui y auront lieu ;
- des opérations d'aménagement des territoires seront stimulées par le projet et viendront se greffer à la mise en œuvre des gares du Grand Paris Express (notamment dans le cadre du

projet de Contrat de Développement Territorial « Paris-Saclay Territoire Sud ») : ces projets intensifieront les actions menées aujourd'hui dans le cadre des projets urbains et de logements.

Pour évaluer l'ampleur prévisible de l'évolution de l'occupation des sols aux abords des futures gares de la Ligne 18 par rapport à une situation sans projet, une analyse qualitative a été menée. Elle tient compte des critères suivants :

- les modes d'occupation du sol actuel et l'« élasticité » des territoires ;
- la desserte actuelle en transports en commun et son degré d'amélioration apportée par le projet ;
- les augmentations de population et d'emplois prévues à l'horizon 2030 dans la (ou les) commune(s) d'implantation de la gare ;
- Les projets urbains d'envergure aujourd'hui arrêtés qui modifieront, avec ou sans projet, l'occupation des sols aux abords des gares d'ici à 2030.

Classification du potentiel d'évolution de l'occupation du sol à proximité des futures gares par rapport à une situation sans projet : orange (très fort), vert (fort) et gris (moyen).

Gares	Classification et commentaires
Aéroport d'Orly	La future gare s'inscrit dans un quartier caractérisé par une emprise importante du secteur du transport à l'ouest lié à l'aéroport Paris-Orly. Compte tenu des emprises importantes des infrastructures de transport, la zone étudiée présente peu de potentiel de mutabilité, excepté la capacité de mutation des terrains de la plateforme aéroportuaire, sous la propriété de l'Aéroports de Paris (ADP). L'ADP prévoit en ce sens des initiatives de réaménagement et de viabilisation, tels que le projet « Cœur d'Orly ».
Antony	La future gare s'implante dans une zone mixte caractérisée par de nombreuses activités économiques et industrielles ainsi que des entrepôts logistiques. Compte tenu de l'emprise importante des activités économiques et de l'entrepôtage, le quartier autour de la gare présente un certain potentiel de requalification urbaine et de densification intéressant. Le projet de réaménagement Antony, porté par la Ville d'Antony, vise notamment la création d'un nouveau quartier à vocation économique.
Massy Opéra	La future gare s'inscrit dans un quartier mixte dense présentant une large part d'habitat collectif et de nombreux équipements. La densité du quartier à proximité de la gare limite donc les développements futurs, qui concerneront essentiellement la rénovation de bâtiments existants. Plusieurs projets de renouvellement urbain sont d'ailleurs prévus dans la zone autour de la future gare (ZAC Bourgogne-Languedoc, ZAC Franciades-Opéra, etc.).

Massy-Palaiseau	La future gare s'insère entre une zone d'habitat majoritairement collectif au nord-ouest, et une zone dédiée aux activités économiques au sud-est. Le projet urbain Massy-Atlantis vise notamment la recomposition de l'actuel parc d'activités, mixant bureaux, logements, commerces, services et équipements. Le quartier comprend également quelques terrains vacants qui offrent des réserves foncières intéressantes en vue d'une densification.
Palaiseau	La zone à proximité de la future gare comprend de nombreuses zones agricoles et offre donc un haut potentiel de mutabilité. Une partie de ces réserves foncières font déjà l'objet de projets de développement (ZAC de l'Ecole polytechnique). La préservation des espaces agricoles (ZPNAF), s'étendant au nord de la gare, limitera toutefois les développements futurs.
Orsay-Gif	La préservation des espaces agricoles et naturels, en particulier la ZPNAF (non urbanisable), s'étendant à l'ouest du quartier de la gare limitera les développements futurs.
Saint-Quentin Est	S'insérant dans un contexte d'urbanisation de la Communauté d'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines, la future gare s'inscrit dans un quartier comprenant de nombreux terrains vacants qui offrent des opportunités particulièrement intéressants dans le contexte d'urbanisation de la zone. La ZAC de Villaroy à Guyancourt prévoit la construction de logements et de commerces et services.
Satory	La future gare s'inscrit dans une zone essentiellement dédiée aux équipements. La zone présente un potentiel intéressant de densification par la reconversion des larges emprises occupées par ces équipements. Quelques projets de développement urbanistique y sont déjà, aujourd'hui prévus : développement d'un quartier de près de 5 000 logements ayant également pour objectif de développer le cluster de Paris Saclay en accueillant des entreprises de pointes.
Versailles Chantiers	La zone à proximité de la future gare s'inscrit dans un quartier mixte et dense, le potentiel de densification se limite donc aux quelques terrains vagues encore disponibles à proximité de la voie de chemin de fer (environ 2 hectares maximum).

Légende :

Potentiel d'évolution de l'occupation du sol à proximité des futures gares par rapport à une situation sans projet	Très fort	Fort	Moyen
--	-----------	------	-------

6.1.3.5 Création d'emplois : création de 450 emplois directs

Le fonctionnement du projet nécessitera l'intervention de nombreuses personnes, aussi bien pour la gestion, le contrôle et l'entretien de la ligne que pour les activités liées au site de maintenance. Le nombre d'emplois créés est difficile à apprécier, car il dépend des modalités d'exploitation et de maintenance qui seront effectivement mises en œuvre. En première approximation, le fonctionnement des infrastructures relevant du projet présenté à l'enquête publique devrait engendrer environ 450 emplois directs.

MESURES D'OPTIMISATION

Le développement d'une infrastructure de transport en commun de l'envergure de celle de la Ligne 18 s'inscrit nécessairement dans une stratégie politique de développement économique des territoires d'Ile-de-France.

A elle seule, l'infrastructure ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire, ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés dans ce chapitre seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (qui ne relèvent pas des compétences de la Société du Grand Paris) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc essentiel que le projet soit intégré dans un programme d'aménagement du territoire, volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- Créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de l'emploi et dans une moindre mesure, de la population ;
- Créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;
- Assurer un développement urbain respectueux de l'environnement.

Dans cette optique, les Contrats de Développement Territorial (CDT), dont l'élaboration est du ressort des parties prenantes du projet du Grand Paris, ont vocation à constituer un outil à disposition des communes afin qu'elles soient en mesure d'anticiper et de répondre au mieux aux besoins des populations et des emplois à venir.

Par ailleurs, le développement territorial nouveau induit par le projet est responsable d'une grande quantité d'émissions de GES potentiellement évitées (cf. chapitre Gaz à effet de serre). Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares.

De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES en matière d'aménagement du territoire 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 Coefficients 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 ;
- Promouvoir une forme de nouveau bâti qui permette une exploitation optimale des apports solaires sur les toits ;
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau local, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

Pour plus de détails sur les pistes d'actions possibles et leurs modalités de mise en œuvre, le lecteur pourra se reporter à l'annexe G.4.3 – Etude des effets sur l'urbanisation.

MESURES DE SUIVI

Afin de suivre et d'évaluer la compacité du développement urbain à venir, deux outils existent :

- l'EVO MOS, ou Evolution du Mode d'Occupation du Sol, permet de spatialiser et de quantifier la surface rurale qui s'est urbanisée. Il existe pour les 30 dernières années. Son actualisation permettra d'apprécier l'évolution du phénomène d'étalement urbain ;
- l'îlot MOS, qui existe aujourd'hui sur la base du recensement, définit le nombre de résidents à l'îlot.

En complément de ces outils, la Société du Grand Paris procède à la mise en place, avec ses partenaires, d'un dispositif qui permettra de faire le point régulièrement sur l'évolution localisée de l'emploi, de la population, des constructions de logements et de bureaux ainsi que des prix immobiliers, et de comparer ces évolutions avec les prévisions sous-jacentes aux évaluations du projet.

6.1.4. Synthèse des impacts et mesures concernant la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol

Thématique	Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Croissance démographique et crise du logement	Section Orly – Palaiseau	Les développements démographiques futurs ne se focalisent pas sur cette section	/	/	/	Evaluation de la compacité du développement urbain Point régulier sur l'évolution de l'urbanisation et du prix de l'immobilier autour des gares avec les partenaires de la SGP.	Les mesures d'optimisation consistent principalement en l'utilisation ou l'élaboration d'outils de planification, ce qui n'implique pas nécessairement de coûts directs et ne relève pas de la responsabilité du maître d'ouvrage. Il n'est donc pas pertinent d'estimer les coûts des mesures à ce stade d'avancement du projet.
	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Attraction d'habitants supplémentaires dans des proportions importantes à l'horizon 2030 par rapport à la référence, en particulier à Orsay, Palaiseau, Saclay et Gif-sur-Yvette.	Phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes concernées afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir.	/	/		
	Section Magny-les-Hameaux - Versailles	Attraction d'habitants supplémentaires dans des proportions importantes dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence, en particulier à Guyancourt, Montigny-Le-Bretonneux et Versailles.	Phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes concernées afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir.	/	/		
Emploi et déséquilibres habitat/emploi	Section Orly – Palaiseau	Création d'emplois directs et indirects, surtout dans les communes de Rungis, Orly, Villeneuve-Roi et Massy à l'horizon 2030 par rapport à la référence.	Phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi.	/	/		
	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Création d'emplois directs et indirects, surtout dans les communes d'Orsay, Palaiseau et Gif-sur-Yvette.		/	/		
	Section Magny-les-Hameaux - Versailles	Attraction d'emplois supplémentaires dans des proportions importantes à l'horizon 2030 par rapport à la référence, principalement dans la commune de Versailles et dans une moindre mesure dans les communes de Guyancourt et Montigny le Bretonneux.		/	/		
Densification des espaces urbanisés	Section Orly – Palaiseau	Modification de l'occupation du sol : consommation temporaire et permanente d'espaces ruraux et ouverts, en particulier à Palaiseau (7 ha pour le site de maintenance).	Phase chantier : Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires à la fin des travaux.	/	/		
		Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle et réduction des coûts de viabilisation pour cette urbanisation, principalement dans les communes d'Antony, Massy et Orly	Phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet	/	/		
	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	De par l'importance de zones protégées de l'urbanisation (ZPNAF...), la densification du bâti ne se focalise pas sur cette section hormis entre Palaiseau et Saint-Aubin avec les projets de ZAC.	/	/	/		
	Section Magny-les-Hameaux - Versailles	Modification de l'occupation du sol : consommation temporaire et permanente, surtout autour des gares de Guyancourt et Versailles.	Phase chantier : Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires à la fin des travaux.	/	/		
Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle et réduction des coûts de viabilisation pour cette urbanisation, principalement dans les communes de Versailles et Guyancourt		Phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet	/	/			

6.2. Activités économiques

6.2.1. Rappel des enjeux

Le projet du Grand Paris Express constitue un moteur de croissance de la population et de l'emploi en Ile-de-France. A son échelle, et de par sa vocation à relier des zones économiques majeures, le projet de la Ligne 18 s'inscrit dans la même lignée. Le fuseau d'étude traverse aujourd'hui 4 zones économiques majeures, regroupant la majorité des emplois du fuseau d'étude :

- le secteur de l'aéroport Paris-Orly ;
- le secteur scientifique et universitaire du plateau de Saclay ;
- le secteur Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines ;
- les activités économiques dans les communes de Massy et Antony.

De plus, plusieurs projets de développement économique majeurs sont prévus à l'horizon de mise en œuvre de la Ligne 18, renforçant la concentration des activités/emplois (notamment sur le plateau de Saclay qui vise à accueillir un véritable cluster scientifique de visibilité internationale).

Dans ce contexte, il est donc indispensable d'assurer une desserte adéquate en transport en commun de ces zones d'activités économiques, et améliorer ainsi la liaison entre ces zones d'emploi et les zones d'habitat, comme le permettra la Ligne 18 du Grand Paris Express.

6.2.2. Impacts et mesures en phase chantier

6.2.2.1 Perturbation d'activités : accès aux activités commerciales et de services potentiellement perturbés

Le projet étant réalisé majoritairement en souterrain, la forte densité démographique et de bâtis présente une sensibilité faible en phase travaux.

L'insertion du projet en aérien se concentre sur les communes du Plateau de Saclay, une zone à caractère rural présentant de nombreuses parcelles agricoles et boisées. Etant donné la faible densité démographique et de bâti dans cette zone, le risque de perturbation des activités économiques en phase travaux lié au linéaire du projet peut être considéré comme réduit. Les impacts en phase travaux se concentrent dès lors essentiellement autour des ouvrages émergents, en particulier les gares du projet qui font l'objet d'une insertion fine en surface dans un environnement urbain dense existant ou en mutation. Ainsi, les accès aux activités commerciales et de services pourraient être perturbés en phase travaux, en particulier pour les équipements de l'aire d'étude (commerces de bouche, grandes surfaces commerciales, écoles, cités scolaires, stade ou centre de sport, ...) localisés à proximité des aires de chantier en surface. Leur accessibilité doit dès lors être garantie tant en phase travaux qu'en phase exploitation de la Ligne 18. L'ensemble de ces équipements ayant été pris en compte dans les études de tracé, les impacts négatifs devraient être limités.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Le maître d'ouvrage mettra en œuvre toutes les dispositions permettant de limiter les impacts des travaux de réalisation du projet sur les activités économiques et commerciales. Les principales mesures présentées ci-après feront l'objet de préconisations détaillées qui seront intégrées aux cahiers des charges des entreprises assurant la conduite opérationnelle des chantiers de réalisation du projet :

- organisation des chantiers : les chantiers seront organisés localement, au cas par cas, de manière à maintenir au moins partiellement la circulation automobile et à assurer l'accès permanent aux immeubles, aux commerces et aux emplois. Les maîtres d'œuvre et les entreprises garantiront des conditions de sécurité maximales ainsi que l'accès aux pompiers et aux autres véhicules de secours ;
- communication et information : les riverains, commerçants, usagers de la voirie et des transports publics seront régulièrement informés du déroulement et de l'avancement des travaux, des perturbations possibles et des mesures mises en place ;
- accès aux activités commerciales : les accès aux activités commerciales seront préservés pendant la durée des travaux afin de permettre la continuité de leur activité et du fonctionnement urbain. Afin de permettre l'approvisionnement des commerces, des espaces de livraisons peuvent être mis en place sous forme d'aménagements provisoires sur les secteurs modifiés ;
- remise en l'état : à la fin des travaux, les emprises seront restituées et remise en état à l'identique sauf cas particulier, selon règlements de voiries en vigueur (en milieu urbain : chaussées, trottoirs, plantations, mobiliers urbains, éclairage, signalisation verticale et horizontale, assainissement, bornes incendie, boîtes aux lettres, etc.).

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En cas d'impact négatif, des négociations concernant des mesures compensatoires financières pourront être engagées. Des mesures d'accompagnement et d'information auront pour objet de réduire les éventuels impacts négatifs des travaux sur l'activité économique locale. Les dispositions nécessaires seront prises afin de faciliter l'instruction des demandes d'indemnisation présentées par les commerçants et les autres professionnels concernés.

6.2.2.2 Impacts positifs pour les entreprises du BTP : création d'emplois pour la réalisation du chantier

La réalisation du chantier sera une importante source d'activité pour les entreprises du secteur économique du bâtiment et des travaux publics (BTP). Le nombre d'emplois engendrés par les chantiers est difficile à évaluer car il ne concerne pas uniquement les ouvriers nécessaires à la réalisation du chantier mais également l'ensemble des personnes travaillant de près ou de loin à la construction de l'infrastructure (concepteurs du projet, fournisseurs de machines et de matériaux, etc.). Pour rappel, le nombre moyen d'emplois créés sur la période de chantier est de l'ordre de 1 500.

6.2.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

6.2.3.1 Création d'emplois et développement de nouvelles zones d'activités

Le fonctionnement du projet nécessitera l'intervention de nombreuses personnes que ce soit pour la gestion et le contrôle de la ligne ou pour son entretien. Le nombre total d'emplois créés est difficile à évaluer, mais de manière approximative le projet devrait engendrer environ 450 emplois directs.

La nouvelle infrastructure mise en place par le projet vise à améliorer l'attractivité du territoire et ainsi stimuler le développement de nouvelles zones d'activités (activités commerciales, accès aux emplois, implantations d'entreprises nouvelles). En effet, la mise en service de l'infrastructure dynamisera le territoire et permettra de soutenir de nouveaux projets de développement urbain. Ce phénomène sera d'autant plus développé autour des pôles gares (nouvelles ou de connexion). La concertation en amont sera garante de la compatibilité et de la complémentarité des projets.

6.2.3.2 Facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation

Les communes concernées comprennent des secteurs d'activités économiques majeurs et des projets de développement, répartis sur l'ensemble du territoire étudié. Ces pôles économiques sont cependant relativement mal desservis actuellement, en particulier le plateau de Saclay qui est voué à devenir un cluster scientifique d'envergure internationale. Le projet permettra le désenclavement de ce pôle d'activités et de recherche, mais également l'amélioration de la desserte de la zone d'influence de l'aéroport Paris-Orly, ainsi que des zones d'activités économiques et industrielles implantées sur le secteur Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.

Le projet de métro de la Ligne 18 permettra ainsi de relier les différentes zones d'emplois et d'éducation entre elles mais également aux zones d'habitats de la zone d'étude. A plus large échelle, l'accessibilité de ces différents pôles économiques sera également améliorée, car le projet propose des connexions au reste du réseau du Grand Paris (via la gare aéroport d'Orly) et à d'autres réseaux de transport ferré via les correspondances à Versailles Chantiers (RER C, Transilien lignes N et U) et à Massy Palaiseau (RER B et C, Tram Express Sud).

MESURES DE SUIVI

En complément du MOS permettant un suivi de l'évolution des surfaces dédiées aux activités économiques ou de bureau, la Société du Grand Paris procède à la mise en place, avec ses partenaires, d'un dispositif qui permettra de faire le point régulièrement sur l'évolution localisée de l'emploi, et des constructions de bureaux, et de comparer ces évolutions avec les prévisions sous-jacentes aux évaluations du projet.

6.2.4. Synthèse des impacts et mesures concernant les activités économiques

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Section Orly-Palaiseau	- Création d'environ 1 500 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Amélioration de la desserte en transport public, notamment de la zone d'influence de l'aéroport Paris-Orly : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation	/	Impact positif	/	Evaluation de l'évolution localisée de l'emploi et des constructions d'activités et de bureaux autour des gares avec les partenaires de la SGP.	Les mesures d'optimisation consistent principalement en l'utilisation ou l'élaboration d'outils de planification, ce qui n'implique pas nécessairement de coûts directs et ne relève pas de la responsabilité du maître d'ouvrage. Il n'est donc pas pertinent d'estimer les coûts des mesures à ce stade d'avancement du projet.
Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Perturbations potentielles des accès aux activités commerciales et aux services en phase chantier autour des ouvrages émergents	Phase étude : Prise en compte des équipements existants à proximité et de leur fonctionnement dans les études de tracé Phase chantier : - Organisation des chantiers en fonction des spécificités locales d'accessibilité - Communication et information - Préservation des accès aux activités commerciales - Restitution et remise en état des emprises à la fin des travaux	Possible	Négociations financières éventuelles en cas d'impact résiduel		
	- Création d'environ 1 500 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Désenclavement des pôles d'activités et de recherche du plateau de Saclay : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation	/	Impact positif	/		
Section Magny-les-Hameaux - Versailles	- Création d'environ 1 500 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Amélioration de la desserte en transport public, notamment du secteur Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation	/	Impact positif	/		

Légende :

Impact résiduel nul/négligeable	Impact résiduel faible	Impact résiduel modéré	Impact résiduel fort	Impact résiduel positif
---------------------------------	------------------------	------------------------	----------------------	-------------------------

6.3. Réseaux et infrastructures souterraines

6.3.1. Rappel des enjeux

Enjeux liés aux réseaux enterrés :

D'une manière générale les réseaux enterrés sont situés dans les 20 premiers mètres d'épaisseur du sol.

Il faut distinguer ici les réseaux locaux (par exemple les réseaux de chaleur qui n'ont qu'un enjeu local à savoir, le chauffage des immeubles dans un périmètre donné) et les réseaux qui s'inscrivent dans une échelle régionale ou nationale (réseau de gaz naturel haute pression, géré par GRT gaz, filiale de GDF Suez, et le réseau de transport de pétrole).

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. A ceci s'ajoutent, en fonction des produits transportés, des enjeux en termes de risques de sécurité (pour les intervenants sur les chantiers de construction ou les riverains) ou pour l'environnement.

Ces différents réseaux font l'objet de servitudes d'utilité publique afin d'assurer leur protection vis-à-vis notamment des activités humaines exercées dans leur environnement proche. Elles engendrent des contraintes pour la réalisation du projet, contraintes qui seront intégrées lors des études de définition.

Il est considéré que la présence d'un ouvrage superficiel (et sa base chantier associée) à moins de 50 m d'une canalisation entraîne un risque de dégradation :

- *Fort* si la canalisation est localisée au droit de l'ouvrage superficiel ;
- *Moyen à faible*, si la canalisation est localisée sous une voirie limitrophe à l'ouvrage superficiel et donc en interaction possible avec la future base chantier à définir ;
- *Nul* si l'éloignement est supérieur à 50 m ;

Concernant le tunnel du métro, le risque est fonction de la profondeur de ce dernier.

Enjeux liés aux réseaux électriques aériens :

Les lignes aériennes représentent une contrainte pour les travaux et les ouvrages d'infrastructure réalisés dans leur environnement du fait de l'existence de distances d'éloignement minimales à respecter. Cette distance est, fonction de la tension du courant transporté mais aussi de l'effet de balancement des lignes électriques. Ces dispositions font l'objet de servitudes d'utilité publiques.

Enjeux liés aux infrastructures de transport souterraines :

De façon générale les tunnels qui passent les lignes électriques ont une profondeur maximale du radier inférieure à 15 mètres. En effet, beaucoup d'entre eux résultent de la couverture d'une infrastructure existante selon la technique de la tranchée couverte.

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

Enjeux liés aux fondations et sous-sols :

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, etc., présentent généralement un ou plusieurs niveaux au-dessus du niveau du sol, et parfois un ou plusieurs niveaux de sous-sols à des profondeurs variables.

Enfin certains ouvrages (piles de ponts, pylônes...) peuvent présenter des fondations profondes.

La présence de ces structures souterraines représente un enjeu dans la mesure où elles ne doivent pas être endommagées par les travaux. Leur présence constitue donc une contrainte pour le tracé de la ligne, en particulier pour le tunnel du métro, et ce, d'autant plus que leur profondeur est proche de celle du tunnel du métro.

6.3.2. Impacts et mesures en phase chantier sur les réseaux enterrés

Les impacts directs et indirects sur les réseaux enterrés concernent uniquement la phase chantier, lors du passage des tunneliers, de la construction des ouvrages en souterrain de la ligne et des fondations du viaduc.

Les impacts en phase d'exploitation sont nuls et ne sont donc pas abordés.

Les impacts potentiels des travaux sur les réseaux enterrés sont les suivants :

- La nécessité de procéder au dévoiement de certains réseaux. Outre les perturbations locales liées au chantier il en résulte des conséquences en termes de continuité de service ;
- Le risque d'atteinte aux réseaux non dévoyés, pouvant se traduire par :
 - o une détérioration affectant la fonctionnalité ou la durabilité du réseau ;
 - o des fuites ou des ruptures pouvant entraîner divers phénomènes comme présentés dans le tableau suivant :

Type de réseau	Risques potentiels en cas d'endommagement
Transport de gaz	Explosion
Transport d'hydrocarbures liquides	Incendie, pollution
Chauffage urbain	Projection d'eau à température élevée
Eau sous pression	Affaissement
Réseaux d'assainissement	Pollution
Réseaux électriques	Electrisation, électrocution des intervenants

Risques potentiels liés à l'endommagement des réseaux enterrés

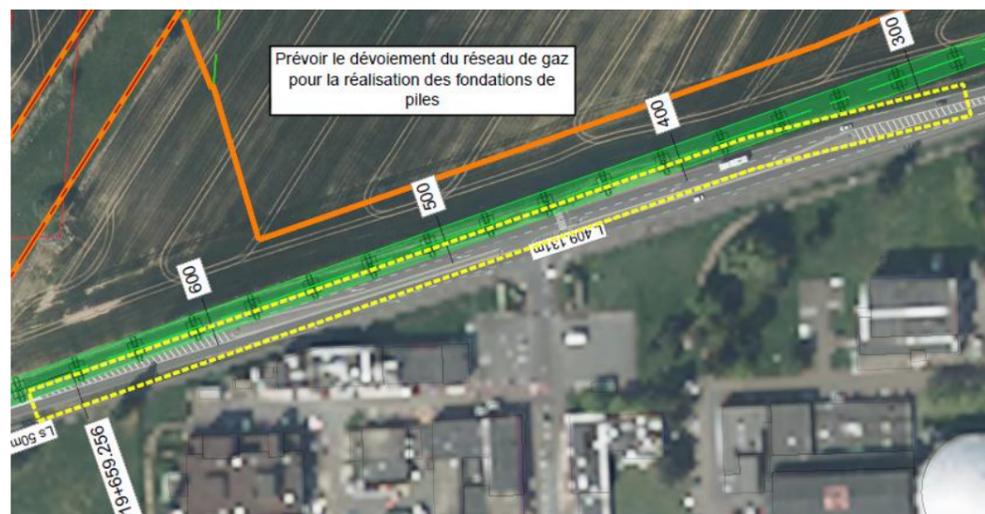
L'atteinte d'un réseau enterré à l'occasion de travaux peut être :

- directe, liée par accrochage par un engin de terrassement ou percement lors d'un forage
- indirecte, liée aux vibrations ou à la déstabilisation des terrains due au chantier

6.3.2.1 Dévoisement de réseaux

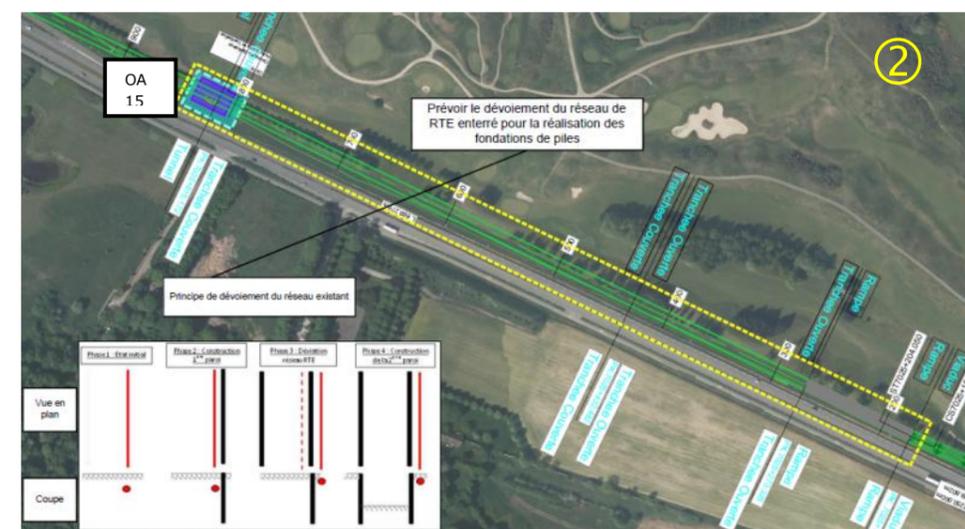
Les études préliminaires réalisées par la SGP répertorient plusieurs réseaux pour lesquelles la Société du Grand Paris portera une attention particulière car pouvant nécessiter un besoin potentiel de dévoisement :

- Gare souterraine de Satory : un réseau de desserte de gaz ;
- Au niveau de Saclay pour la réalisation des fondations de piles du viaduc :
 - o un gazoduc présent le long de la route N306 jusqu'à l'intersection du Christ de Saclay ;
 - o un gazoduc qui longe la route D36 et donc le tracé du viaduc sur une distance de 500 m à l'ouest du Christ de Saclay.



Interactions avec le réseau gaz au niveau de Saclay (Société du Grand Paris)

- Au niveau de Guyancourt : au niveau du Golf national de Saint-Quentin à Guyancourt, la Ligne 18 longe une ligne haute tension souterraine qui devra être déviée sur environ 700 m, en deux parties, entre la limite du golf à l'Est et l'OA 15 à l'Ouest, afin que les fondations du viaduc n'entrent pas en conflit avec ce réseau.



Interactions avec le réseau gaz au niveau du golf national (Société du Grand Paris)

Ne sont mentionnés ici que les réseaux les plus importants. Les éléments fins des réseaux, de petit diamètre et assurant la desserte locale au niveau des bâtiments, et qui font l'objet d'opérations courantes de dévoisement ne sont pas appréhendés dans la présente analyse.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Dans la mesure du possible, le tracé évite les zones denses en réseaux nécessitant des opérations de dévoiement.

Des mesures de protections seront privilégiées pour éviter si cela est possible le dévoiement des réseaux.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Des mesures seront prises afin d'assurer la continuité de service pendant les travaux de dévoiement.

MESURES DE SUIVI

Sans-objet.

6.3.2.2 Risque d'atteinte accidentelle à des réseaux enterrés non dévoyés

Les mesures d'accompagnement étant majoritairement similaires pour les différents réseaux elles sont traitées globalement en fin de paragraphe afin d'éviter les redites. A ce stade des études, le diamètre et la profondeur des canalisations ne sont pas connus pour l'ensemble des réseaux.

- **Sensibilités des atteintes aux canalisations de transport de gaz**

Les données générales suivantes sont disponibles :

- Les canalisations de gaz naturel sous terre ont un diamètre compris entre 0,3 m et plus d'1 m et sont enterrées à une profondeur de l'ordre d'un mètre (source : commission de régulation de l'énergie - <http://www.cre.fr/reseaux/infrastructures-gazieres/description-generale>);
- Pour les canalisations récentes, l'arrêté du 4 août 2006 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques stipule à son article 7 que « La profondeur d'enfouissement de la canalisation est d'au moins un mètre compté au-dessus de la génératrice supérieure du tube ».

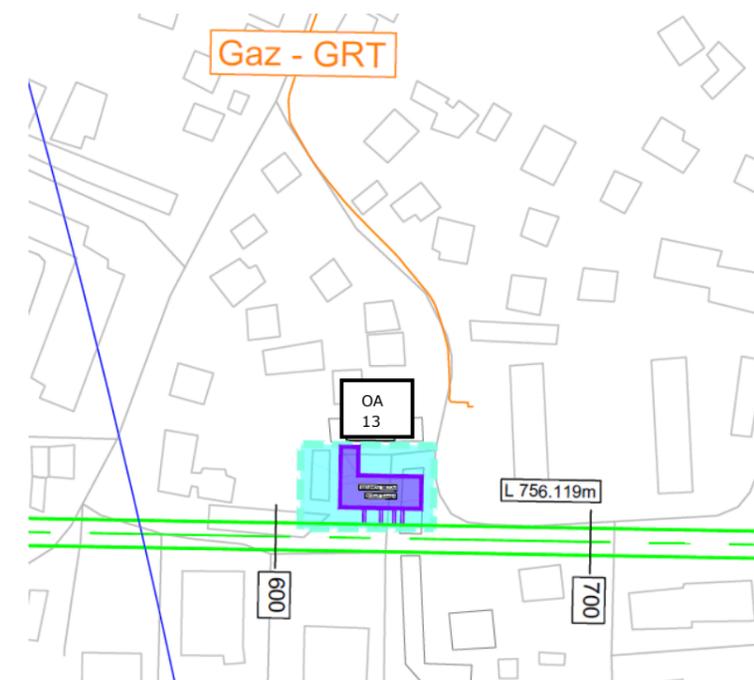
Plusieurs ouvrages superficiels sont concernés plus ou moins directement par le passage de canalisations GRT Gaz. Ces ouvrages sont les suivants :

- **L'OA8** (puits de démarrage tunnelier d'une profondeur de 29,2 m) au niveau de la commune de Massy. Une canalisation GRT Gaz recoupe l'infrastructure à proximité du puits. **La sensibilité est considérée comme forte** puisque la réalisation de l'ouvrage nécessite de prévoir la protection du réseau GRT Gaz.



Interactions avec le réseau gaz au niveau de l'OA 8 (Société du Grand Paris)

- **L'OA13** au niveau de la commune de Palaiseau. Une canalisation GRT Gaz s'arrête à une douzaine de mètres au sud-ouest de l'OA13, chemin des terres-rouges. **La sensibilité est considérée comme faible** puisque la réalisation de l'ouvrage ne nécessite pas de prévoir la protection du réseau GRT Gaz pour la réalisation de l'ouvrage OA13.



Interactions avec le réseau gaz au niveau de l'OA 13 (Société du Grand Paris)

Par ailleurs, des canalisations GRT Gaz croisent un certain nombre de fois le tracé du tunnel ou du viaduc, aux points suivants :

- Entre l'OA13 et l'OA14 au niveau de la commune de Palaiseau. Une canalisation GRT Gaz croise le tunnel au niveau du chemin de Vauhallan. Le toit du tunnel est à une dizaine de mètres de profondeur à cet endroit. **La sensibilité est considérée comme faible ;**
- Entre Saint Quentin Est et Satory :
 - o au nord-est de l'OA18, sur la commune de Guyancourt, une canalisation GRT Gaz intercepte le tunnel au niveau de l'avenue Léon Blum (RD91) (côté parking du Technocentre de Renault). A ce niveau, le toit du tunnel se situe à une profondeur d'une vingtaine de mètres. **La sensibilité est considérée comme très faible ;**
 - o à 300 m au nord-est de l'OA19, sur la commune de Guyancourt, une canalisation GRT Gaz intercepte le tunnel au niveau de l'avenue Léon Blum (RD91) (côté parking du Technocentre Renault). A ce niveau, le toit du tunnel se situe à une profondeur d'une trentaine de mètres. **La sensibilité est considérée comme nulle.**
- Entre Satory et Versailles-chantiers, sur la commune de Versailles, une canalisation GRT Gaz se situe au niveau de la rue des Docks, sur le camp de Satory. A ce niveau, la cote du toit du tunnel se situe à une vingtaine de mètres de profondeur environ. **La sensibilité est considérée très faible.**

- **Sensibilité des atteintes aux canalisations de transport de pétrole**

Des canalisations de transport de pétrole appartenant aux réseaux des Transports Pétroliers par Pipelines (TRAPIL) et de la Société de Maintenance des Carburants Aviation (SMCA), sont identifiées au niveau du secteur au sud de l'aéroport d'Orly, à l'intérieur du fuseau d'étude de la Ligne 18.

Des canalisations de transport de pétrole de la SMCA quadrillent l'aéroport d'Orly.

- Le tunnel croise à plusieurs reprises les canalisations du réseau SMCA. **la sensibilité est considérée comme potentiellement forte** en cas d'atteinte aux réseaux hydrocarbures existants. Ceux-ci représentent donc un point de surveillance particulier en phase travaux.
- L'OA01 (puits de sortie du tunnelier) est localisée à environ 300 m du réseau, **la sensibilité associée est faible par rapport au réseau SMCA.**

Une canalisation de transport de pétrole du réseau TRAPIL est également présente au sud de l'aéroport d'Orly. Cette canalisation se situe à une altitude d'environ 80m NGF, il s'agit du pipeline Gargenville-Coignièrès-Orly dont le diamètre est de 508 mm (20 inches US/GB¹⁰). Cette canalisation passe à 400 m au sud de l'OA 01 (puits de sortie du tunnelier – ouvrage annexe en phase d'exploitation) soit au-delà de la zone d'information du transporteur. **La sensibilité à la canalisation TRAPIL est donc considérée comme nulle.**

- **Sensibilités des atteintes aux canalisations de Chauffage Urbain (SOCOMIN, ENORIS et VERSEO)**

Le réseau SOCOMIN

Le réseau de la centrale de chaleur SOCOMIN du MIN de Rungis est présent au sein du fuseau d'étude au niveau de l'aéroport d'Orly. Il recoupe à plusieurs reprises le tracé de la ligne au nord de la gare Aéroport d'Orly. Le toit du tunnel est alors à une quinzaine de mètres sous le TN. **La sensibilité du réseau SOCOMIN est considérée comme faible.**

Le Réseau ENORIS

Les interactions entre le tunnel de la Ligne 18 et le réseau de chaleur de Massy et Antony (ENORIS) sont nombreuses. Le réseau de chaleur urbain longe le tracé de la ligne sur quelques centaines de mètres à l'est et sur quelques centaines de mètres à l'ouest de la gare Massy Opéra :

- entre l'OA10 et l'OA11, à un endroit où le toit du tunnel est situé à une quinzaine de mètres sous le TN,
- à l'est de l'OA09, le réseau longe le tracé de la ligne le long de la rue Henri Gilbert- rue des États-Unis, rue de Moscou, rue des Anglais, passage à travers la gare de Massy Opéra, avenue du Noyer Lambert puis intersection avec l'allée de Biarritz et l'avenue de la République, dans une zone où la partie haute externe du tunnel est située à une profondeur variant d'une quinzaine à une vingtaine de mètres sous le TN.

Etant donné son implantation d'une part au droit de la gare de Massy-Opéra et d'autre part dans les premiers mètres du sous-sol par rapport à la partie haute externe du tunnel située à une quinzaine de mètres, **la sensibilité du réseau ENORIS est considérée comme forte au niveau de la gare de Massy-Opéra et faible aux abords.**

Le Réseau VERSEO

Les interactions entre le tunnel de la Ligne 18 et le réseau de chaleur de Versailles VERSEO (réseau Satory et réseau centre-ville) sont peu nombreuses. Le réseau de chaleur urbain intercepte le tracé de la Ligne 18 entre les gares de Satory et Versailles Chantiers en 3 points :

- à proximité immédiate (nord-est) de la gare Satory,
- à proximité de l'OA 22,
- lors du franchissement de la N286, entre OA22 et la gare Versailles Chantiers,

Etant donné son implantation d'une part à proximité immédiate de la gare de Satory et d'autre part dans les premiers mètres du sous-sol par rapport à la partie haute externe du tunnel située à environ une quinzaine de mètres du TN à proximité de la gare de Satory jusqu'à environ 25m au niveau de l'OA 22, **la sensibilité du réseau VERSEO est considérée comme faible au niveau de la gare Satory et forte aux abords de l'OA22.**

¹⁰ US/GB : mesure en « pouce » dans le système américain et britannique

Les servitudes ne sont pas systématiques pour ce type de canalisation. Leur largeur maximale couvre une bande de 15m de part et d'autre de la canalisation. Aucune prescription relative aux réseaux de chaleur n'est décrite au sein des annexes des PLU de Paray-Vieille-Poste, Massy, Versailles.

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

Anticipant l'impact occasionné sur les réseaux de chaleur, la Société du Grand Paris a déjà engagé des échanges avec les gestionnaires des réseaux de chaleur, dès le stade des études préliminaires approfondies.

• **Sensibilités des grands collecteurs et aux réseaux d'assainissement**

Dans les zones urbanisées traversées par la Ligne 18, plusieurs réseaux d'assainissement se trouvent probablement le long de l'alignement du tunnel. La profondeur des conduits étant incertaine, plus d'informations devront être recueillies dans les phases suivantes des études afin de mieux définir les interférences avec le tracé et les interventions à réaliser. Cependant, la présence de canalisations d'assainissement de diamètres importants (D500 et D600) a d'ores-et-déjà été mise en évidence au niveau de la gare Massy Opéra.

La sensibilité est donc forte au niveau de la gare Massy Opéra.

• **Sensibilités des aqueducs d'eau potable**

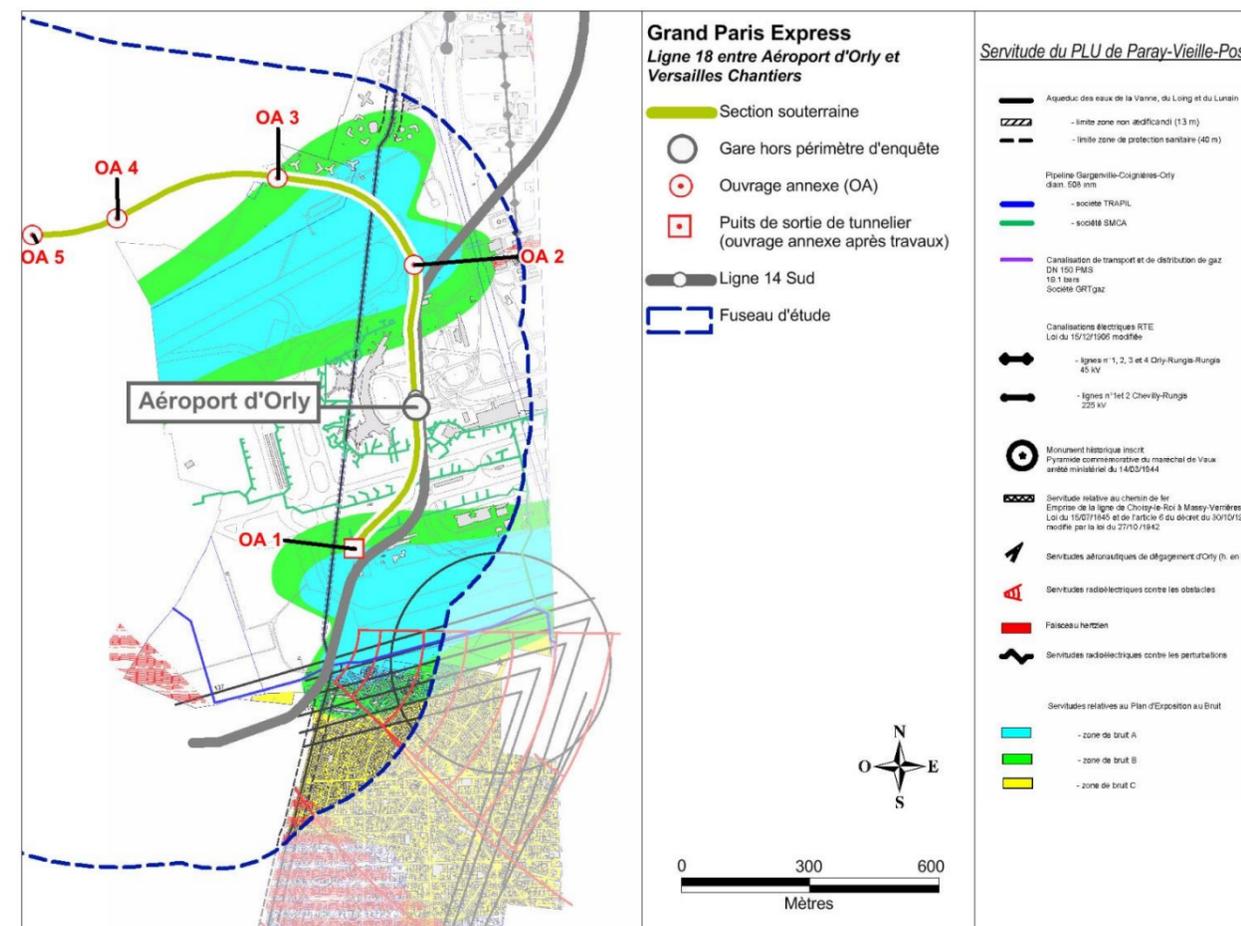
L'aqueduc de la Vanne, du Loing et du Lunain passe à proximité de la ligne L18.

Sur la commune de Paray-Vieille-Poste. L'aqueduc de la Vanne, du Loing et du Lunain est soumis à des servitudes de protection particulières relatives à la conservation des eaux (AS1-aq). Cependant, les servitudes ne s'appliquent pas au sein de l'emprise de l'aéroport d'Orly. Ces zones de protection considérées pour la protection sanitaire des aqueducs sont :

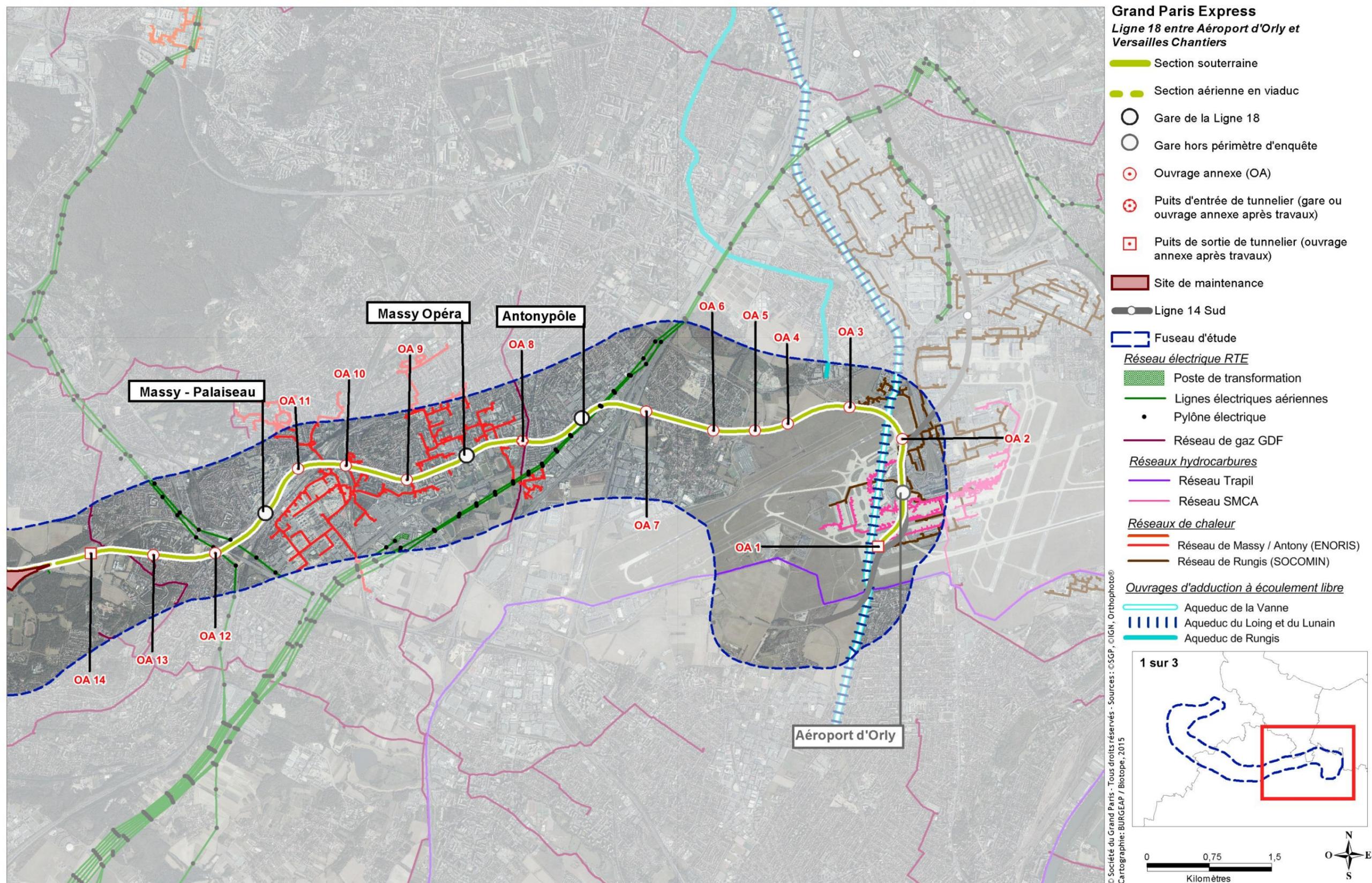
- 1) La zone de protection immédiate constituée par l'emprise ou le tréfonds appartenant à la ville de Paris,
- 2) Les zones de protection rapprochée constituées par deux bandes de terrain de 13 mètres de largeur de part et d'autre de l'emprise des aqueducs : zone non aedificandi,
- 3) Les zones de protection éloignée constituées par deux bandes de terrain s'étendant des limites extérieures des zones de protection rapprochée jusqu'à une distance de 40 mètres de l'aqueduc : zone de protection sanitaire.

La sensibilité est faible entre l'OA1 et l'OA2 puisque la distance entre l'aqueduc (environ 75 m NGF) et la partie externe du tunnel (60 à 50 m NGF environ) est alors supérieure à 15m.

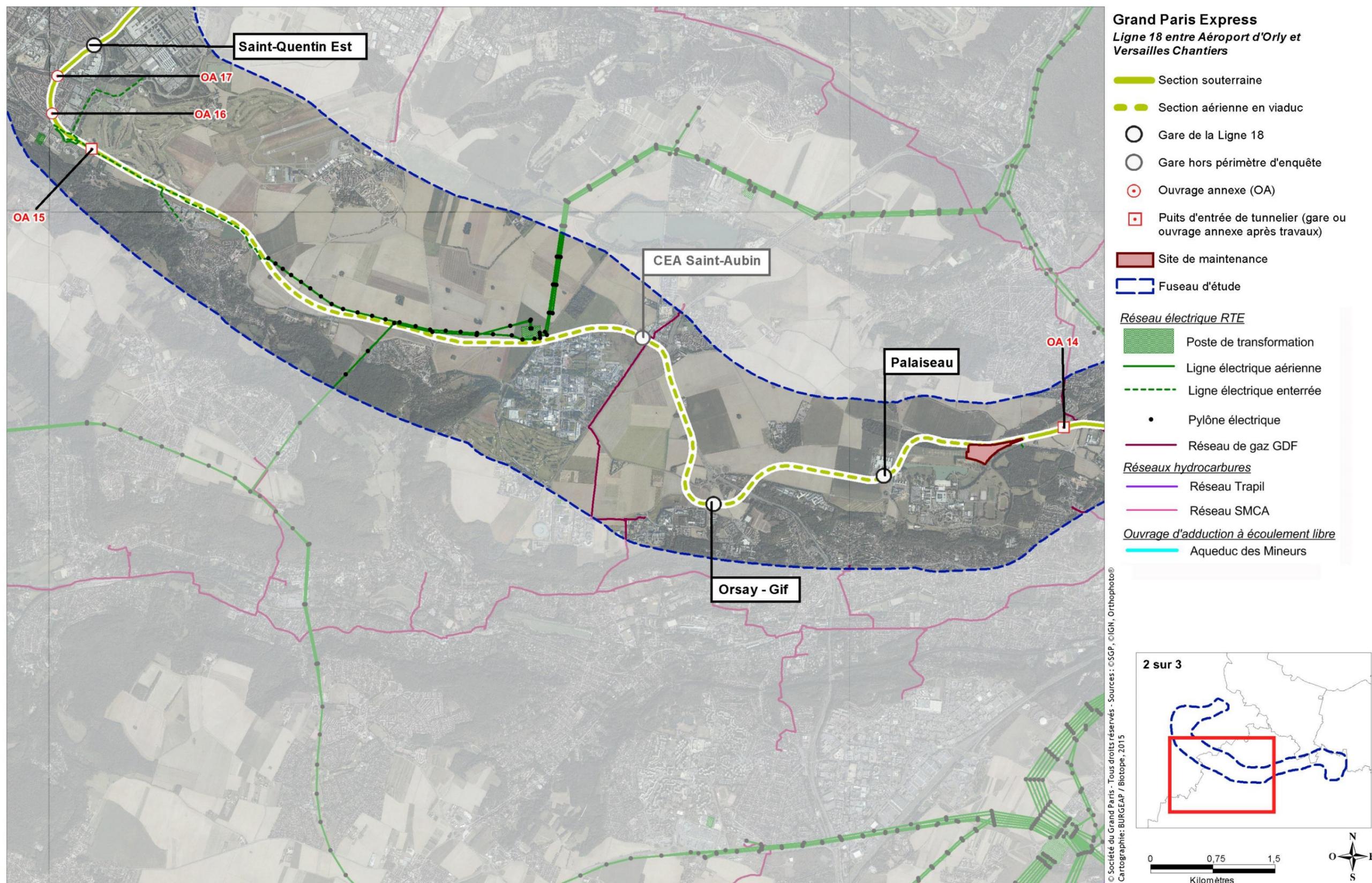
Plan des servitudes du PLU 2013 de Paray-Vieille-Poste



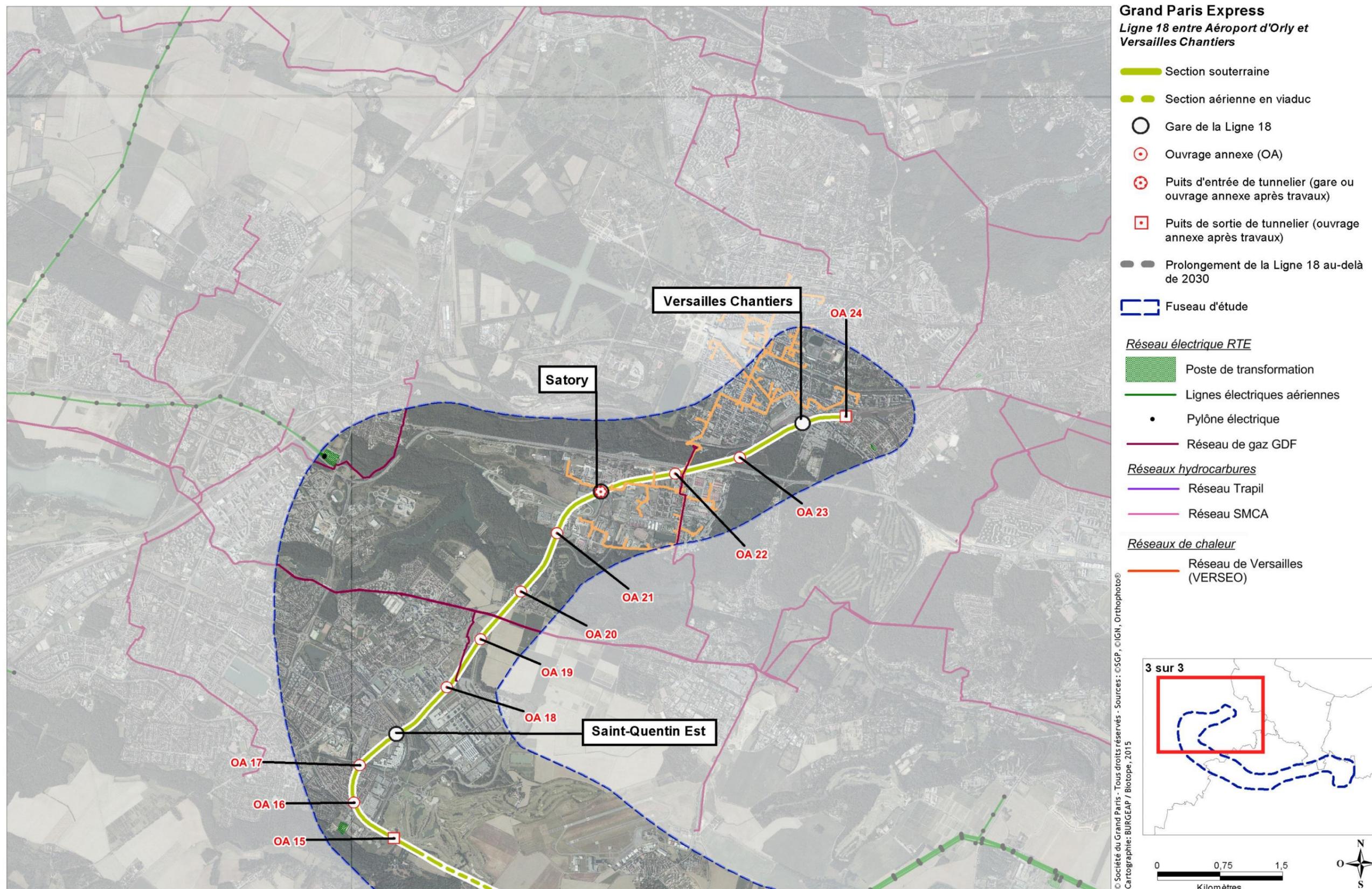
Localisation des réseaux –section Orly-Palaiseau



Localisation des réseaux –section Palaiseau – Magny-les-Hameaux



Localisation des réseaux -Magny-les-Hameaux - Versailles



Sensibilité des autres aqueducs

Le tracé de la Ligne ne croise pas l'aqueduc de Rungis qui passe à plus d'une centaine de mètres au nord de l'OA2 : **la sensibilité est considérée comme nulle, l'inter-distance séparant l'infrastructure et le réseau étant supérieure à 50 m.**

Le projet interfère avec l'aqueduc souterrain des mineurs qui passe à l'ouest du CEA de Saclay, le long du poste électrique. Sa profondeur n'est pas connue. Cependant, la ligne est en viaduc dans cette zone. Une bande réservée de 50 m est représentée sur les plans. Néanmoins il est peu probable que l'aqueduc soit aussi large.



Franchissement de l'aqueduc des mineurs (SGP)

La sensibilité est considérée comme moyenne : le positionnement des piliers du viaduc dans la zone de croisement (environ tous les 25 mètres) devra être réalisé en tenant compte de la présence de l'aqueduc des mineurs.

- **Atteintes aux conduites d'eau potable**

La zone du château d'eau du CEA situé le long de le N118 constitue un point de vigilance particulier pour la réalisation des piles du viaduc.



Interactions avec le château d'eau du CEA et les conduites associées (SGP)

- **Sensibilités des drains agricoles**

Des plans anciens de localisation des drains agricoles sont collectés par la Société du Grand Paris auprès des exploitants et propriétaires. Il n'existe pas de plan global. Ces plans serviront de base à des études plus approfondies menées en collaboration avec les exploitants des parcelles agricoles.

Le risque de rupture de drains sub-superficiels est important lors de la réalisation des travaux. **La sensibilité est donc considérée comme forte.**

- **Sensibilité des atteintes aux infrastructures enterrées de transport d'électricité**

Suite aux premières inspections menées par la Société du Grand Paris, plusieurs lignes de transport d'électricité enterrées sont présentes, potentiellement en interaction avec la Ligne 18.

Ces réseaux sont situés dans les premiers mètres du sous-sol et sont peu contraignants vis-à-vis de la Ligne 18, hormis s'ils sont situés à proximité d'ouvrages émergents (gares, puits, piliers du viaduc...) ou si la distance entre le réseau et la partie supérieure est faible.

Le risque est représenté par un contact direct avec la ligne électrique ou par une distance insuffisante des ouvrages ou matériels avec la ligne électrique, entraînant la formation d'un arc électrique (phénomène d'amorçage).

- **Ecole Polytechnique**

Pour alimenter l'ensemble des constructions existantes dans le quartier de Polytechnique, le site comporte de nombreux réseaux. Une ligne HT venant de l'ouest est présente dans l'axe de l'avenue Augustin Fresnel et rejoint le poste de livraison situé au nord-est, au niveau de la centrale thermoélectrique. Toutefois, cette ligne devra être localisée plus précisément.

De plus, une galerie technique orientée nord-ouest – sud-est, d'environ 2 m de large et comportant plusieurs réseaux est présente à l'est de la centrale thermoélectrique.

La Ligne 18 est aérienne dans cette zone ; **la sensibilité est considérée comme moyenne** : l'implantation des piles du viaduc sera optimisée en tenant compte des éléments qui pourront être collectés auprès des concessionnaires réseaux.

- Plateau de Saclay

A proximité de Châteaufort (lieu-dit la Grange à Châteaufort), un pylône aérosouterrain jouxte le tracé de la future Ligne 18. Au niveau de ce pylône, la ligne RTE HTA 225 kV Elancourt - Saint-Aubin passe en souterrain jusqu'au poste électrique de Mérantais à l'ouest de l'OA15.

Une attention particulière sera apportée à l'implantation des piles du viaduc de manière à ce que les fondations n'interfèrent pas avec le réseau haute tension souterrain. La Ligne 18 est aérienne sur la majeure partie de cette zone. Les contraintes concernent donc l'emplacement des piliers du viaduc puis la rampe, la tranchée ouverte, la tranchée couverte puis le tunnel.

Les principaux impacts notables sont une éventuelle destruction ou dégradation de la ligne lors des travaux de construction de la rampe, tranchée et du forage du tunnel au tunnelier. **La sensibilité est considérée comme moyenne** : l'implantation des piles du viaduc sera optimisée en tenant compte des éléments qui pourront être collectés auprès des concessionnaires réseaux.

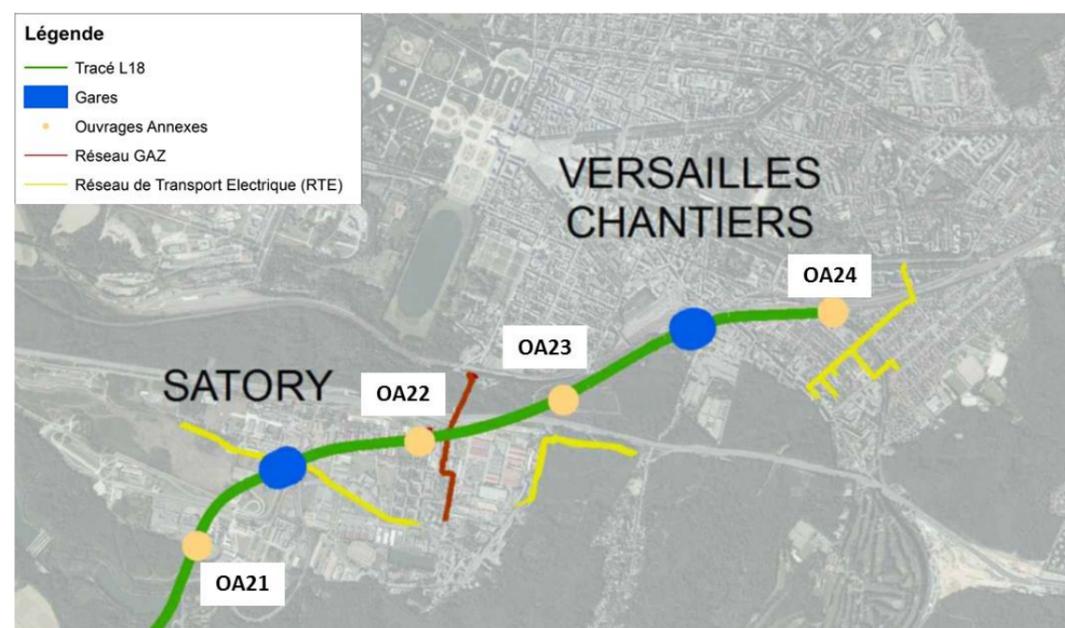
- De Satory à Versailles Chantiers

Au niveau du camp de Versailles-Satory, une ligne souterraine HT 225 kV croise perpendiculairement le tracé de la Ligne 18 à proximité immédiate de l'insertion de la gare Satory.

La sensibilité avec le réseau électrique est considérée comme forte au niveau de la gare Satory.

A proximité de la gare Versailles Chantiers, passent deux lignes souterraines :

- o Au sud du tracé de référence de la Ligne 18 (à proximité de l'OA 23) ;
- o A l'Est de l'extrémité de la Ligne 18 (à proximité de l'OA 24).



Réseau de transport électrique (RTE) au niveau de Versailles (SGP)

La sensibilité avec le réseau électrique est considérée comme nulle aux abords de l'OA23 et de l'OA24.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

- **Identification et localisation des réseaux :**

La procédure DT/DICT¹¹ définie par le décret n°1241-1147 du 05 octobre 2011 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) ;

Concernant **l'aqueduc des Mineurs**, des investigations complémentaires (fouilles « archéologiques ») devront être menées pour localiser précisément son emprise.

Concernant le **réseau de drainage agricole**, un relevé sera réalisé auprès des différents exploitants agricoles et la réalisation d'avant trou préliminaire aux terrassements de masse permettront d'identifier les drains et d'envisager leur dérivation/remplacement.

- **Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions :** ces consultations sont obligatoires réglementairement (voir par exemple les articles R. 554-21 et suivants du code de l'environnement). Elles ont pour objet, à chaque stade d'avancement de la conception du projet et de la phase travaux, d'échanger sur les contraintes à prendre en compte dues à la présence des ouvrages et de rechercher des solutions partagées. Elles sont essentielles dans le cadre des objectifs de préservation absolue des réseaux concernés.

- Dans le cadre de la mise en œuvre du tunnel de la Ligne 18, plusieurs cas particuliers méritent la prise en compte de mesures de réduction spécifiques :

- o Réseau SMCA dans le secteur de l'aéroport d'Orly ;
- o Réseau de gaz entre l'OA13 et l'OA14, dans le secteur de la gare CEA Saint Aubin, entre l'OA18 et l'OA20 ;
- o Réseau de chaleur SOCOMIN, dans le secteur de l'aéroport d'Orly ;
- o Réseau de chaleur ENORIS dans le secteur entre l'OA 8 et l'OA10 ;
- o Réseau de chaleur VERSEO dans le secteur de la gare Satory ;
- o Réseau de lignes à haute tension dans le secteur entre la gare CEA Saint-Aubin et la gare Saint-Quentin Est.

Ces réseaux, de par leur proximité avec le projet de Ligne 18, devront faire l'objet de réflexions entre les services de la Société du Grand Paris et ceux des gestionnaires de réseaux.

Le risque d'impact environnemental incite d'ores et déjà la Société du Grand Paris et le gestionnaire du réseau SMCA à mener une collaboration d'étude sur la réalisation de l'ouvrage.

¹¹ DT : Déclaration de projets de Travaux ; DICT : déclaration d'intention de commencement de travaux

Les réglementations d'urbanisme et les prescriptions d'aménagement associées restreignent la distance d'insertion de la ligne 18 par rapport au réseau TRAPIL.

- **Ajustement du profil en long de l'infrastructure :** pour de nombreux ouvrages souterrains et fondations, le maître d'ouvrage a choisi de s'éloigner suffisamment pour éviter toute interaction prévisible.

D'une manière générale, l'occupation du sous-sol actuelle dans la zone dense du projet interdit le passage du tunnel dans les 10 premiers mètres de sous-sol, sauf exception et/ou contrainte. Cette interdiction résulte à la fois de contraintes réglementaires de types servitudes, de contraintes normatives et de contraintes techniques. Pour l'essentiel, les canalisations GRT Gaz, TRAPIL, SMCA et les aqueducs sont dans ce cas.

De plus, cette sur-profondeur permet de s'affranchir de la présence de fondations ou niveaux de sous-sol profonds de certains bâtiments en surface.

- **Travaux de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols :** le but de cette mesure est de préserver en l'état les ouvrages du sous-sol. Le confortement d'ouvrages concernera également les infrastructures de transport et les bâtis déjà identifiés au stade des études préliminaires approfondies et mentionnés précédemment dans ce volet.
- **Mise en place de parois moulées pour la réalisation de l'ensemble des gares souterraines et des ouvrages annexes :** Les parois moulées sont la méthode constructive la plus robuste et la plus fiable vis-à-vis de la maîtrise des tassements des avoisinants au niveau des gares et de certains ouvrages.
- Ces parois moulées permettent d'isoler la zone de travail et donc d'éviter des atteintes aux ouvrages et fondations existants.
- **Utilisation d'un tunnelier :** La réalisation (hors zone de transition) au tunnelier est la technique de terrassement permettant de réduire au maximum les tassements du terrain, source potentielle de désordre pour les réseaux.
- Les études pourront amener à définir les mesures spécifiques suivantes (liste non exhaustive) :
 - o Gestion de la pression de confinement,
 - o Maîtrise des paramètres du tunnelier,
 - o Mesures de mise en sécurité en cas d'arrêt,
 - o Injection à l'avancement,
 - o Allongement du bouchon.
- **Respect des distances réglementaires**
 - o Le réseau TRAPIL fait l'objet de restrictions en matière de développement de l'urbanisme. Les contraintes en matière d'urbanisme concernent les projets nouveaux relatifs aux établissements recevant du public (ERP) les plus sensibles et aux immeubles de grande hauteur (IGH). Ces contraintes s'apprécient au regard des informations figurant dans le tableau ci-après et qui sont issues des distances de l'étude de sécurité partielle du 5 mai 2008 pour les hydrocarbures TRAPIL.

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

Contraintes liées aux canalisations de transport d'hydrocarbures exploitées par la société TRAPIL (annexes du PLU de Paray-Vieille-Poste)

Ces distances s'entendent de part et d'autre de l'axe de la canalisation considérée.

Il s'agit d'une zone permanente d'interdiction de toutes nouvelles constructions ou extensions d'IGH et d'ERP recevant plus de 100 personnes. Selon l'article GN1 du règlement national de sécurité, seules les gares de la Ligne 18 sont considérées comme ERP ; le tunnel ainsi que les ouvrages annexes n'y sont pas identifiés comme ERP.

- o La distance minimale à respecter vis-à-vis des réseaux électriques souterrains est de 1,5 m (http://www.erdf.fr/securite_du_reseau).

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

- **Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement :** les effets résiduels non acceptables seront compensés, soit sous forme financière directement, soit sous forme de relogement (habitation, locaux divers, remplacement de réseau), soit par le paiement de travaux permettant une réparation définitive ;
- **Réseau de drainage agricole :** en cas de rupture de drains ou dans l'impossibilité de les maintenir au regard de l'emprise chantier, un remplacement et/ou drainage de substitution sera mis en place en concertation avec l'exploitant concerné.

MESURES DE SUIVI

- **Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés :** durant les différentes phases de construction de l'infrastructure, les entreprises de Maitrise d'œuvre assisteront la Société du Grand Paris.
- Suivi à l'avancement et mise à jour des plans du réseau de drainage agricole en collaboration avec les agriculteurs.

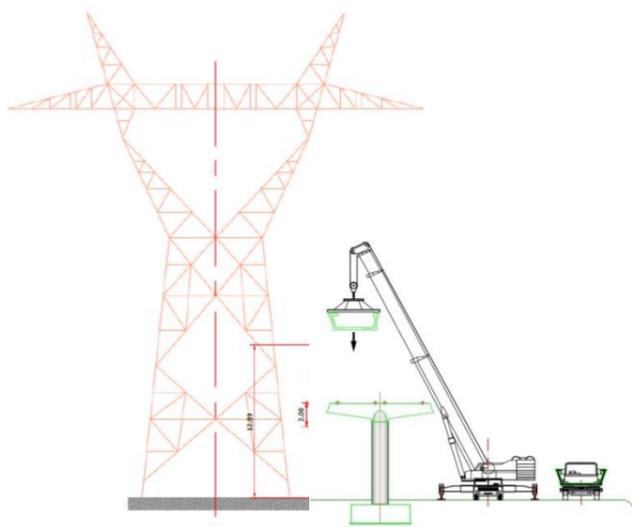
6.3.3. Impacts et mesures en phase chantier sur le réseau électrique aérien

Plusieurs lignes de transport d'électricité aériennes sont présentes au niveau de la Ligne 18, et potentiellement en interaction avec le réseau de transport.

Le risque est principalement lié à l'utilisation de grues qui présentent une hauteur supérieure à celle des ouvrages à construire.

Le risque est représenté par :

- Un contact direct avec la ligne électrique ;
- Une distance insuffisante des ouvrages ou matériels avec la ligne électrique, entraînant la formation d'un arc électrique (phénomène d'amorçage).



Construction du viaduc à proximité des lignes électriques aériennes
(Société du Grand Paris)

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

Distances entre les lignes RTE et la Ligne 18

Nom du réseau	Ecart du réseau avec les ouvrages (m)
Liaison Chevilly Villejust 1 et 2 (2 x 225 kV)	100 m à l'est de la gare Antonypôle
Liaison Chevilly Villejust 3 et 4 (2 x 225 kV)	Croisement avec le tracé de la Ligne 18 (tunnel) à 300 m au nord-est, à proximité de l'avenue Léon Harmel
Liaison Chatillon Villejust 1-2 ; Harcourt Villejust 1-2 ; Moulineaux	Environ 200 m à l'est de l'OA12

Nom du réseau	Ecart du réseau avec les ouvrages (m)
Villejust 1-2	
Liaison 225 kV Villejust - Villeras	En bordure ouest de l'OA12 et croisement du tracé de la ligne (tunnel) à 20 m au sud-ouest de l'OA12
Trois lignes haute tension arrivent quasiment plein nord au poste de transformation au nord du CEA	Au nord-ouest de la zone du CEA, le long de la RD36 et donc le long du viaduc
Ligne HTA 225 kV Elancourt - Saint-Aubin	la ligne longe la D36, et donc le viaduc, jusqu'au lieu-dit la Grange à Châteaufort (elle est ensuite enterrée)
Ligne HTA 225 kV Saint-Aubin - Villejust - Montjay	La ligne longe la D36, et donc le viaduc, jusqu'à la hauteur du quartier Bel-Air de Villiers-le-Bâcle où elle oblique vers le sud-ouest et coupe le tracé du viaduc

Nota : Sont identifiés en gras les ouvrages dont l'écart avec le réseau RTE est inférieur à 20m.

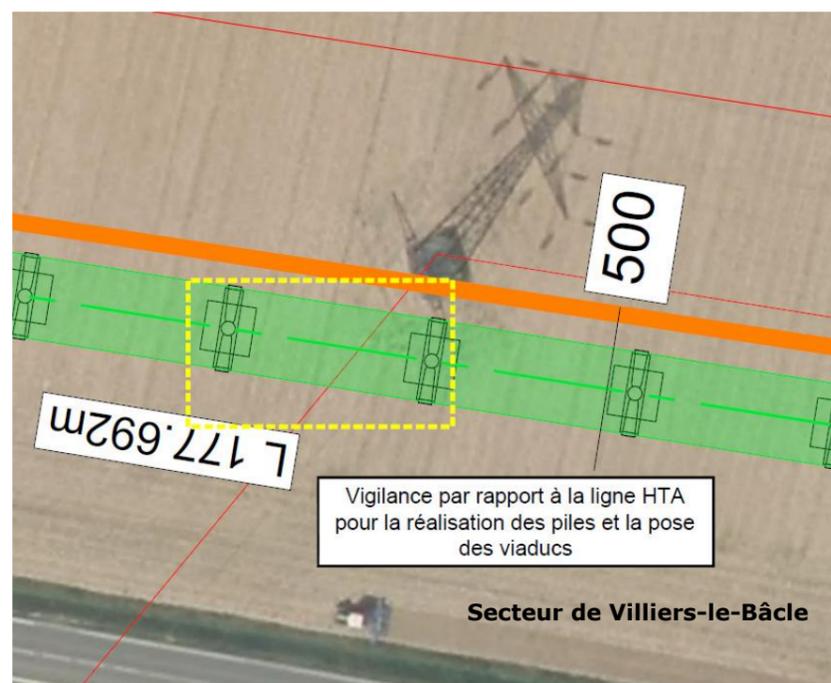
Le tracé du viaduc longe le tracé de deux lignes HT sur environ 2 km. Une de ces deux lignes franchit le tracé à hauteur de Villiers-le-Bâcle.

La sensibilité de la moitié ouest du viaduc et de l'OA 12 est considérée comme forte au niveau de la Ligne 18. Des précautions par rapport à la ligne à haute tension aérienne sont prévoir.



Prévoir protection du chantier de par rapport à la ligne HTA pour la réalisation de l'OA 12

— Ligne HT



Interactions avec les lignes HT aériennes (Société du Grand Paris)

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Des discussions sont en cours avec RTE pour définir les contraintes d'insertion de la L18 par rapport à leur réseau. Ces échanges ont permis de confirmer à prime abord que le viaduc est suffisant éloigné pour éviter des phénomènes de balancement.**
- **Respect des prescriptions et distances réglementaires**

Le Code du Travail interdit l'approche soit directement, soit à l'aide d'engins ou de matériaux d'un conducteur nu dans le domaine Haute Tension HTB (>50 000 V) à une distance inférieure à 5 m, hors balancement des câbles ; afin de se préserver des effets et des risques dus au courant électrique (champs électromagnétiques, induction, courant de défaut).

Dans le cas de circulation d'engins près de pylônes, il est demandé de « mettre en place des protections provisoires de sécurité type GBA (dispositifs de retenue de sécurité routière : séparateurs simples en béton adhérent) à une distance suffisante du support ».

De plus, chaque entreprise devant réaliser des travaux devra appliquer le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution (demande de renseignements, déclaration d'intention de commencement de travaux...).

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Sans-objet.

MESURES DE SUIVI

Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés : durant les différentes phases de construction de l'infrastructure, les entreprises de Maitrise d'œuvre assisteront la Société du Grand Paris.

6.3.4. Impacts et mesures en phase chantier sur les infrastructures de transports souterraines

Les impacts directs et indirects sur les tunnels concernent uniquement la phase chantier, lors du passage des tunneliers et de la construction des ouvrages annexes de la ligne.

Les impacts éventuels sont la dégradation des infrastructures par déformation des couches géologiques due aux méthodes constructives ainsi que la « collision » potentielle avec le tunnelier de la Ligne 18.

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

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Dans la mesure du possible, le tracé évite les zones d'interactions avec des tunnels existants.

Les principales interactions entre la Ligne 18 et les infrastructures interceptées ont déjà fait l'objet d'une analyse préliminaire par la Société du Grand Paris concernant leur traitement au stade des travaux. Les études complémentaires permettront d'affiner le tracé et de choisir les méthodes de constructions les plus adaptées en concertation avec les organismes gestionnaires de ces réseaux de transport.

Le recensement des infrastructures interceptant le tracé de référence est réalisé dans le tableau ci-après. Celui-ci identifie, sur la base des études préliminaires approfondies réalisées par la Société du Grand Paris, des hypothèses de traitement adéquates.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En cas d'atteinte à un ouvrage malgré les précautions prises, des réparations seront mises en œuvre.

MESURES DE SUIVI

L'intégralité des infrastructures recensées donneront lieu à une auscultation et une surveillance particulière pendant le passage du tunnelier.

Caractéristiques des infrastructures de transport interceptées par le tracé de référence, problématiques et traitement proposé

Infrastructure concernée	Précisions sur l'infrastructure	Problématique et risque lié	Sensibilité	Mesures d'évitement et de réduction des impacts
Interfaces avec le projet de la L14 dans la zone de l'aéroport d'Orly	Au droit de l'OA1 implanté au sud de l'Aéroport d'Orly proche des pistes: OA1 est proche des ouvrages annexes prévus au sein du projet de la L14.	Interférences en phase travaux (emprises chantier)	Forte	La gare Aéroport d'Orly est réalisée incluse dans le projet de la L14 Sud. Un phasage de travaux coordonné devra donc être prévu
OrlyVal (tunnel)	<p>La ligne de navettes automatiques OrlyVal qui dessert l'aéroport d'Orly est aérienne sauf au niveau du franchissement des pistes d'atterrissage nord où le tracé devient souterrain. Conflit entre les piles du viaduc et le tunnel de la Ligne 18</p>			

6.3.5. Impacts et mesures en phase chantier sur les fondations et les niveaux de sous-sol

Les impacts directs et indirects sur les fondations et sous-sols concernent uniquement la phase chantier, lors du passage des tunneliers et de la construction des ouvrages annexes de la ligne.

Les impacts directs sur les fondations des ouvrages et les sous-sols correspondent à une destruction/déstabilisation de ces dernières par le creusement au tunnelier ou la mise en œuvre des gares, ouvrages annexes ou encore des fondations des piles du viaduc.

Les impacts indirects correspondent à une déstabilisation des sols (donc des fondations) engendrée par les travaux et provoquant :

- Un affaiblissement des propriétés mécaniques des roches en place par fissuration ou dénoisement résultant des travaux de mise en place des ouvrages ;
- Une propagation de vibrations engendrant la fragilisation des roches en place, souvent déjà fragilisées par des actions antérieures : exploitation d'anciennes carrières, dissolution du gypse.

Ceux-ci concernent la partie souterraine du linéaire de la Ligne 18.

Par ailleurs, la déstabilisation des sols engendre des dommages sur l'ouvrage ou les bâtiments :

- Des fissurations si le mouvement de sol est de faible ampleur ;
- Des tassements (ou soulèvements) uniformes ou différentiels ;
- Des rotations d'ensemble ou différentielles ;
- Des déplacements horizontaux d'ensemble ou différentiels (compression ou extension) ;
- Des cassures, voire l'effondrement, si le mouvement de sol est plus significatif.

La sensibilité est considérée comme globalement modérée au regard du nombre de bâtiments identifiés comme impactés directement.

Certains secteurs traversés par la Ligne 18 sont toutefois particulièrement contraints, à l'image du secteur de l'aéroport d'Orly, les grands sites industriels comme le CEA de Saclay ou militaires comme le Camp de Satory, et par le secteur de l'école polytechnique regroupant de nombreux centres et laboratoires de recherches publics et privés. Il y a peu de grands bâtiments sur le fuseau d'étude plutôt marqué pour le reste du bâti par des zones mixtes ou des zones pavillonnaires. Les bâtiments présentant un niveau de criticité moyen à fort ont été listés dans la pièce G.1.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Adaptation du tracé** : globalement, les atteintes directes aux fondations et sous-sols seront évitées par le positionnement de l'infrastructure et son adaptation à l'existant, en particulier pour la connexion des gares au niveau des correspondances.

En ce sens, l'ensemble des études préliminaires de conception menées jusqu'à présent a permis de s'affranchir d'un certain nombre d'interactions entre le projet et les fondations de bâtis.

- **Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages** : le processus normalisé des études géotechniques (norme NF P 94 500) n'a pas été totalement déroulé pour la phase de conception. La mission G1 de reconnaissance générale et de caractérisation géotechnique des strates géologiques a été réalisée pendant les phases antérieures du projet.

Les missions géotechniques G2 en phase conception seront entreprises.

Ces études géotechniques avancées, qui seront nécessairement réalisées dans les phases d'étude avant travaux auront pour objectif principal de déterminer les mesures à mettre en œuvre dès le processus de construction en phase chantier pour réduire les impacts potentiels.

Ces études seront particulièrement nécessaires au niveau des bâtiments et infrastructures de transport identifiés dans la mesure précédente.

- **Études sur l'évaluation des bâtis** : dès le stade des études préliminaires, les principaux bâtis sensibles susceptibles d'interagir avec le projet ont été recensés de façon à ce qu'ils soient bien intégrés dans la conception des ouvrages projetés. Il a été notamment identifié des immeubles de grande hauteur, des bâtiments dans des zones de vides anthropiques¹² ou naturels qui peuvent être construits sur des fondations profondes ou des bâtiments associés à des infrastructures souterraines (par exemple parkings sur plusieurs niveaux de sous-sols). Ce recensement s'est fait à partir de l'étude des plans de réalisation disponibles.

Ces bâtiments sont listés dans le tableau suivant et nécessitent à minima une auscultation et une surveillance du bâti pendant le passage du tunnelier et lors de la construction du viaduc.

Ces études préliminaires seront complétées en phase de maîtrise d'œuvre par une enquête de « *vulnérabilité des bâtis* » qui précisera les caractéristiques intrinsèques de chaque bâti sensible et permettra d'en déduire leur vulnérabilité aux déplacements et corrélativement les dispositifs de réalisation à déployer.

La Société du Grand Paris mènera ces études complémentaires sur l'évaluation du bâti en phase d'étude Post-DUP.

¹² Dont la formation résulte essentiellement de l'intervention de l'homme.

Liste des bâtis interceptés par le fuseau d'étude et identifiés comme potentiellement impactés (Société du Grand Paris)

En **gras** : bâtiments et ouvrages pour lesquels les impacts sont forts (les autres sont considérés comme modérés)

Secteur	Typologie bâti	Epaisseur du sol en couverture du tunnel	Mesures d'évitement et de réduction
Aéroport d'Orly	Fondations du parking P0	Selon les données actuellement disponibles, un conflit existerait au droit de la gare Aéroport d'Orly entre les fondations du Parking P0 (dont la profondeur et l'emplacement exacts restent à confirmer dans les phases ultérieures des études) et le tunnel de la L18.	Campagne d'investigation complémentaire sur les fondations du parking Analyse des impacts : si conflit confirmé, une intervention sera nécessaire : - soit démolition des parois du parking, - soit abaissement du tracé de la L18 au droit de l'ouvrage pourraient s'envisager. Cet abaissement doit être très limité afin de ne pas impacter la profondeur de la gare et par conséquent le profil en long de la L14. Traitement compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
	Bâtiments techniques de l'Aéroport d'Orly et bâtiment de jonction		Campagne d'investigation complémentaire sur les fondations des structures Analyse des impacts Traitement compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
Aéroport d'Orly	OrlyVal (viaduc) en sortie de la gare Aéroport d'Orly	Le passage de la Ligne 18 (et de la ligne 14 sud) sous le viaduc de l'OrlyVal nécessite que les tracés de ces lignes s'insèrent entre les fondations des appuis du viaduc.	Analyse des impacts Traitement compatibles avec les sols concernés, si nécessaire

Secteur	Typologie bâti	Epaisseur du sol en couverture du tunnel	Mesures d'évitement et de réduction
Wissous (entre OA06 et OA07)	Passages sous des zones urbanisées	Environ 15 m	L'impact du passage du tunnelier en-dessous des bâtiments existants devra être étudié dans les phases plus avancées du projet. Ainsi, une campagne d'investigation sur l'état et les caractéristiques des bâtiments potentiellement affectés (dans la zone d'influence du tunnel) par le creusement du tunnel devra être menée, aussi bien qu'une analyse détaillée des effets induits. Des mesures de protection des bâtiments ou des traitements de sol devront donc être envisagées au cas par cas.
A6 (avant la gare Antonympôle)	Appui des ouvrages d'art de franchissement de l'A6		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
Massy	Présence de bâtiments de moyenne et grande hauteurs à la fin de ce tronçon et aux alentours de la gare Massy-Palaiseau	Varie entre 15 et 25 m	Des procédés de construction adaptés ainsi que des interventions adéquates devront être envisagés si nécessaire, suite à une analyse plus détaillée des effets induits en surface par l'avancement du tunnelier de la L18
D120 avenue de l'Europe et avenue du maréchal de Lattre de Tassigny entre Massy Opéra et Massy-Palaiseau	Ouvrage d'art SNCF de franchissement de la D120		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
RER C Massy	Ouvrage d'art RER C franchissant la rue de la division Leclerc		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
A126 en sortie de la gare Massy-Palaiseau	Ouvrages d'art de l'A126		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
Gare Massy-Palaiseau	Piles et fondations supports nouvelle passerelle de franchissement des voies ferrées sur le site de la gare Massy-Palaiseau		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire

Secteur	Typologie bâti	Epaisseur du sol en couverture du tunnel	Mesures d'évitement et de réduction
Gare Massy-Palaiseau	Piles et fondations supports de l'ancienne passerelle de franchissement des voies ferrées sur le site de la gare Massy-Palaiseau		Analyse des impacts sur les infrastructures suite au passage du tunnelier Traitements compatibles avec les sols concernés, si nécessaire
Palaiseau	Passages sous des zones urbanisées	Varie entre 12 et 33 m	Des procédés de construction adaptés ainsi que des interventions adéquates devront être envisagés si nécessaire, suite à une analyse plus détaillée des effets induits en surface par l'avancement du tunnelier de la L18
Voisins-le-Bretonneux	Passages sous des zones urbanisées	10 à 44 m	Des procédés de construction adaptés ainsi que des interventions adéquates devront être envisagés si nécessaire, suite à une analyse plus détaillée des effets induits en surface par l'avancement du tunnelier de la L18
Versailles	Passages sous des zones urbanisées	10 à 44 m	Des procédés de construction adaptés ainsi que des interventions adéquates devront être envisagés si nécessaire, suite à une analyse plus détaillée des effets induits en surface par l'avancement du tunnelier de la L18

- Sur le fuseau élargi du projet, un nivellement topographique de précision de quelques points et des bâtis identifiés est conduit à intervalle régulier. De plus, les bâtis sensibles sont aussi suivis par le biais de tiltmètres ou d'électronivelles et, dans le cas où le bâti est fissuré, des fissuromètres permettent de suivre l'état de la fissuration.
- Dans la zone d'influence du tunnel, des sections de nivellement sont mises en place perpendiculairement au tracé et à intervalle régulier. Ces points topographiques sont relevés régulièrement sur l'ensemble du tracé et des mesures renforcées sont effectuées en amont et en aval de la roue de coupe lors du passage du tunnelier.
- À l'approche des points de passage particuliers, des sections de mesures renforcées seront mises en place. Ces sections couplent un nivellement de précision avec des tassomètres multiples et des inclinomètres. Les données sont automatiquement acquises et traitées, ce qui permet d'analyser les conséquences du passage du tunnelier et d'adapter au mieux les paramètres de creusement pour le passage des ouvrages sensibles.
- Pour les points durs, pour lesquels un contrôle renforcé et continu est nécessaire, un contrôle topographique continu (3D Monitoring) doit être mis en place. Il s'agit d'un nivellement de précision automatique, intégrant l'acquisition et le traitement des données en plus d'un système d'alerte automatique. Ce contrôle permet une grande réactivité en cas de franchissement des seuils d'alerte.

Cette dernière mesure permettra d'éviter les interactions non voulues (car déviation du tracé initial) entre le projet et les réseaux, infrastructures et fondations non identifiées au stade de la présente étude d'impact.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement Les effets résiduels non acceptables donneront lieu à une indemnisation soit sous forme financière directement, soit par le paiement de travaux permettant une réparation définitive, soit sous forme de relogement (habitation, locaux divers, remplacement de réseau).

MESURES DE SUIVI

- **Suivi des mouvements de terrain** : Les mouvements de terrain engendrés par la construction d'un ouvrage sont mesurables par des méthodes d'auscultation en surface et en profondeur, ce qui permet d'évaluer les conséquences du creusement. Les méthodes d'auscultation peuvent être adaptées en fonction de la sensibilité d'une zone, elle-même déterminée en fonction de la sensibilité des avoisinants vis-à-vis des mouvements de terrain. Le suivi des tassements du terrain au cours du creusement permet à la fois de connaître les conséquences du creusement et d'adapter les paramètres de creusement pour maîtriser au mieux les impacts sur les avoisinants.
- Dans le cadre de la Ligne 18, le suivi des auscultations suivant quatre types de zones et méthodes pourraient être préconisés :

- **Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés** : durant les différentes phases de construction de l'infrastructure, les entreprises de Maitrise d'œuvre assisteront la Société du Grand Paris.

6.3.6. Synthèse des impacts et mesures concernant les réseaux et les infrastructures souterraines

Type d'ouvrage	Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Réseau gaz	<u>Viaduc</u> : à l'est et au sud du Christ de Saclay : présence d'un gazoduc le long de la RN306 jusqu'à l'intersection du Christ de Saclay.	Phase chantier : Dévoiement de réseaux	Phase études : Adaptation du tracé	Phase chantier : Dévoiement de réseaux si mesures de protection non suffisante	Phase chantier : Des mesures seront prises afin d'assurer la continuité de service pendant les travaux de dévoiement	/	Phase étude : intégré au coût des études de conception Phase chantier : intégré au coût du chantier
	<u>Viaduc</u> : à l'ouest du Christ de Saclay un gazoduc longe la RD36 et donc le tracé du viaduc sur 500 m.						
<u>Gare Satory</u>							
Réseau électrique souterrain	<u>Viaduc</u> : au niveau du Golf national de Saint-Quentin, proximité immédiate sur 700m d'une ligne à HT qui sera décalée le long de la paroi moulée-de la trémie						
Tous réseaux enterrés	Voir tableau en page 356	Phase chantier : Détérioration ou rupture de réseaux non dévoyés Réseau électrique : atteintes des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants	Phase études : Consultation des gestionnaires de réseaux afin de localiser les réseaux et déterminer des solutions Ajustement du profil en long de l'infrastructure Phase chantier : Travaux de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Phase études et chantier : Relevé préalable du réseau et réalisation de reconnaissances préliminaires aux travaux (aqueduc des Mineurs, drains agricoles) Respect des distances d'isolement définies dans les servitudes	Phase chantier Atteinte au réseau malgré les mesures prises	Phase chantier Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement Réparation / remplacement du réseau	Phase chantier Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Suivi du réseau de drainage agricole et mise à jour des plans associés	Phase étude : intégré au coût des études de conception Phase chantier : Reconnaissance, travaux de confortement : intégré au coût du chantier Indemnisation, réparation/remplacement : non défini Suivi des mouvements de terrain : à définir en phase d'études post-DUP Autres mesures de suivi : intégré au coût du chantier

Type d'ouvrage	Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Transport aérien d'électricité	<u>Tunnel</u> : passage à distance (100m à l'est de la gare d'Antony-pôle) de la ligne Chevilly-Villejust 1 et 2	<u>Phase chantier</u> : Atteinte des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants	<u>Phase études</u> Ajustement du profil en long de l'infrastructure Concertation avec RTE Respect des distances d'isolement réglementaires (choix du matériel de chantier...) <u>Phase chantier</u> Mis en place des protections nécessaires au niveau des pylônes	<u>Phase chantier</u> : Atteintes des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants malgré les mesures prises	Néant	<u>Phase chantier</u> : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	<u>Phase étude</u> : intégré au coût des études de conception <u>Phase chantier</u> : intégré au coût du chantier
	<u>Tunnel</u> : croisement de la ligne Chevilly-Villejust 3 et 4						
	<u>Tunnel</u> : passage à distance (200 m à l'est de l'OA12) de la ligne Chatillon Villejust 1-2 ; Harcourt Villejust 1-2 ; Moulineaux Villejust 1-2						
	<u>OA12 et tunnel</u> : croisement de la ligne Villejust-Villeras						
	<u>Viaduc</u> : la ligne HTA Elancourt-Saint-Aubin longe le viaduc <u>Viaduc</u> : la ligne HTA Saint-Aubin-Villejust-Montjay longe puis traverse le viaduc à la hauteur du quartier Bel-air de Villiers-le-Bâcle						
Tunnels	<u>Gare Aéroport d'Orly</u> : interfaces avec le projet de la L14 dans la zone de l'aéroport d'Orly		<u>Phases études et chantier</u> : Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Utilisation d'un tunnelier				
	<u>Gare Aéroport d'Orly</u> : interférence avec le tunnel et le viaduc Orlyval						
Fondations et niveaux de sous-sols	<u>Gare aéroport d'Orly</u> : conflit avec les fondations du parking P0 de l'aéroport Conflit d'emprise avec les bâtiments techniques et bâtiment de jonction	<u>Phase chantier</u> : Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments	Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Études complémentaires sur la vulnérabilité des bâtis	<u>Phase chantier</u> : Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments malgré les mesures prises	<u>Phase chantier</u> : Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement	<u>Phase chantier</u> : Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	<u>Phase étude</u> : intégré au coût des études de conception <u>Phase chantier</u> : Utilisation tunnelier : intégré au coût du chantier Etudes géotechniques et études complémentaires : à définir en phase d'études post-DUP Indemnisation/relogement : non défini Suivi des mouvements de terrain : à définir en phase d'études post-DUP Autres mesures de suivi : intégré au coût du chantier
	<u>Tunnel</u> : passage sous des zones urbanisées de Wissous (entre l'OA06 et l'OA07), passage sous des zones urbanisées de Massy (avec présence de bâtiments de moyennes et grandes hauteurs), passage sous des zones urbanisées de Palaiseau						
	<u>Tunnel</u> : Appui des ouvrages d'art de franchissement de l'A6						
	<u>Tunnel</u> : croisement avec l'ouvrage d'art SNCF de franchissement de la D120						
	<u>Tunnel</u> : ouvrage d'art RER C franchissant la rue de la division Leclerc à Massy						
	<u>Gare Massy-Palaiseau</u> : croisement avec les piles et fondations supports nouvelle et ancienne passerelle de franchissement des voies ferrées						
	<u>Tunnel</u> : croisement avec les ouvrages d'art de l'A126						
	<u>Tunnel</u> : passage sous des zones urbanisées de Voisins-le-Bretonneux, passages sous des zones urbanisées de Versailles						

Légende : Impact résiduel nul/négligeable | Impact résiduel faible | Impact résiduel modéré | Impact résiduel fort | Impact résiduel positif

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement – sites concernés par les interactions avec les réseaux enterrés

Type de réseau	Sites
Gaz naturel	<u>Puits d'entrée de tunnelier (OA08)</u> : 1 canalisation GRT Gaz recoupe l'infrastructure au niveau du puits
	<u>OA13</u> : une canalisation GRT Gaz s'arrête à environ 12 m au sud-ouest de l'OA13.
	<u>Tunnel</u> entre l'OA13 et l'OA14: une canalisation GRT Gaz croise le tunnel au niveau du chemin de Vauhallaan.
	<u>Tunnel</u> : au nord-est de l'OA18 : une canalisation GRT Gaz intercepte le tunnel au niveau de l'avenue Léon Blum (RD91) (côté parking du Technocentre de Renault).
	<u>Tunnel</u> : à 300m au nord-est de l'OA19: Une canalisation GRT Gaz intercepte le tunnel.
	<u>Tunnel</u> : Une canalisation GRT Gaz se situe au niveau de la rue des Docks, sur le camp de Satory.
Hydrocarbures liquides	<u>Tunnel, gare l'Aéroport d'Orly, OA1</u> : des canalisations de transport de pétrole de la SMCA quadrillent l'aéroport d'Orly
	<u>OA1</u> : pipeline Gargenville-Coignières-Orly (diam 508 mm) à environ 300 m au sud
Réseaux de chaleur	<u>Tunnel</u> : le réseau de la centrale de chaleur SOCOMIN du MIN de Rungis jouxte le tracé de la Ligne 18 au nord de la gare 15 m sous le TN.
	<u>Tunnel</u> : plusieurs interactions avec le réseau de chaleur de Massy et Antony (ENORIS). Le réseau de chaleur urbain longe le tracé de la ligne quelques centaines de mètres de part et d'autre de la gare Massy Opéra : <ul style="list-style-type: none"> - entre l'OA10 et l'OA11, - à l'est de l'OA9, le réseau longe le tracé de la ligne, passe à travers la <u>gare Massy Opéra</u>, avenue du Noyer Lambert puis intersection avec l'allée de Biarritz et l'avenue de la République.
	<u>Tunnel</u> au niveau du camp de Satory et sur Versailles : le réseau de chaleur VERSEO intercepte la L18 <u>Gare Satory</u> : proximité immédiate avec le réseau <u>OA22</u>

Type de réseau	Sites
Collecteur d'assainissement	<u>Gare Massy-opéra</u> : interception de canalisations d'assainissement (D500 et D600)
Aqueducs eau potable	<u>Tunnel sur l'aéroport d'Orly</u> : aqueduc de la Vanne, du Loing et du Lunain proche du tunnel.
Autres aqueducs	<u>Tunnel entre OA2 et OA3</u> : distance importante avec l'aqueduc de Rungis
	<u>Viaduc</u> à 600m à l'ouest de la gare CEA Saint-Aubin : croisement avec l'aqueduc souterrain des mineurs
Canalisations d'eau potable	<u>Le viaduc</u> passe à proximité immédiate du château d'eau du CEA en bordure de la N118
Electrique haute tension	<u>Viaduc</u> : le quartier de Polytechnique comporte une ligne HT venant de l'ouest, présente dans l'axe de l'avenue Augustin Fresnel et rejoint le poste de livraison situé au nord-est, au niveau de la centrale thermoélectrique. De plus, une galerie technique orientée nord-ouest – sud-est, d'environ 2 m de large et comportant plusieurs réseaux est présente à l'est de la centrale thermoélectrique.
	<u>Viaduc</u> : à proximité de Châteaufort (lieu-dit la Grange à Châteaufort), un pylône aérosouterrain jouxte le tracé de la future Ligne 18. Au niveau de ce pylône, la ligne RTE HTA 225 kV Elancourt - Saint-Aubin passe en souterrain jusqu'au poste électrique de Mérantais à l'ouest de l'OA15
	<u>Gare Satory</u> : ligne souterraine HT 225 kV croise perpendiculairement le tunnel
	<u>Tunnel</u> : A proximité de la gare Versailles Chantiers, passent 2 lignes souterraines au sud de l'OA 23 et à l'est de l'extrémité de la Ligne 18 (à proximité de l'OA 24).

6.4. Bâtiments et installations particuliers ou sensibles

6.4.1. Rappel des enjeux

Cette partie traite des principaux bâtiments et installations nécessitant une attention particulière en fonction de leur fonction stratégique ou de leur activité. Sont pris en compte à ce titre :

- Les établissements recevant du public sensibles de type activités de soins, enseignement ;
- Les châteaux d'eau ;
- Les postes de transformation électrique ;
- Les installations industrielles et de recherche ;
- Les aéroports.

6.4.2. Impacts et mesures en phase chantier

Les impacts de la Ligne 18 en phase chantier sur ces bâtiments et installations présents à proximité du tracé sont de plusieurs ordres :

- organisationnel : le chantier de construction de la Ligne 18 peut perturber le fonctionnement normal d'un site en générant des nuisances (bruits, poussières, accès restreints et déviés, coupure de réseaux, etc.),
- structurel : atteinte aux installations entraînant une interruption de la continuité de service.

Les impacts spécifiques liés le cas échéant à la présence de fondations profondes ou de sous-sols sont traités au chapitre précédent.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- Adaptation du tracé de façon à passer à l'écart des bâtiments et installations sensibles ;
- Organisation des travaux en concertation avec les exploitants ;
- Utilisation de matériels compatibles avec les contraintes spécifiques ;
- Méthode constructive : pour l'OA 1 et l'OA 2, une pré-fouille pourra être réalisée avant de procéder au creusement de l'ouvrage, pour éviter qu'avec la hauteur de la machine on dépasse la limite imposée par les servitudes aéronautiques.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

- Nécessité de déplacements d'ouvrages ; indemnités éventuelles associées ;
- Contraintes de fonctionnement, nuisances (bruit, poussières...) ; les mesures compensatoires seront définies au cas par cas (arrosage pour limiter les envols de poussières, périodes pour les travaux très bruyants ...).

MESURES DE SUIVI

- Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés ;
- Mesures de bruit...

6.4.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Les impacts de la Ligne 18 en phase d'exploitation sur ces bâtiments et installations sont principalement liés à la propagation de vibrations et de champs électromagnétiques (cf. chapitres dédiés).

6.4.4. Synthèse des impacts et mesures concernant les bâtiments et installations particuliers ou sensibles

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Tunnel et OA 1 au niveau de l'aéroport Paris-Orly Des servitudes aériennes contraignent les travaux et l'activité sur le site.	Phase chantier : Interactions avec les servitudes aéronautiques Contraintes de fonctionnement, nuisances	Phase chantier : Phasage travaux adapté pour respecter les contraintes sur la hauteur maximale + Implantation dans le parking. Une pré-fouille peut-être réalisée avant de procéder au creusement de l'ouvrage, pour éviter qu'avec la hauteur de la machine on dépasse la limite imposée par les servitudes aéronautiques.	Phase chantier : Contraintes de fonctionnement, nuisances	Phase chantier : Mesures à définir au cas par cas	Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	Intégré au coût du chantier
Gare Massy Opéra : hôpital Jacques Cartier est situé à proximité immédiate de la gare Quartier polytechnique : nombreux laboratoires et centres de recherche	Phase chantier : Contraintes de fonctionnement, nuisances Phase exploitation : vibrations, ondes électromagnétiques : voir chapitres spécifiques à ces thématiques	Phase études : Ajustement du profil en long de l'infrastructure (polytechnique) Phase chantier : Les travaux de la L18 seront planifiés en concertation avec les exploitants des sites.			Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Mesures de bruit...	
Château d'eau du CEA le long de la N118, à proximité immédiate du viaduc 	Phase chantier : Détérioration affectant la fonctionnalité ou la durabilité du château d'eau	Phase études : Le positionnement des appuis du viaduc sera adapté Phase chantier : En cas de conflit trop important avec l'implantation du viaduc, le déplacement du château d'eau sera envisagé en concertation avec l'exploitant.	Phase chantier : Détérioration affectant la fonctionnalité ou la durabilité du château d'eau	Phase chantier : Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au déplacement	Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	Phase étude : Intégré au coût des études de conception Phase chantier : Déplacement château d'eau : à définir dans les phases d'études post-DUP Indemnisation : non défini Suivi : Intégré au coût du chantier
Transformateur électrique au nord-ouest du CEA proche du viaduc	Phase chantier : Interactions avec les servitudes				Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	
Technocentre de Renault à proximité du tracé (tunnel)	Phase exploitation : vibrations, ondes électromagnétiques : voir chapitres spécifiques à ces thématiques	Phase chantier : Les travaux de la L18 seront planifiés en concertation avec les exploitants des sites.			Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés	Phase chantier : Intégré au coût du chantier
Clinique des franciscaines située à proximité immédiate de la gare Versailles Chantiers	Phase chantier : Contraintes de fonctionnement, nuisances Phase exploitation : vibrations, ondes électromagnétiques : voir chapitres spécifiques à ces thématiques				Phase chantier : Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Mesures de bruit...	

Légende : Impact résiduel nul/négligeable Impact résiduel faible impact résiduel modéré Impact résiduel fort Impact résiduel positif

6.5. Risques technologiques

Cette partie s'attache à décrire les contraintes générées sur la Ligne 18 par les installations industrielles dites « à risques » en phase chantier et en phase d'exploitation et, inversement de la Ligne 18 sur ces installations industrielles.

6.5.1. Rappel des enjeux

Les risques technologiques résultent de l'activité économique actuelle. Ils se matérialisent potentiellement par divers phénomènes dangereux tels que les incendies, les explosions, les émissions de substances chimiques, les radiations, et tout autre phénomène modifiant les propriétés physico-chimiques de l'environnement.

Les **risques industriels** sont pour l'essentiel associés aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et aux Installations Nucléaires de Base (INB).

Les risques associés aux ICPE soumises à déclaration ou à enregistrement sont considérés comme contenues dans les limites physiques de l'installation.

Les ICPE soumises à autorisation présentent un périmètre de risque limité (en général contenu dans les limites physiques de l'installation). Ainsi, les installations ICPE présentant de réelles contraintes sont celles situées à proximité immédiate du tracé (soit à une distance inférieure à 50 m).

Les installations SEVESO seuil haut, quant à elles, présentent des périmètres de vigilance plus larges (les effets dangereux sont ressentis à des distances plus importantes, en dehors du périmètre du site exploité), qui varient selon les caractéristiques de l'installation.

Plusieurs Installations classées pour l'environnement ont été identifiées au sein du fuseau d'étude (cf. pièce G.1). Les sites SEVESO seuil haut et bas représentent un enjeu faible compte tenu de leur localisation par rapport à la zone de passage préférentiel de la ligne. Le fuseau d'étude n'est concerné par aucune zone de dangers associée au PPRT d'une installation SEVESO seuil haut.

La Ligne 18 se caractérise par la présence de deux **installations nucléaires** sur le Plateau de Saclay : le plus important est le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) de Saclay, localisé sur les communes de Saclay, Villiers-le-Bâcle et Saint-Aubin et l'installation Cisbio International qui jouxte le CEA sur la commune de Saclay. La zone de passage préférentiel traverse la zone de danger du réacteur Osiris.

Le tracé de la Ligne 18 est par ailleurs concerné par les **risques pyrotechniques** en raison :

- de potentiels bombardements passés à proximité des futures gares Aéroport d'Orly et Massy-Palaiseau, qui présentent des risques élevés de découverte d'engins explosifs et des gares Saint-Quentin Est, Satory et Versailles Chantiers, qui présentent des risques moyens ;
- de la présence d'un champ de manœuvre sur le camp de Satory sur lequel une pollution pyrotechnique est avérée sur la partie Ouest.

6.5.2. Impacts et mesures en phase chantier

Au regard du projet, plusieurs typologies d'impacts sont à envisager :

- des impacts pour la sécurité du chantier en raison de la présence éventuelle d'ICPE temporaires sur les bases chantier et de l'acheminement des matériaux nécessaires au projet (exemple : centrales béton, stockage de produits chimiques...) ;
- des impacts pour la sécurité du chantier vis-à-vis de sa proximité avec les activités à risque identifiées sur le territoire ou à l'inverse, les impacts du chantier sur des installations à risques proches.
- impacts liés à la présence d'engins explosifs non explosés.
- Confrontation des activités de chantier aux servitudes aéronautiques.

Ces deux aspects sont abordés successivement dans le présent chapitre.

6.5.2.1 Risques liés aux installations des chantiers de la Ligne 18

Certains des matériels et des produits utilisés sur les bases chantier relèvent potentiellement de la nomenclature des ICPE (article R511-9 du code de l'environnement). La liste complète des matériels¹³ et produits qui seront effectivement utilisés n'est pas définie à ce jour et dépendant de la maîtrise d'œuvre et des entreprises qui interviendront sur les chantiers.

Quelle que soit cette liste, la réglementation relative aux ICPE sera appliquée aux bases chantier recevant des matériels et produits à risques.

Par ailleurs, indépendamment de la présence ou non d'ICPE sur les bases chantiers, celles-ci sont susceptibles de comporter des stockages de liquides polluants.

L'impact résultant de la présence d'ICPE sur les bases chantier sera donc pris en compte spécifiquement.

Il n'est pas quantifiable précisément au stade des études préliminaires.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Élaboration des dossiers réglementaires ICPE nécessaires pour les travaux de la Ligne 18** : ces éléments sont prévus dans le cadre des phases ultérieures du projet (post DUP) afin d'assurer un niveau de détail plus approfondi sur le besoin des chantiers ;
- **Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation** : les matériels et produits utilisés sur les bases chantier et relevant de la nomenclature des ICPE seront exploités dans le respect des prescriptions réglementaires données dans les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation ;
- **Stockage sur rétention des liquides polluants** ;
- **Moyens anti-pollution et de lutte incendie** ;

¹³ Le matériel de construction permet la mise en œuvre d'un ouvrage (marteau piqueur, bétonneuse,...), à différencier du matériau de construction qui est partie prenante d'un ouvrage (béton, brique, parpaing...)

- **Information et formation du personnel concernant les risques sur site** : sur le même principe que les procédures de gestion de crise établies en cas d'inondation, les entreprises de travaux établiront des procédures de gestion de crise en cas d'accident et formeront leurs agents.

Le personnel intervenant sur site sera formé :

- o A la prise en compte du risque existant dans les travaux quotidiens ;
- o A la mise en œuvre de procédure d'urgence en cas de crise avérée.

Dans le cadre de la réalisation des travaux dans la zone de danger du CEA et à proximité, le personnel intervenant sur le chantier sera formé spécifiquement à la gestion de crise liée aux activités nucléaires.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

La survenance d'un incident sur une installation de chantier ne peut être exclue. En cas de pollution de terres, celles-ci seront excavées et traitées si besoin.

MESURES DE SUIVI

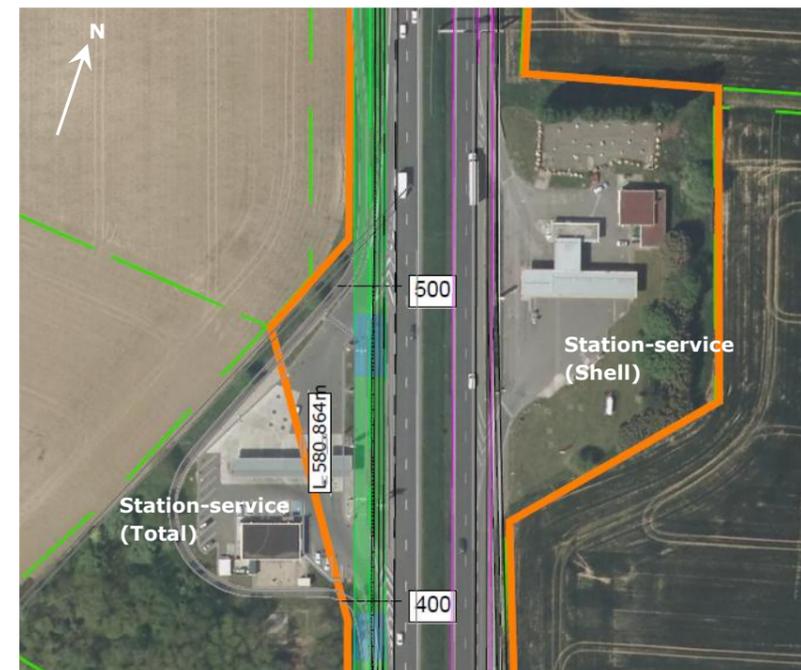
- **Entretien et maintenance des matériels et engins** : Les matériels et engins seront entretenus conformément aux prescriptions réglementaires données par les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation. Les contrôles périodiques réglementaires seront effectués sur les engins et installations concernés.
- **Contrôle des conditions d'exploitation** : en cas de présence d'ICPE classées « DC » (déclaration avec contrôle périodique) sur un chantier, l'entreprise exploitante fera réaliser les contrôles initiaux et périodiques prévus à l'article R.512-55 et suivants du code de l'environnement.

6.5.2.2 Risques liés aux installations extérieures aux chantiers

Deux **stations-service** dont le classement ICPE est inconnu car non recensées sur la base de données installationsclassées.gouv.fr sont présentes de part et d'autre de la RN118, approximativement à mi-chemin entre Gif-sur-Yvette et Saclay au niveau du lieu-dit « La Faverolle ».

Seule la station située à l'Ouest de la route (exploitant Total Access) est susceptible d'être impactée par les travaux. La station-service ne présente pas un risque particulier envers le chantier, en revanche le chantier peut être à l'origine d'atteinte aux installations (cuves, conduites) pouvant occasionner un accident (pollution principalement).

Cette installation sera démantelée et le site réhabilité sur le plan environnemental après sa mise à l'arrêt avant la réalisation des travaux. Des échanges ont eu lieu et seront poursuivis notamment avec la Direction des Routes Ile-de-France (DIRIF) sur ce point.



- Emprise Agricole
- Viaduc courant (25m)
- Viaduc travées spéciales

Zoom au niveau des stations-service présentes le long de la RN118 entre Gif-sur-Yvette et Saclay (Société du Grand Paris)

Les **ICPE soumises à autorisation (hors SEVESO seuil haut)** contiennent majoritairement les effets dangereux liés à leur activité au sein du périmètre physique de l'activité. Ainsi, les installations ICPE présentant de réelles contraintes sont celles situées en proximité immédiate des travaux (soit à une distance inférieure à 50 mètres).

En ce qui concerne la Ligne 18 :

- trois ICPE se situent à moins de 50 mètres du tracé de référence de la Ligne 18 :
 - o l'atelier RATP de la gare Massy situé entre l'OA11 et la gare Grand Paris Express Massy-Palaiseau, sur une portion en tunnel ; l'atelier est à environ 120 m de l'OA 11 et à environ 250 m de la gare Palaiseau ;
 - o la société SNECMA, sur une portion de ligne en tunnel entre l'OA 15 et l'OA16 ; l'OA 16 est le plus proche du site SNECMA, à environ 85 m du bâtiment de la SNECMA ;
 - o la société Citroën Racing, sur une portion de ligne en tunnel entre l'OA 21 et la gare Grand Paris Express SATORY ; l'OA 21 est en limite du site Citroën, la distance par rapport aux installations classées du site n'est pas connue.
- le tunnel de la Ligne 18 traverse le terrain militaire de Satory qui regroupe plusieurs équipements et activités ICPE classables sous les régimes de la déclaration, de l'enregistrement ou encore de l'autorisation mais qui sont non répertoriés sur le site internet www.installationsclassées.gouv.fr de par leur caractère militaire. Le ministère de la défense a indiqué la présence des installations suivantes :
 - o Centrale de production alimentaire ;
 - o Stockage B / UNIVEM (atelier de réparation ;

- o Ilot 4 / station de distribution de carburant du GSBdD et ICPE de la 12°BSMAT.

- la limite nord du CEA, qui comprend dans son périmètre plusieurs ICPE est longée sur environ 750 m par le viaduc à l'est du Christ de Saclay.

Il ressort de ces éléments que seuls l'OA 21 et éventuellement l'OA 22 sont susceptibles de se trouver à moins de 50 m d'une ICPE et qu'aucune ICPE ne s'inscrit à moins de 200 m autour d'une gare.

Aussi, en raison de la distance séparant les bases chantiers (liées aux émergences de l'infrastructure) de la Ligne 18 et les sites d'implantations des ICPE mentionnées ci-dessus, **l'impact du projet sur les activités ICPE, et inversement, est considéré comme faible à nul.**

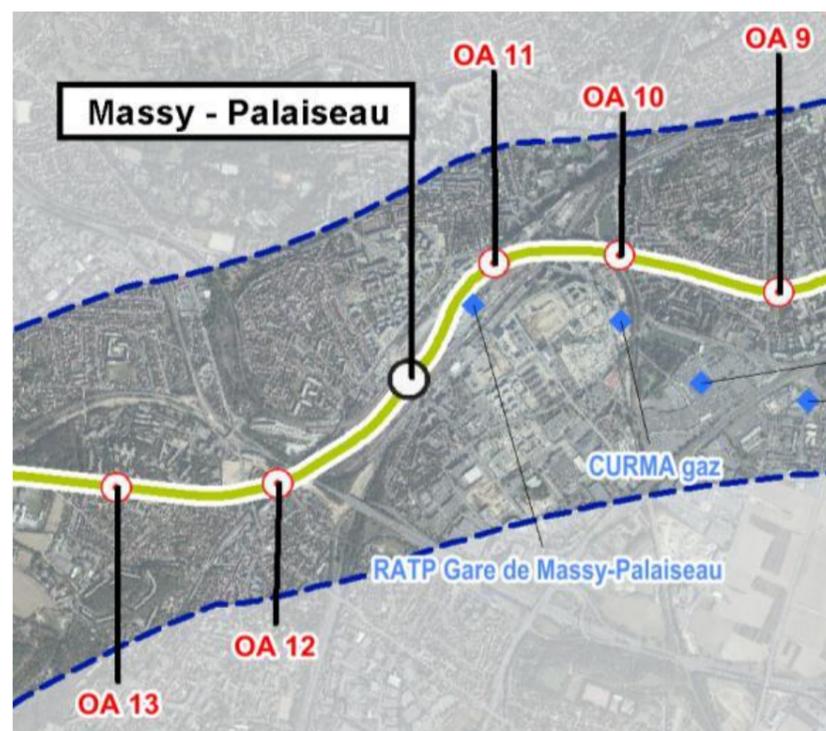


Zoom au niveau de Citroën Racing

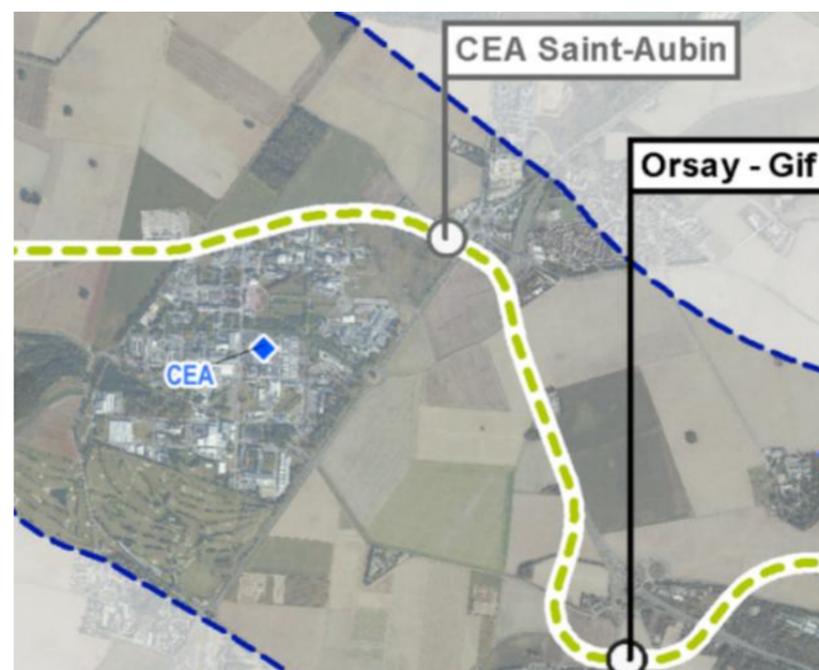
ICPE soumises à autorisation

- ◆ non SEVESO
- ▲ SEVESO seuil bas

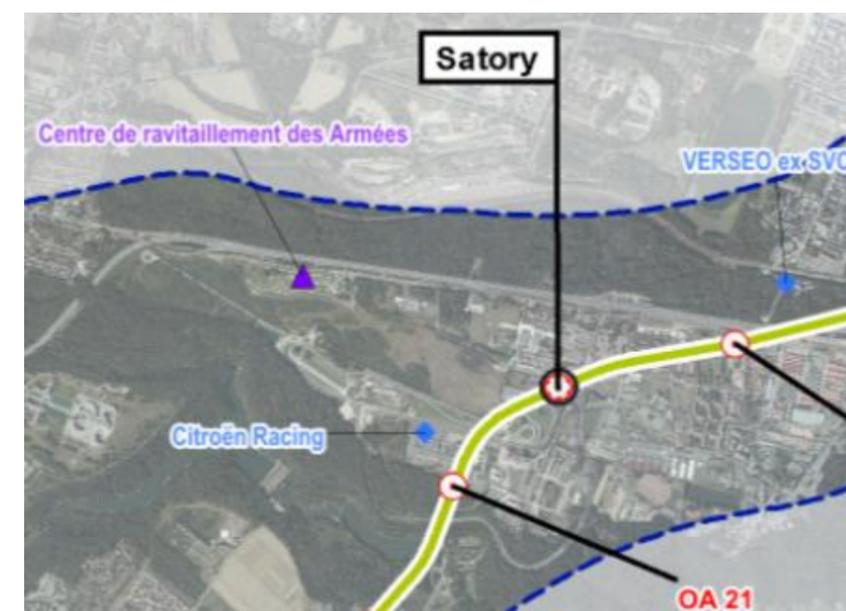
Zoom au niveau de l'atelier RATP de la gare Massy-Palaiseau



Zoom au niveau de la zone du CEA



Zoom au niveau de SNECMA



Deux établissements **SEVESO « seuil bas » civils** ainsi qu'un établissement **SEVESO « seuil bas » militaire** ont été identifiés sur les communes traversées par le tracé de référence.

Caractéristiques sommaires des sites SEVESO « seuil bas »

Exploitant	Centre de Ravitaillement des Essences (CRE) de Satory	GALION	SMCA MANUTEN CARBUR AVIATION
Activité	Dépôt d'essence enterré	Industrie chimique	Ravitaillement des avions en carburant
Commune	Versailles	Antony	Paray-Vieille-Poste
Situation	A 1 km à l'Ouest de la gare Satory	A 450m au nord de la gare d'Antony-pôle	A 500 m à l'Est de l'OA01 et à 700 m au sud-est de la gare Aéroport d'Orly
Typologie de risques	Explosion, incendie	Dispersion de fumées toxiques en cas d'incendie, pollution	Incendie, explosion, pollution
Mesures de maîtrise d'urbanisme	-	Néant	Néant

Aucun zonage des effets dangereux n'est disponible pour les sites GALION et SMCA.

Le zonage relatif aux effets de surpression du CRE, communiqué par le ministère de la défense, ne touche pas les ouvrages de la Ligne 18. Les distances d'effets thermiques sont inférieures aux distances d'effets de surpression.

Aucune installation **SEVESO « seuil haut » n'est présente à proximité du tracé de la Ligne 18 et celle-ci ne s'inscrit pas à l'intérieur d'un périmètre PPRT.**

Au vu des distances entre les sites industriels et les ouvrages de la Ligne 18, les impacts :

- **du réseau de transport sur les sites SEVESO ;**
- **des sites SEVESO sur le réseau de transport et ses ouvrages annexes ;**

apparaissent nuls.

Deux **sites nucléaires** sont présents sur le plateau de Saclay : le CEA de Saclay exploitant 8 INB et la société Cisbio International qui est implantée dans l'enceinte du CEA et qui exploite 1 INB.

Le tracé de la Ligne 18 traverse la zone de danger immédiat (rayon de 1 km) liées aux INB 40 et 29 du CEA de Saclay. La zone de danger de Cisbio est actuellement comprise dans celle de l'INB 40.

Dans le cadre des travaux de la Ligne 18, les installations de chantier ne sont *a priori* pas susceptibles de constituer une source d'agression pour les installations nucléaires. L'impact à considérer est donc l'exposition des personnels travaillant sur le chantier à un nuage radioactif en cas d'accident sur le site du CEA ou de Cisbio International. Bien que le niveau de risque d'occurrence de cet effet soit très faible, le personnel travaillant à proximité des installations du CEA sera astreint aux conseils de sécurité des personnels travaillant sur les chantiers du CEA.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Déplacement d'installations à risques** : la station-service en bordure de N118 le long du viaduc sera déplacée en accord avec la DIRIF et selon les modalités nécessaires
- **Arrêt intégral du chantier** en cas d'évènement à risque survenu à proximité d'un chantier ;
- **Intervention des services de secours** : en cas d'incident, une procédure d'intervention des services de secours sera mise en œuvre. Le Plan d'intervention des risques devra être adapté par la préfecture.

L'ensemble des éléments de conception et conditions d'exploitation du projet est soumis au Haut Fonctionnaire de Défense et Sécurité. Ses avis sont pris en compte par la Société du Grand Paris.

Les dispositions d'interventions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

La survenance d'une agression d'un chantier par une installation externe ou d'un incident sur une installation de chantier occasionnant des dommages à une installation proche ne peut être exclue.

6.5.2.3 Risque de découverte d'engins explosifs non explosés

Dans le cadre de la pollution pyrotechnique, l'impact pris en compte est le risque de découverte d'engins explosifs non explosés.

Afin d'éviter, et/ou réduire ces impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre en phase chantier.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques** au droit des ouvrages excavés depuis la surface du sol selon la méthodologie suivante :

- étape 1 : réalisation d'un état des lieux général sur le plan de la pollution pyrotechnique résiduelle à l'échelle du projet du Grand Paris Express ; cette étape a déjà été réalisée et a permis de définir les enjeux exposés ci-dessus ;
 - étape 2 : élaboration d'une étude historique de pollution pyrotechnique pour chaque gare ou tronçon pour lesquelles une source pollution pyrotechnique résiduelle aurait été mise en évidence à l'étape 1 ; cette étape a déjà été réalisée sur le camp de Satory par le ministère de la Défense et a montré la présence d'engins explosifs ;
 - étape 3 : réalisation d'opérations de sécurisation pyrotechnique pour les parcelles et les emprises dont la pollution pyrotechnique résiduelle est suspectée ;
 - étape 4 : conduite d'un diagnostic pyrotechnique, intrusif ou non, sur tout ou partie des emprises pour lesquelles le risque de pollution pyrotechnique résiduel ne peut pas être écarté.
- **Réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux.** Cette étude délimite notamment le périmètre du chantier de dépollution pyrotechnique.

EFFETS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Malgré les études préalables, la découverte fortuite d'un engin explosif dans une zone non identifiée à risque ne peut être exclue. Dans ce cas le chantier sera immédiatement arrêté et les autorités prévenues afin de procéder aux opérations qui seront nécessaires de neutralisation, d'enlèvement et destruction des engins selon les dispositions du décret du 4 mars 1976 (recherche, neutralisation, enlèvement et destruction des munitions, mines, pièges, engins et explosifs) modifié n°2005-1325 du 26 octobre 2005 relatifs aux règles de sécurité applicables travaux réalisés dans le cadre d'un chantier de dépollution pyrotechnique...

MESURES DE SUIVI

Pour le camp Satory et pour les autres zones à risques, si les risques pyrotechniques ne sont pas entièrement levés lors des phases préalables: une entreprise sera désignée pour la réalisation du chantier de dépollution pyrotechnique. Le maître d'ouvrage ou le maître d'ouvrage délégué désignera une personne physique ou morale dénommée « chargé de sécurité pyrotechnique » qui le représentera sur le chantier de dépollution pyrotechnique ;

6.5.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Les impacts en phase d'exploitation du projet s'identifient comme :

- La proximité entre la Ligne 18 et les installations à risque susceptibles d'entraîner une exposition des usages de la Ligne 18 à des risques technologiques;
- Les incidents au sein de la Ligne 18 pouvant entraîner une atteinte aux installations à risques proches.
- La prise en compte des engins explosifs non explosés.

6.5.3.1 Risque d'exposition des usagers de la Ligne 18 à des risques technologiques

L'impact direct correspond essentiellement à la présence d'activités à risques aux abords de l'infrastructure.

Il n'est pas identifié d'installation à risque située à proximité immédiate d'un ouvrage de ventilation et pouvant entraîner l'introduction dans les ouvrages souterrains de la ligne de fumées ou gaz toxiques.

- Installations ICPE hors SEVESO

Comme détaillé précédemment, aucune ICPE ne s'inscrit à moins de 200 m autour d'une gare. Le seul risque est représenté par les ICPE présentes sur le site du CEA.

Le risque est qualifié de faible au niveau du CEA à nul sur le reste du tracé.

- Installations ICPE SEVESO « seuil bas »

Tout comme pour les chantiers, l'**impact en cas d'explosion ou d'incendie (avec potentiellement des fumées toxiques) est considéré comme nul** vis-à-vis des sites GALION, SMCA Manuten Carbur Aviation et CRE de Satory, compte tenu de leur distance au projet qui s'insère en souterrain. Les effets d'un incendie ne seront pas perceptibles au niveau des ouvrages annexes au vu de la nature des ouvrages (puits de ventilation/désenfumage tunnel et d'accès secours non ouvert aux voyageurs) et de leur éloignement.

- Installations ICPE SEVESO « seuil haut »

Tout comme pour les chantiers, les installations étant très éloignées des sites SEVESO « seuil haut » et hors périmètre de PPRT, aucune interaction n'est à redouter. **Le risque est nul.**

- Installations nucléaires

Les incidents du à ce type d'installations sont rares mais peuvent avoir des conséquences importantes dans le périmètre de la zone de danger (1 km autour de Osiris). Tout comme pour les chantiers, **le risque est considéré comme faible.**

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

- **Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance** : en cas d'évènement à risque survenu sur la Ligne 18 ou sur un système de transports en commun en correspondance avec la Ligne 18, les dispositions nécessaires devront être prises afin d'éliminer tous risques d'atteinte à la santé humaine.

Le but recherché sera de fermer temporairement le système de transports de voyageurs et de procéder à un arrêt intégral si nécessaire du métro en amont ou en aval de la zone de danger.

Ces dispositions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

S'agissant plus spécifiquement de la zone du CEA, toutes les mesures de sécurité seront prises pour sécuriser la traversée, par les usagers du Réseau de Transport Public du Grand Paris, de la zone de danger immédiat associée au CEA : ainsi, des mesures d'alerte ou d'urgence seront mises en place, en cas d'incident ou de sinistre, notamment en concertation avec le CEA, les services de secours et la police (confinement ...). L'exploitation de la Ligne 18 se fera dans le respect du PPI qui fera l'objet d'une adaptation pour tenir compte du passage du métro et du fonctionnement de la gare lorsqu'elle sera mise en service, ce dernier permettant de prévenir les sinistres et de déclencher l'alerte et les secours. Il sera notamment prévu, en cas de sinistre, d'interrompre la circulation des métros. Cette interruption est techniquement rendue possible par le fait qu'il est possible, les rames étant automatiques, de les bloquer à l'intérieur de la zone définie par les autorités. De plus, une zone de confinement est prévue dans la gare du CEA avec un système de ventilation spécifique ainsi que du personnel formé en permanence, présence de pilules d'iode et une réglementation spéciale pour cette gare en fonction de l'identification du danger après réduction de la zone de danger autorisant la construction de la gare.

- **Intervention des services de secours** : En cas d'incident, une procédure d'intervention des services de secours sera mise en œuvre.

Les dispositions d'interventions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet

6.5.3.2 Risque d'agression d'une installation à risque par la Ligne 18

L'étude d'impact DUP n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 18. Des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet permettront de définir l'ensemble des protocoles et procédures nécessaires au maintien de la sécurité des usagers et intervenants en phase d'exploitation. Ce point ne sera donc pas développé, nous nous limiterons aux points suivants.

Les installations techniques fixes des ouvrages de la Ligne ne présentent pas de risques particuliers.

Le risque est essentiellement représenté par un déraillement d'une rame entraînant une collision avec une installation industrielle ; ce risque n'est présent que sur la partie aérienne de la Ligne.

Ce risque est globalement très faible à nul au vu des distances entre le tracé et les installations.

Une étude balistique a été menée avec le CEA, étude qui a conclu à l'absence de risque de déraillement sur une installation sensible du CEA.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Concernant les installations nucléaires, un dossier a été remis au CEA et à Cisbio International ; il détaille toutes les thématiques encadrant les études sécurité autour des INB.

MESURES DE SUIVI

Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents : Les mesures de suivi dans le temps du risque correspondent à l'entretien et la révision des engins de chantiers par un personnel qualifié. Cette mesure permettra de réduire au possible les incidents des machines.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

La survenance d'une agression d'un ouvrage de la Ligne 18 par une installation externe ou d'un incident sur la Ligne 18 occasionnant des dommages à une installation proche ne peut être exclue.

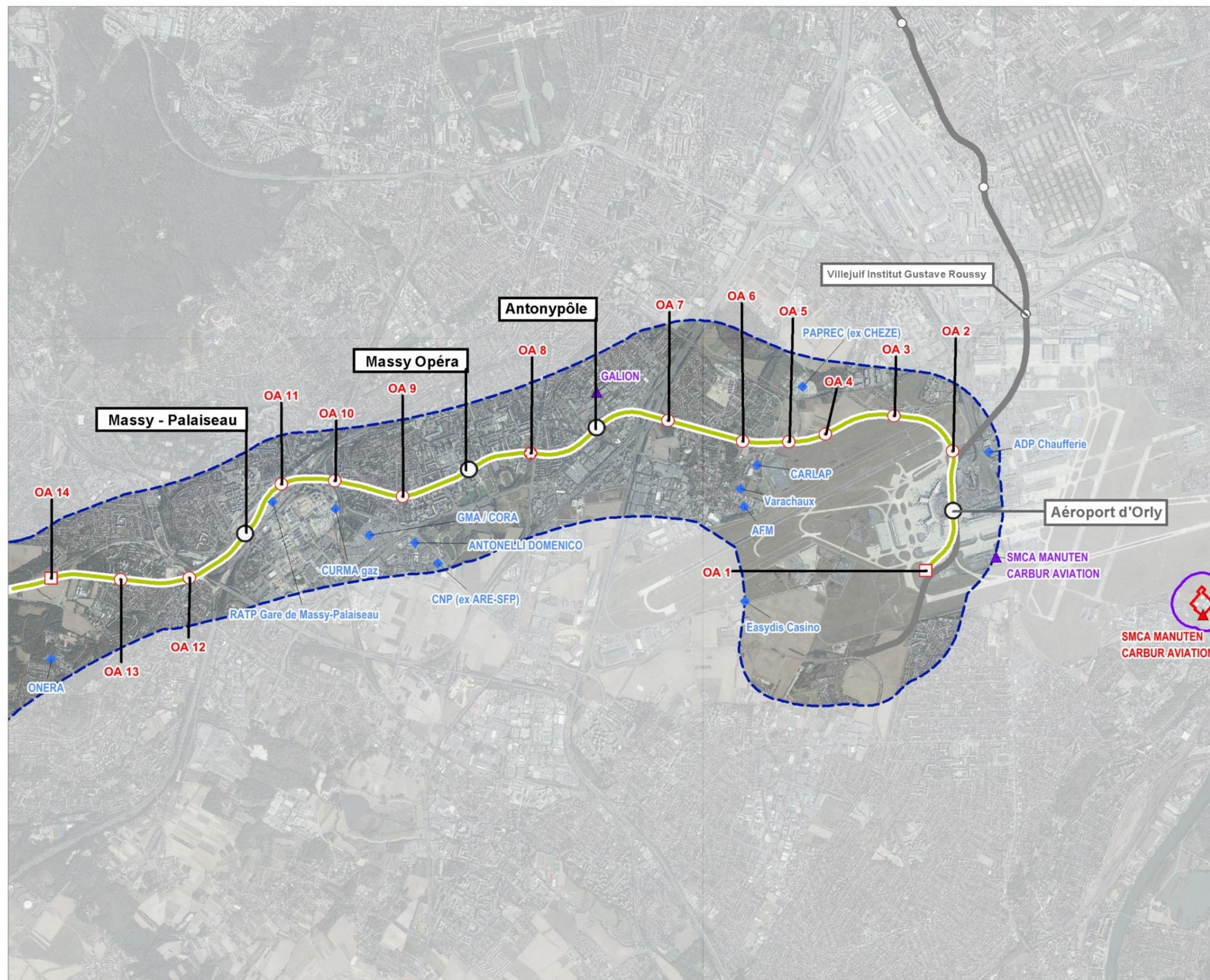
Des mesures de sécurité spécifiques seront mises en place avec le CEA sur la base des directives du haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité.

Les mesures de compensation seront à définir au cas par cas si nécessaire.

6.5.3.3 Risques pyrotechniques

Aucun impact n'est à redouter en phase exploitation, aucune mesure d'évitement, de réduction, de compensation ou de suivi n'est donc à mettre en œuvre.

Localisations des risques technologiques vis-à-vis du projet de la Ligne 18 – Section Orly-Palaiseau



Grand Paris Express
Ligne 18 entre Aéroport d'Orly et Versailles Chantiers

- Section souterraine
- Section aérienne en viaduc
- Gare de la Ligne 18
- Gare hors périmètre d'enquête
- Ouvrage annexe (OA)
- Puits d'entrée de tunnelier (gare ou ouvrage annexe après travaux)
- Puits de sortie de tunnelier (ouvrage annexe après travaux)
- Site de maintenance
- Ligne 14 Sud
- Fuseau d'étude

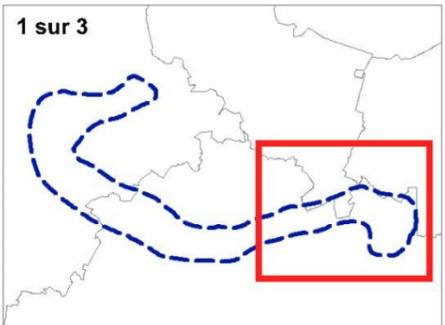
ICPE soumises à autorisation

- ◆ non SEVESO
- ▲ SEVESO seuil haut
- ▲ SEVESO seuil bas

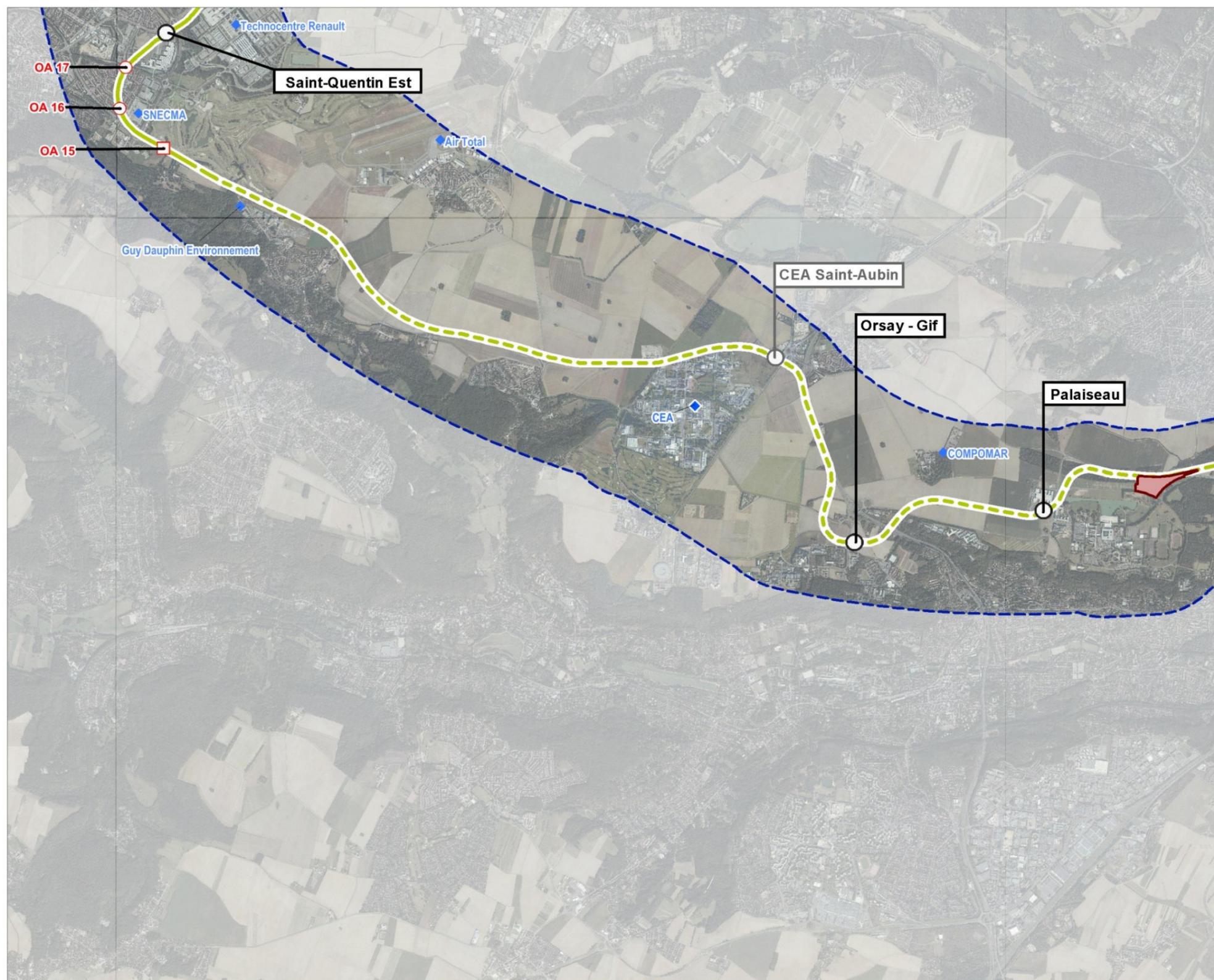
Plan de prévention des risques technologiques

- Limite de site SEVESO
- Périmètre d'étude PPRT

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, Orthophoto®
 Cartographie: BURGEAP / Biotopie, 2015



Localisations des risques technologiques vis-à-vis du projet de la Ligne 18 – Section Palaiseau – Magny-les-Hameaux



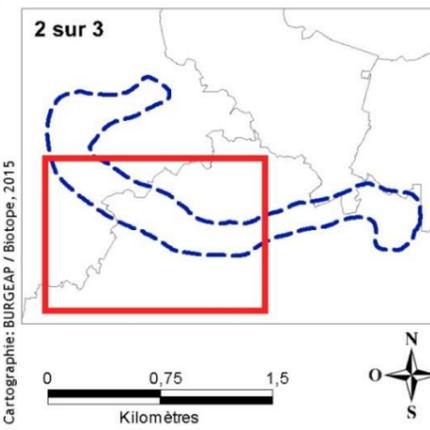
Grand Paris Express
Ligne 18 entre Aéroport d'Orly et Versailles Chantiers

- Section souterraine
- - - Section aérienne en viaduc
- Gare de la Ligne 18
- Gare hors périmètre d'enquête
- Ouvrage annexe (OA)
- Puits d'entrée de tunnelier (gare ou ouvrage annexe après travaux)
- Site de maintenance
- Fuseau d'étude

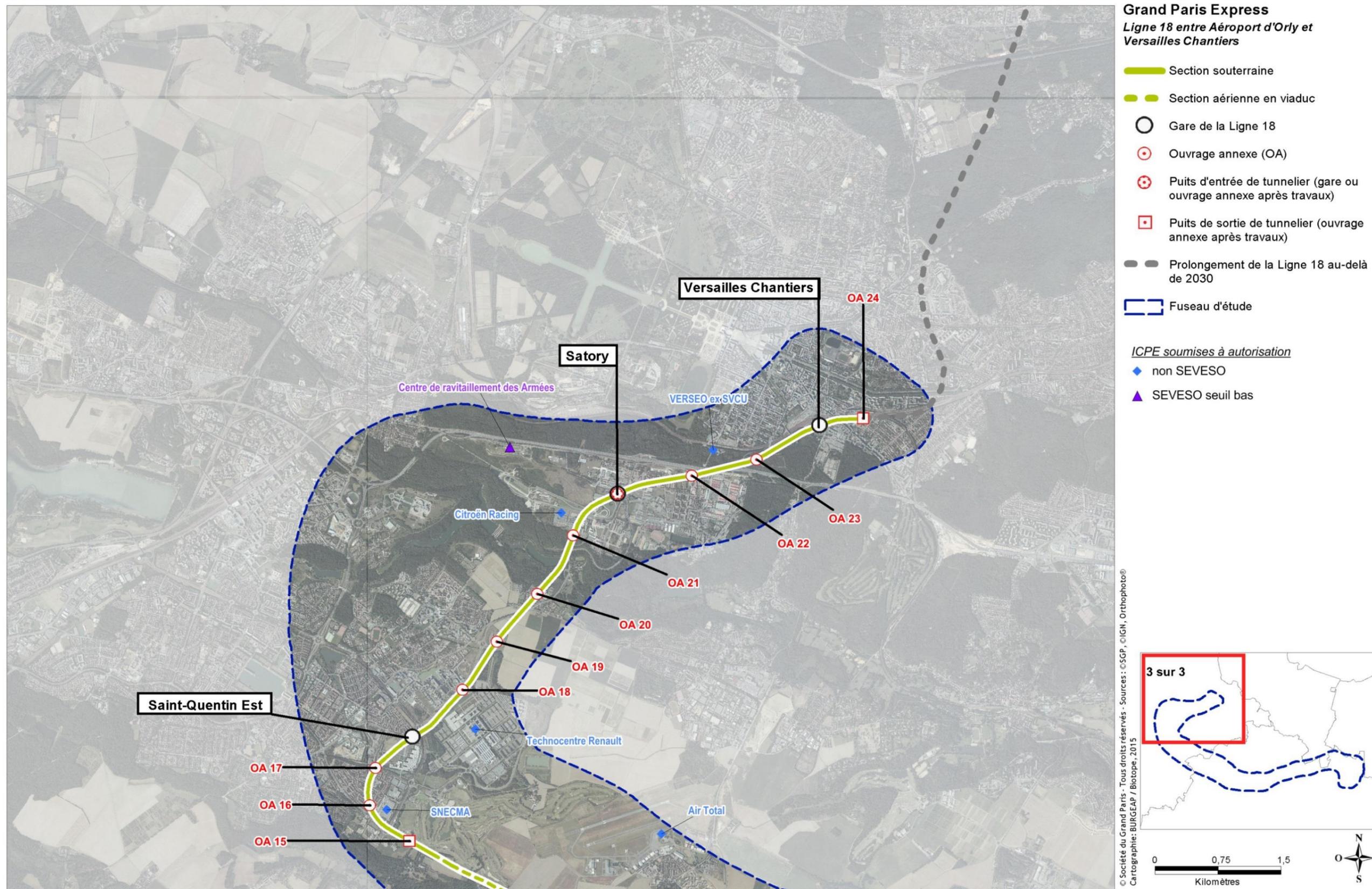
ICPE soumises à autorisation

- ◆ non SEVESO
- ◆ Site du CEA, présence de 24 ICPE soumises à autorisation (données 2013), non localisées

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, Orthophoto®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2015



Localisations des risques technologiques vis-à-vis du projet de la Ligne 18 – Section Magny-les-Hameaux - Versailles



6.5.4. Synthèse des impacts et mesures concernant les risques technologiques

Thématique	Sites concernés	Type de l'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Risques industriels	Ensemble des bases chantiers de la Ligne 18	<p>Phase chantier : Impact résultant de la présence d'ICPE sur les bases chantier type explosion, incendie, émanation toxique...)</p>	<p>Phases études et chantier : Élaboration des dossiers réglementaires ICPE nécessaires pour les travaux de la Ligne 18 Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation Information et formation du personnel concernant les risques sur site Stockage sur rétention des liquides polluants ; Moyens anti-pollution et de lutte incendie.</p>	/	/	<p>Phase chantier : Entretien et maintenance des matériels et engins Contrôle des ICPE DC par organisme agréé conformément à la réglementation</p>	<p>Phase études et chantier : Mesures d'évitement et de réduction : Conduite des études réglementaires ICPE : variable selon la nature des installations et de la procédure (autorisation, enregistrement ou déclaration) – De quelques milliers à dizaines de milliers d'euros par site Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation : intégré à la gestion du chantier – pas de coût spécifique Moyens de prévention et de protection : intégré au coût du chantier Information, formation, maintenance : intégré au coût du chantier</p> <p>Mesures de suivi : Entretien : intégré au coût du chantier Contrôle réglementaire des ICPE DC : quelques centaines d'euros par installation</p>
	<p><u>Tunnel entre l'OA11 et la gare Massy-Palaiseau et gare Massy-Palaiseau :</u> présence atelier RATP de la gare existante de Massy-Palaiseau</p> <p><u>A l'ouest du Christ de Saclay :</u> plusieurs ICPE dans l'emprise du CEA</p> <p><u>Tunnel entre OA 15 et l'OA16 :</u> présence de SNECMA</p> <p><u>OA21, Gare Satory, OA22 :</u> plusieurs équipements et activités ICPE non localisables (camp militaire)</p>	<p>Phase études et chantier : Risque d'exposition d'ouvriers à des risques industriels Impacts/risques du chantier sur le site industriel</p> <p>Phase exploitation : Accident sur un site industriel proche entraînant une exposition des usagers de la Ligne 18 à un phénomène dangereux</p> <p>Accident au niveau de la Ligne 18 entraînant une agression sur une installation à risque</p>	<p>Phase études : <u>Evaluation du danger par une étude balistique</u></p> <p>Phases chantier : Arrêt intégral du chantier en cas d'évènement à risque survenu à proximité d'un chantier</p> <p>Phases chantier et exploitation : Intervention des secours</p> <p>Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs</p>	Incident	<p>Phases chantier et exploitation : Indemnisation ... (à définir au cas par cas)</p>	<p>Phase exploitation : Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents</p>	<p>Phase études : Adaptation du tracé : intégré au coût des études de conception</p> <p>Phase exploitation : Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs : intégré à l'exploitation de la Ligne Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant : intégré à l'exploitation de la ligne</p>

Thématique	Sites concernés	Type de l'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Risques industriels	<u>Viaduc</u> le long de la RN118 au sud de Saclay : présence d'une station-service	<p>Phase chantier : En cas du maintien de la station essence, interférence entre les piles d'appuis du viaduc et les réseaux et stockages de carburant ainsi que la circulation des véhicules de la clientèle</p>	<p>Phase étude et chantier Déplacement de la station-service</p>	/	<p><u>Phase études et chantier</u> Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au déplacement de la station-service</p> <p><u>Phase d'exploitation</u> Sans objet</p>		<p>Phase études et chantier : Déplacement éventuel de la station-service : coût à définir lors des études post-DUP</p>
Risques nucléaires	<u>Le viaduc</u> est situé dans le rayon de 1 000 m de danger autour de l'INB 40 (OSIRIS)	<p>Phase chantier : Risque d'exposition d'ouvriers à des risques nucléaires Impacts/risques du chantier sur les installations nucléaires</p> <p>Phase exploitation : Risques d'exposition des usagers à des risques nucléaires Impacts/risques de la ligne sur les installations nucléaires</p>	<p>Phase études : Un dossier a été remis au CEA et à Cisbio International ; il détaille toutes les thématiques encadrant les études sécurité autour des INB</p> <p>Phase exploitation : Arrêt intégral du service en cas d'accident nucléaire, mise en œuvre des mesures d'urgence (confinement...) prévues par le PPI</p>	<p>Phase chantier et exploitation : Exposition des usagers ou des ouvriers à des risques nucléaires (effets rares)</p>	/	<p>Phase chantier : Entretien et maintenance des matériels et engins</p> <p>Phase exploitation : Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents</p>	<p>Phase études : Etudes « sécurité » : intégré au coût des études de conception</p> <p>Phase chantier : Maintenance : intégré au coût du chantier</p> <p>Phase exploitation : Perte d'exploitation suite à arrêt du service : intégré à l'exploitation de la ligne Maintenance : intégré à l'exploitation de la ligne</p>

Thématique	Sites concernés	Type de l'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Risques pyrotechniques	Gare et avant-gare Satory	Phase chantier : Découverte d'engins explosifs non explosés	Phase études et chantier : Réalisation d'un état des lieux général à l'échelle du Grand Paris Express Réalisation d'une étude historique Réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques Réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux	/	/	Phase chantier : Réalisation d'un chantier de dépollution pyrotechnique, suivi par un « chargé de sécurité pyrotechnique » missionné par le maître d'ouvrage ou le maître d'ouvrage délégué Phase exploitation : Néant	Non connu
	Gares Aéroport d'Orly, Massy-Palaiseau, Saint-Quentin Est, Versailles Chantiers	Phase exploitation : Néant	Phase exploitation : Néant	/	/	Phase études et chantier : Si les risques pyrotechniques ne sont pas entièrement levés : réalisation d'un chantier de dépollution pyrotechnique, suivi par un « chargé de sécurité pyrotechnique » missionné par le maître d'ouvrage ou le maître d'ouvrage délégué Phase exploitation : Néant	Intégré au coût des études
	Autres sites	Phase chantier : Découverte d'engins explosifs non explosés Phase exploitation : Néant	Phase études : Réalisation d'un état des lieux général à l'échelle du Grand Paris Express Phases chantier et exploitation : Néant	Découverte fortuite d'engins explosifs non explosés sur des sites non identifiés comme étant à risque	Arrêt immédiat du chantier Alerte des autorités et déminage	/	Non connu

6.6. Gestion des matériaux d'excavation

6.6.1. Rappel des enjeux liés à la gestion des déblais

Dans le cadre de la réalisation de la Ligne 18, plusieurs chantiers ponctuels seront conduits en parallèle et se traduiront par l'excavation d'une quantité importante de terre, polluées ou non. Ces terres ne pourront pas toujours être gérées sur site et devront alors être évacuées hors du chantier, selon la réglementation sur les déchets et les documents de planification en vigueur. Il s'agit de définir les conditions en matière de gestion des matériaux et des milieux souterrains garantissant la protection de la santé humaine et de l'environnement.

Les principaux enjeux à considérer pour la gestion des déblais issus de la Ligne 18 concernent :

- les volumes importants de déblais à évacuer (en particulier sur les sections en souterrain) ;
- le risque de pollution des terres à excaver.

6.6.2. La planification et la définition des orientations de gestion des matériaux excavés engagés par la Société du Grand Paris

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. Ces réflexions déclinées pour chaque ligne du GPE et pour la Ligne 18, objet de la présente étude d'impact, sont traduites dans un document spécifique, le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED). Ce document est joint en annexe de la présente étude d'impact (pièce G.4.2).

Le SDED est un document de cadrage qui définit les engagements du maître d'ouvrage et fixe les grands principes de gestion des déblais issus de la construction des lignes du Grand Paris Express. Ces principes ont été déclinés dans les études de projet par la maîtrise d'œuvre et seront traduits dans les cahiers des charges des marchés publics de travaux pour la réalisation des chantiers par l'intégration de clauses spécifiques.

La stratégie de gestion prévue et formalisée dans le SDED s'articule autour de cinq orientations principales :

- **Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré)** et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- **Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement** et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- **Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais** en limitant le stockage définitif des terres inertes notamment, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- **Développer la synergie entre les acteurs et le territoire** afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes,

notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;

- **Organiser le suivi opérationnel des chantiers** en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

Les principes de gestion des déblais à partir de chaque site de production sont affinés au fur et à mesure des étapes du projet. En phase de maîtrise d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est adjoint les conseils d'un assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé en logistique et en gestion des déblais, afin d'aller plus loin dans la démarche de planification et pour concevoir des scénarios de gestion adaptés aux territoires d'implantation des projets.

Ce travail engagé s'articule autour de quatre axes principaux :

- La maîtrise du contexte réglementaire de la gestion des terres excavées, et notamment de ces évolutions ;
- La définition plus fine des caractéristiques physico-chimiques des déblais, d'une part pour préciser site par site les quantités de déblais non inertes et d'autre part pour estimer les possibilités de valorisation et de réemploi en matériaux de construction. La méthodologie mise en œuvre est détaillée dans la suite du chapitre ;
- La structuration de la gestion des terres afin de maîtriser et développer les filières (recyclage, traitement, valorisation, stockage, transport) à des échelles adaptées au projet du Grand Paris Express et maîtriser la traçabilité ;
- L'implication du maître d'ouvrage dans l'élaboration des marchés de travaux pour ne pas laisser l'entière planification de la gestion aux entreprises.

L'application de ces principes et objectifs pour la Ligne 18 est détaillée dans les paragraphes ci-dessous.

6.6.3. Impacts et mesures en phase chantier

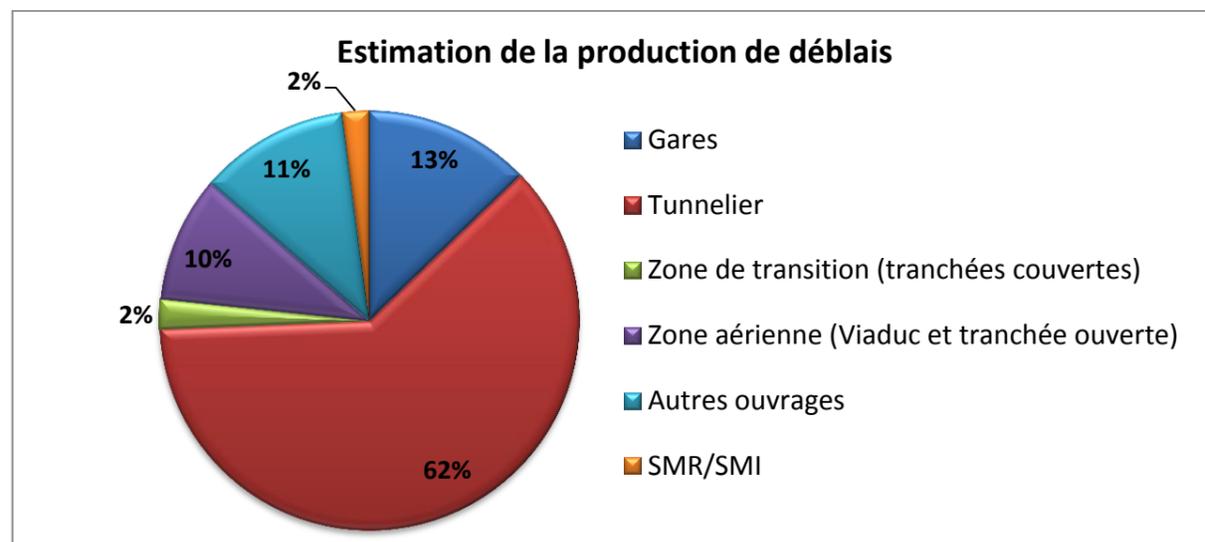
6.6.3.1 Excavation de déblais

La réalisation du projet de métro souterrain de la Ligne 18 sera à l'origine de la production de déblais liée d'une part au creusement des tunnels par la technique des tunneliers et, d'autre part aux travaux de terrassement des gares et autres ouvrages de surfaces nécessaires au fonctionnement de la ligne (ouvrages annexes, site de maintenance).

L'utilisation de tunneliers nécessite la création en phase travaux d'ouvrages spécifiques, les puits d'entrée de tunnelier (également appelés puits d'attaque) permettant de descendre et d'assembler les éléments des tunneliers pour démarrer le creusement. C'est à partir de ces sites que les déblais générés par le creusement du tunnelier sont sortis. De la même façon, des puits de sortie doivent être créés afin de pouvoir démonter le tunnelier une fois le creusement terminé.

Les volumes de déblais produits dans le cadre de la réalisation de la Ligne 18 (ligne verte) sont estimés à environ 4,6 millions de tonnes de déblais (avec SMI/SMR).

Les principales sources de production de déblais sont le creusement du tunnel par les tunneliers, la réalisation des gares et des 24 ouvrages annexes nécessaires à l'exploitation de la ligne de métro de la ligne. Ces volumes représentent respectivement près de 62%, 13% et 12 % du volume total. Le reste des déblais provient de la réalisation de la zone aérienne et notamment du viaduc, des zones de transition aérien/souterrain (tranchées couvertes), et du site de maintenance.



En phase travaux, la gestion des déblais liés à la réalisation du projet risque de perturber le fonctionnement urbain du territoire (conditions de circulations et déplacements) et d'avoir un impact sur le cadre de vie des riverains aux abords des chantiers et des itinéraires d'accès depuis ces bases chantiers.

Dans ce cadre, la Société du Grand Paris a souhaité anticiper les mesures destinées à limiter ces nuisances potentielles et à en réduire la durée avant même la passation des marchés de maîtrise d'œuvre et le choix des entreprises de travaux.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Toutes les mesures destinées à limiter les risques et nuisances potentiels pour les riverains et l'environnement et à en réduire la durée font partie intégrante de la réflexion engagée par la Société du Grand Paris.

La première étape dans la conception du projet a consisté à réduire la quantité des volumes à excaver. Cela se traduit essentiellement par :

- **Le choix de recourir à un passage aérien lorsque c'est possible** : Une partie du linéaire de la ligne est prévue en aérien, de Palaiseau au sud du Golf National. Cette méthode permet de limiter la quantité de terre à excaver. De plus, une recherche de réutilisation sur site sera recherchée, notamment pour les rampes (en remblais) et le viaduc. Cela ne sera possible que si les qualités physico-chimiques et mécaniques des matériaux le permettent.
- **Le choix de l'utilisation de la technique du tunnelier** : cette méthode mécanique permet d'éviter la réalisation de tranchées et l'excavation des terres depuis la surface dans

un contexte d'insertion urbaine dense (Massy, Versailles) ou de fortes contraintes. Elle permet de réduire le linéaire du tunnel reliant les gares car sa construction n'est pas contrainte par le bâti de surface.

- **L'optimisation du dimensionnement des ouvrages** : la conception, le dimensionnement et les principes de réalisation des ouvrages sont adaptés et affinés dans les différentes phases d'étude du projet afin de réduire les volumes à excaver (remontée du niveau des tunnels pour réduire la profondeur des gares, réduction de la longueur des gares ...).

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels restent forts. L'excavation de déblais est inhérente au projet, de par la création des tunnels et des gares. Aucune mesure de compensation ne peut être proposée.

6.6.3.2 Qualité des déblais

Il existe à proximité du tracé de référence un risque de découverte de sols pollués par l'activité humaine dans les horizons superficiels du sol, principalement en lien avec les travaux des gares et autres ouvrages du projet construits depuis la surface.

L'analyse des bases de données nationales BASIAS et BASOL dans l'état initial a mis en évidence des enjeux principalement localisés autour des gares Antonypôle et Massy-Palaiseau et dans une moindre mesure à proximité du CEA et de Versailles Chantiers.

Le risque de découverte de sols pollués dans ces secteurs est donc élevé. Les sites BASIAS se concentrent principalement autour des gares Antonypôle et Massy-Palaiseau et dans une moindre mesure à proximité du CEA et de Versailles Chantiers. De manière plus sporadique, des sites BASIAS sont présents autour de la partie ouest du tracé de référence à proximité de la gare Saint-Quentin Est. Six des sept sites BASOL identifiés autour du tracé de référence sont situés autour de la gare Massy-Palaiseau tandis que le dernier est situé au niveau du CEA. Ils ont fait l'objet d'une dépollution et/ou d'un suivi particulier.

Les principaux polluants qui peuvent être rencontrés sont d'origine anthropique, et, de ce fait, sont épanchés en surface et peuvent être entraînés dans le sous-sol avec l'infiltration des eaux. Il s'agit notamment :

- des métaux et métalloïdes, qui sont peu mobiles dans les sols et sont donc principalement localisés dans les horizons de surface ;
- des hydrocarbures, qui peuvent migrer en profondeur, mais s'arrêtent au niveau du toit de la nappe souterraine du fait de leur faible densité ;
- des solvants halogénés chlorés (COHV) qui peuvent migrer en profondeur à travers les eaux souterraines et s'accumuler à la base des nappes.

Les sols situés sous le niveau de la nappe ne présentent ainsi pas de risque de pollutions aux métaux et hydrocarbures, mais ils sont sensibles aux pollutions aux solvants halogénés chlorés.

Les volumes de terres issues du creusement du tunnel situés sous le niveau de la nappe ne présentent donc un risque de pollution que si la nappe est polluée aux solvants halogénés. Les déblais extraits pour la construction, depuis la surface, des ouvrages avec émergences ou des sections de tunnel construites en tranchée couverte sont en revanche susceptibles d'être pollués.

La quantité et la qualité (pollué ou non) des terres excavées ont été évaluées sur la base du stade actuel des études (études préliminaires complémentaires). Les hypothèses majorantes principales retenues sont les suivantes :

- L'ensemble des cinq premiers mètres des terrains (remblais, alluvions, limons des plateaux) a été considéré comme pollué ;
- L'ensemble des déblais issus du creusement des tunneliers a été considéré non pollué ;
- L'ensemble des horizons à potentiel valorisable sont considérés comme valorisables.

Sur la base de ces hypothèses, environ 6% du volume de déblais excavés dans le cadre de la mise en place de la Ligne 18 sont à ce stade considérés comme potentiellement pollués.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Il est difficile d'établir des mesures concernant la qualité des sols qui seront excavés. La Société du Grand Paris dans la démarche qu'elle a engagée s'est néanmoins fixé comme priorité la recherche de l'ensemble des filières de valorisation possibles pour les déblais du Grand Paris Express, y compris ceux de la Ligne 18.

Les terres polluées feront l'objet de plans de gestion spécifiques. Leur excavation et leur stockage temporaire sur les sites de chantier avant leur évacuation seront encadrés pour éviter la contamination des autres volumes de terres et des sols en surface. Des chantiers de dépollution anticipée pourront être mis en œuvre en fonction des contraintes du chantier, des autorisations et du planning de réalisation des terrassements pour tenir les calendriers de mises en service. Ces terres pourront être évacuées vers des centres de traitement afin de pourvoir les réintégrer dans des filières pour matériaux inertes et éviter leur stockage définitif dans des installations de déchets dangereux (ISDD). Par ailleurs, des mesures comme l'aération des fouilles, permettra de réduire les risques sanitaires associées. Des mesures spécifiques seront prises pour éviter la pollution des eaux souterraines.

Le potentiel de réutilisation des déblais est fonction de leur nature et de leur qualité physique et chimique. La Société du Grand Paris étudie le potentiel des déblais pour leur réutilisation en matériaux pour la construction et l'industrie (granulats pour béton, industrie du plâtre...) ou en remblais dans le cadre de la recherche de l'équilibre déblais/remblais du projet du GPE ou d'autres projets d'aménagement portés par les territoires.

Pour cela, préalablement au lancement des travaux de terrassement, **la Société du Grand Paris a lancé des campagnes d'analyses physico-chimiques sur des échantillons prélevés sur les carottes des missions géotechniques G1 et G2 aux niveaux des futurs sites de travaux.** Ces analyses, réalisées en laboratoire, consistent à déterminer quantitativement les teneurs des composés chimiques susceptibles d'être présents dans les sols afin de les comparer aux valeurs seuils et aux critères d'admissions dans les filières d'accueil définis par la réglementation et de classer les matériaux selon leur classification GTR en vue de déterminer leur utilisation potentielle.

6.6.3.3 Evacuation des déblais

Le principal impact lié à la production de déblais du projet est le transport des matériaux pour leur évacuation hors site en phase chantier en raison de sa situation dans un contexte pour partie urbain. Les flux d'apport de matériaux sur les chantiers et l'évacuation des déblais augmenteront le trafic routier et les flux de circulation autour des chantiers.

Les effets négatifs du transport routier sont plus particulièrement liés :

- aux perturbations pour les riverains et les usagers des routes (désagréments visuels, sonores, émissions de poussières, perturbations des déplacements,...) ;
- aux risques de pollution accidentelle des eaux par ruissellement.

Le recours au transport alternatif à la route pour l'évacuation des déblais du Grand Paris Express est un des objectifs de la Société du Grand Paris. Selon la localisation de chaque ligne et des exutoires potentiels, les possibilités sont différentes. Concernant la Ligne 18, le recours au transport fluvial nécessiterait des pré-acheminements par voie routière sur plusieurs dizaines de kilomètres alors que des voies routières principales peuvent rapidement être rejointes pour desservir tous les types d'exutoires. Une étude est en cours concernant une potentielle évacuation ferroviaire des déblais issus des tunneliers à partie du site de Satory.

Par ailleurs, les exutoires doivent prioritairement être recherchés dans l'Essonne et dans les Yvelines (objectifs du PREDEC). Le maillage d'exutoires dans un périmètre relativement restreint autour des zones de chantier est assez peu fourni, et est accessible par voie routière.

Malgré la volonté de la SGP de recourir au transport alternatif, et dans l'attente des résultats de l'étude de faisabilité à Satory, l'évacuation des déblais issus du projet de ligne 18 est envisagée par voie routière.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Planification des itinéraires routiers :

Au vu de la localisation de la Ligne 18, l'évacuation des déblais est envisagée par voie routière.

Afin de limiter autant que possible les nuisances, la planification des itinéraires routiers fera l'objet d'une évaluation par la maîtrise d'œuvre et de concertations avec les communes des territoires d'implantation. Ces trajets reposeront sur l'utilisation du réseau magistral pour éviter la circulation des camions sur les voiries communales. De par la localisation de la Ligne 18, plusieurs axes structurants peuvent être rejointes depuis les bases chantiers : l'A6, l'A10, l'A26, l'A86, la N118 ou encore la N12. La proximité de ces axes routiers permettra ainsi de diversifier les itinéraires des évacuations par voie routière et de limiter les encombrements routiers.

Pour compenser les éventuelles coupures temporaires ou restrictions de la circulation, le maître d'ouvrage (ou son représentant) veillera notamment à :

- maintenir l'accès aux propriétés et assurer la continuité du service;
- effectuer une démarche permanente auprès des riverains pour les informer du déroulement du chantier dans sa globalité (action de communication) ;

- définir les aménagements à prévoir pour assurer la continuité du service en limitant les coupures au strict nécessaire ;
- étudier finement les phasages de chantier pour limiter au maximum les restrictions de circulation dans le temps.

Les horaires de fonctionnement du chantier seront régis de manière à réduire les effets des nuisances acoustiques sur le voisinage. De plus des mesures seront prises en vue de ne pas polluer le milieu naturel et la ressource en eau (camions bâchés, lavage des roues à la sortie des chantiers...).

MESURES DE SUIVI

Les mesures de suivi en phase chantier retenues pour la Ligne 18 sont :

- Le suivi de la traçabilité des évacuations effectuées par la vérification des bordereaux de suivi de déchets, tout au long de la chaîne logistique. Des études sur les outils de traçabilité sont notamment actuellement en cours ;
- la vérification par l'entreprise générale, le maître d'œuvre et/ou le maître d'ouvrage de la régularité des filières d'élimination prévues ;
- L'intervention d'un contrôle extérieur (Laboratoire extérieur) qui contrôlera les essais de caractérisation des matériaux faits en phase travaux, et permettant de définir les filières de valorisation et/ou de stockage.

6.6.3.4 Stockage temporaire et pollution des sols par les activités de chantier

Les travaux de réalisation d'un métro souterrain et des ouvrages associés nécessitent peu d'apports en remblais et la plupart des déblais excavés ne peuvent être réutilisés dans le cadre du projet.

Le stockage provisoire des déblais avant évacuation peut entraîner différents types d'impacts, sur le relief et le paysage, ainsi que sur les emprises nécessaires aux travaux.

Par ailleurs, la gestion des déblais pose la question de la capacité de stockage sur les bases. En raison de la problématique du foncier disponible, il est prévu de pouvoir stocker l'équivalent de 2 jours de travaux de production de déblais sur chacun des sites. Les volumes à stocker et les surfaces nécessaires varient donc en fonction des cadences d'excavation des différents sites (gare, tunnelier, ...) et des contraintes de situation de chaque chantier.

Les activités de chantier et notamment les engins utilisés lors des travaux peuvent être à l'origine d'une dégradation des sols par déversements accidentels d'huiles, d'essence ou de lubrifiants lors de leur entretien ou de leur fonctionnement, ou par le rejet de substances lors de la remise en état de chaussées.

Le stockage provisoire des déblais pollués excavés représente également un risque de pollution des sols en place au niveau des zones de stockage : les stocks, exposés aux intempéries et notamment aux précipitations, peuvent contaminer les eaux de ruissellement qui, en ruisselant et s'infiltrant ensuite sur les sols en place, peuvent contaminer ces derniers. Les pollutions accidentelles des sols peuvent conduire à la migration non maîtrisée de polluants vers les eaux de ruissellement et les

eaux souterraines, et impacter la qualité et les usages de celles-ci. Ces conséquences sont traitées aux chapitres traitant des impacts en phase chantier sur les eaux souterraines et superficielles.

Le stockage des déblais sur les installations de chantier étant provisoire, les impacts cités ci-dessus se manifestent à très court terme. Les impacts sur la pollution des sols peuvent toutefois se prolonger sur le long terme.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

La première mesure prise dans la réduction de cet impact est la limitation spatiale et temporelle des emprises chantiers.

Les risques de pollution des sols en phase chantier ne peuvent être complètement supprimés mais sont réduits par la mise en œuvre de procédures encadrant les activités à risque :

- Procédures préventives :
 - o l'entretien et le ravitaillement des engins de chantier se font sur des emplacements imperméabilisés, comme par exemple des bâches étanches, pour éviter les fuites de polluants (huile, carburant...) ;
 - o les produits polluants sont stockés dans des bacs étanches fermés ;
 - o l'accès au chantier est contrôlé : les engins en fonctionnement sont surveillés pour éviter des fuites de produits polluants et des déversements de matériaux (utilisation de remorque étanche).
- Procédures correctives :
 - o le personnel de chantier est formé à différents degrés d'alerte de pollution et est donc capable de réagir en cas de pollution accidentelle ;
 - o des kits anti-pollution sont mis à disposition du personnel de chantier en cas de pollution accidentelle.

6.6.4. Impacts et mesures en phase d'exploitation

Une fois la construction des gares et ouvrages et des tunnels terminés, il n'y a aura plus d'excavation de déblais. L'ensemble des impacts liés aux déblais ont donc lieu durant la phase chantiers.

6.6.5. Synthèse des impacts et mesures concernant la gestion des déblais

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Ensemble des gares Ensemble des puits d'entrée de tunnelier Tranchées ouvertes et couvertes Viaduc	Phase chantier Perturbation du fonctionnement urbain Phase exploitation Néant	Phase études et chantier Réalisation, sur une partie du tracé, d'un métro aérien Optimisation du dimensionnement des ouvrages au cours des phases e définition du projet Définition des itinéraires routiers avec les collectivités concernées Favoriser un transport routier plus productif Nettoyage des roues des camions en sortie de chantier Utilisation de bâches sur les camions Phase exploitation Néant	Perturbations minimales	Nettoyage des voies publiques en sortie de chantier si nécessaire	Phase études et chantier Suivi de la traçabilité des évacuations par la vérification des bordereaux de suivi de déchets Phase exploitation Néant	Intégré dans le coût des études et du chantier
Ensemble des gares Ensemble des puits d'entrée de tunnelier Tranchées ouvertes et couvertes Viaduc	Phase chantier Saturation des exutoires de déchets Phase exploitation Néant	Phase études et chantier Réalisation, sur une partie du tracé, d'un métro aérien Optimisation du dimensionnement des ouvrages au cours des phases e définition du projet Planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport (SDED) Limiter le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées Identifier les projets nécessitant des remblais en Ile de France et des filières de valorisation existantes ou à développer. Phase exploitation Néant	/	Néant	Phase études et chantier Vérification des filières d'élimination prévues par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage Phase exploitation Néant	Intégré dans le coût des études et du chantier

Légende : Impact résiduel nul/négligeable Impact résiduel faible impact résiduel modéré Impact résiduel fort Impact résiduel positif

7. Mobilité

7.1. Rappel des enjeux

Pour rappel, les principaux enjeux identifiés lors de l'état initial (cf. pièce G.1) sont les suivants :

- désenclaver les territoires mal desservis par les transports en commun ;
- permettre de réduire la sollicitation du réseau routier et les nuisances liées à cette forte fréquentation ;
- délester les tronçons du réseau ferré qui arrivent en limite de capacité sur les liaisons radiales (RER C et B notamment) ;
- favoriser l'utilisation des transports en commun pour contribuer à atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transports en commun dans la région.

Pour rappel, aujourd'hui, en Ile-de-France 38% des déplacements s'effectuent en voiture (mode principale) et plus de 40 millions de déplacements se font de manière quotidienne en Ile de France (tous modes, EGT 2010 – STIF-OMNIL-DRIA). Le réseau routier francilien est dense mais arrive est à saturation, en particulier sur les axes en rocade (A86, boulevard périphérique). Les réseaux ferrés sont eux aussi saturés (notamment réseau RER).

Dans la suite de ce chapitre, la zone d'étude correspond aux 9 zones EGT telle que définies dans la pièce G.1 chapitre « Mobilité » du présent dossier.

7.2. Impacts et mesures en phase chantier

7.2.1. Impacts directs : risque de perturbations temporaires de la circulation et de l'accessibilité

Les emprises des chantiers empiétant sur les voiries, constitueront des obstacles ponctuels pour la circulation des voitures, des transports en commun de surface et des modes actifs (vélos et piétons) plus sensibles aux déviations d'itinéraires. La suppression temporaire de parkings et de places de stationnement est également à envisager. Cela est susceptible d'impacter l'accessibilité des zones à proximité des chantiers. Certains accès à activités commerciales et de services pourraient être perturbés. Cette suppression concerne tout particulièrement le chantier de la gare Massy Opéra qui impactera pendant la phase chantier l'accès à l'institut hospitalier Jacques Cartier.

Les chantiers auront également un impact sur la mobilité à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude principalement à cause de la circulation générée sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures.

L'intensité de l'impact sera fonction :

- du phasage du chantier et du planning. Les chantiers entrepris simultanément généreront des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de leur localisation géographique ;

- des localisations des origines et destinations des matériaux. Plus les déplacements seront longs, plus le risque de perturber le trafic sera grand. Plus les itinéraires emprunteront des axes routiers congestionnés, plus l'impact sera prépondérant ;
- des axes empruntés et des fenêtres temporelles. Un plan de circulation tenant compte des particularités locales pourrait permettre de réduire les incidences.

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage, et qui constitue l'une des pièces du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique (pièce G.4.2), détaille la stratégie retenue par la Société du Grand Paris à cet effet.

Sur la base du trafic estimé à l'horizon du chantier sur les voies directement impactées par les zones de chantier ou situées à leur immédiate proximité, une graduation des enjeux a été établie de la manière suivante : enjeu très fort (trafic à l'heure de pointe du matin supérieur à 9000 véhicules), fort (supérieur à 3000), modéré (supérieur à 200) et faible (inférieur à 200). Le tableau ci-contre présente ces résultats.

Enjeux liés à l'impact des zones de chantier sur le trafic routier
(Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)

Type chantier	Ouvrage	Voie empiétée/à proximité immédiate	Enjeu global
OA	OA1	Voies internes à l'aéroport	Faible
	OA2		Faible
	OA3		Modéré
OA	OA4	Voie des avernaises	Modéré
OA	OA5	Boulevard de l'Europe / Voie de Morvilliers (à proximité immédiate)	Modéré
OA	OA6	Allée Jean Robic	Faible
OA	OA7	A6 (à proximité immédiate)	Modéré
Gare	Antonypôle	Avenue François Arago Avenue Léon Jouhaux (à proximité immédiate)	Faible
OA	OA8	Route d'Orléans (à proximité immédiate)	Faible
Gare	Massy Opéra	Avenue du Noyer Lambert Rue du Théâtre Allée Barbara Avenue de France	Faible
		OA9	Rue Henri Gilbert
OA	OA10	Avenue du Général de Gaulle (à proximité immédiate) Rue des Divisions Leclerc (à proximité immédiate)	Faible
OA	OA11	Avenue du président Allende (à proximité immédiate)	Modéré
Gare	Massy Palaiseau	Avenue Raymond Aron	Modéré
OA	OA12	Avenue des Alliés (à proximité immédiate)	Fort
OA	OA13	Chemin des terres rouges	Faible
Portion aérienne de la ligne	Site de Maintenance Gare Palaiseau Gare Orsay-Gif Puits d'entrée/sortie du tunnelier (OA 14 et OA 15) Viaduc	D36 D128 D306 D938 N118 Rue Nicolas Appert Rue de Versailles Rond-point entre la route de Versailles et la D36	Très fort
		OA16	D36 (à proximité immédiate)

Type chantier	Ouvrage	Voie empiétée/à proximité immédiate	Enjeu global
OA	OA17	Rue Georges Guynemer	Faible
Gare	Saint Quentin Est	Avenue de l'Europe Place de Villaroy (à proximité immédiate) D91	Modéré
OA	OA18	D91 (à proximité immédiate)	Modéré
OA	OA19	D91 (à proximité immédiate)	Faible
OA	OA20	Chemin de la petite minière (à proximité immédiate)	Faible
OA	OA21	Zone industrielle	Faible
Gare	Satory	Route de la Minière D91 à proximité	Modéré
OA	OA22	N12 (à proximité immédiate)	Très fort
Gare	OA23	Terrain dans les bois	Faible
OA	Versailles Chantiers	Rue de la porte de Buc	Modéré
OA	OA24	Rue Ploix (à proximité immédiate)	Modéré

Deux sites sont identifiés comme représentant un enjeu très fort, deux comme des enjeux forts, douze comme des enjeux modérés, et quatorze comme des enjeux faibles. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Les emprises chantier ont été délimitées au strict nécessaire en évitant au maximum les voies de circulation et les parkings.

- SDED et plan de circulation concernant les déplacements automobiles

Comme évoqué précédemment, un schéma directeur d'évacuation des déblais a déjà été élaboré par le maître d'ouvrage afin d'anticiper et d'assurer une réduction des impacts liés à l'évacuation des déblais sur les circulations. Ce schéma directeur sera précisé, au fur et à mesure de l'avancement du projet afin de limiter au maximum les impacts. Les itinéraires de circulation nécessaires à l'évacuation des terres et à l'acheminement des matériaux de construction seront notamment évalués avec plus de précision en collaboration avec les entrepreneurs du chantier et maître d'œuvre.

A proximité des zones de chantier, de nombreux itinéraires seront temporairement modifiés durant les travaux. Pour éviter les détours importants qui pourraient être causés par ces changements d'itinéraires, un plan de circulation sera également mis en place en lien avec les collectivités.

Les chantiers seront organisés localement, au cas par cas, de manière à maintenir au moins partiellement la circulation **automobile et à assurer l'accès permanent aux immeubles**, aux commerces, aux emplois et aux activités sensibles (type hôpital). Les maîtres d'œuvre et les entreprises garantiront des conditions de sécurité maximales ainsi que l'accès aux pompiers et aux autres véhicules de secours.

- Maintien/déviations et entretiens des itinéraires modes doux

Les chantiers influenceront également les cheminements piétons à proximité. Ces cheminements seront maintenus ou déviés et les modifications seront adéquatement balisées. Il sera veillé à préserver les parcours des personnes à mobilité réduite.

La circulation des cyclistes sur la chaussée restera également sûre pendant la durée des travaux. Les revêtements seront gardés raisonnablement propres (enlèvement régulier des boues et des gravillons pour éviter les risques de glissade) et raisonnablement praticables sans danger. Un éclairage suffisant sera assuré.

- Limitation de la réduction des places de stationnement

Concernant le stationnement, le maître d'ouvrage planifiera les travaux de manière à limiter au maximum la diminution du stationnement particulièrement dans les secteurs où celui-ci est le plus contraint.

- Communication et information

Les riverains, commerçants, usagers de la voirie et des transports publics seront régulièrement informés du déroulement et de l'avancement des travaux, des perturbations possibles et des mesures mises en place.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Grâce aux mesures générales d'évitements et de réduction prises pour l'ensemble des bases chantiers, les impacts résiduels seront nettement réduits. Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

MESURES DE SUIVI

Le suivi concerne l'organisation de la gestion des chantiers et de la communication aux riverains.

7.2.2. Impacts directs : risque de perturbations temporaires du fonctionnement des transports en commun

La réalisation des ouvrages du projet situés à proximité des réseaux ferroviaires existants (lignes N et U du Transilien, et RER C à Versailles, ligne du RER B à Massy-Palaiseau et Ligne 14 au niveau de l'Aéroport d'Orly), en particulier celle des gares Grand Paris Express et des ouvrages de correspondance avec les gares actuelles, présente des enjeux de deux ordres :

- garantir la stabilité et l'intégrité des ouvrages existants ;
- réduire les incidences en phase travaux sur l'exploitation et la qualité de service des liaisons ferroviaires.

Dans certains cas, il pourra être nécessaire de prévoir des mesures de ralentissement des trains (donc des allongements de temps de trajet) aux abords des zones situées dans le périmètre d'influence des travaux. Ces mesures, qui devraient rester ponctuelles et d'ampleur limitée, pourraient en particulier être mises en œuvre :

- sur les sections de voies situées à proximité immédiate des gares Grand Paris Express et de certains ouvrages annexes, pendant les phases de réalisation et d'excavation, notamment pour les gares Massy-Palaiseau et Versailles Chantiers ou les OA12 et OA24 ;
- sur les sections de voies sous lesquelles passeront les tunneliers (par exemple pour la section entre les OA10 et OA12).

De même, la réalisation des travaux de raccordements du projet à la Ligne 14 Sud déjà exploitée devront s'effectuer en évitant d'affecter le niveau et la qualité de service sur ces lignes.

Enfin, les chantiers pourront également avoir un impact sur l'organisation et la circulation des lignes de bus pendant la durée des travaux : modifications d'itinéraires, déplacements de points d'arrêt, notamment.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

La Société du Grand Paris, ADP (Aéroports de Paris), le STIF ainsi que les exploitants et gestionnaires d'infrastructure (SNCF, RATP...) se coordonnent pour évaluer les conséquences possibles des travaux de réalisation du projet sur l'exploitation des lignes ferroviaires et déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin d'en assurer la planification en amont.

Les natures, durées et périodes précises des dispositions qui pourront être mises en place seront établies en lien avec le phasage détaillé de réalisation des différents ouvrages du projet, dans le cadre d'études menées par ADP, la SNCF et la RATP en articulation avec les études de maîtrise d'œuvre de la Société du Grand Paris.

Enfin, comme mentionné précédemment, les chantiers pourront également avoir un impact sur l'organisation et la circulation des lignes de bus pendant la durée des travaux. Afin de réduire la gêne occasionnée aux voyageurs, des études seront menées par le STIF et les exploitants des lignes concernées, en lien étroit avec la Société du Grand Paris, afin d'évaluer, en amont des chantiers, les conséquences des travaux sur la circulation, la régularité et la qualité de service des lignes de bus, ainsi que pour prévoir l'ajustement de l'offre de transport au fur et à mesure de l'avancement des chantiers. Des actions de communication auprès des usagers des lignes seront mises en place pendant les travaux.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction prises les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

Aucune mesure de suivi n'est mise en œuvre.

7.2.3. Impacts indirects et interactions avec les autres chantiers

Les impacts indirects des chantiers représentent généralement des enjeux faibles. Ils concernent principalement les impacts socio-économiques dans certaines zones, liés à une diminution de l'accessibilité (par exemple la diminution de la fréquentation d'une zone commerciale suite à une baisse de l'accessibilité). Ces impacts sont généralement minimisés par la maîtrise des impacts directs des chantiers grâce à la mise en place de mesures adéquates (voir ci-dessous).

De manière similaire à l'effet cumulé que pourraient avoir les différentes emprises de chantier du projet, ces chantiers interagiront avec les autres petits ou grands chantiers qui seront entrepris simultanément dans la zone couverte par le fuseau d'étude.

En fonction de leurs plannings respectifs, les chantiers entrepris simultanément pourraient générer des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de la localisation géographique.

Pour plus d'informations sur les projets en question et leur stade d'avancement, le lecteur se référera au chapitre « Effets cumulés avec les projets environnants connus » de la présente pièce.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Le phasage des travaux se fera en concertation avec les maîtres d'ouvrage des opérations susceptibles d'interagir avec la réalisation du projet.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction prises les impacts résiduels seront nettement réduits.

7.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

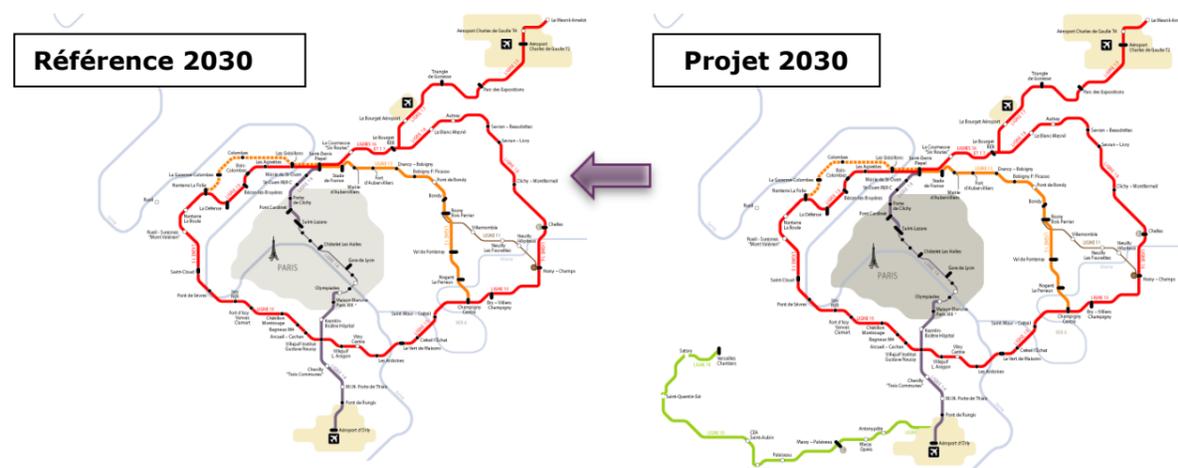
Pour les besoins de l'évaluation du projet en phase d'exploitation par la Société du Grand Paris, le modèle de transport MODUS, développé et exploité par la DRIEA d'Ile-de-France, a été utilisé. Dans la perspective de fiabiliser les prévisions en disposant d'une fourchette de résultats, il a également été fait appel, de manière croisée, à d'autres outils de modélisation, en particulier le modèle GLOBAL développé et exploité par la RATP, ainsi que le modèle ANTONIN développé et exploité par le STIF. Le maître d'ouvrage a veillé à ce que les modèles utilisés soient systématiquement alimentés par des hypothèses et des données d'entrée identiques ou cohérentes entre elles.

Les éléments issus du modèle MODUS sont plus spécifiquement présentés dans les points suivants. Ils illustrent les effets du projet sur la structure des déplacements, la répartition modale et la fréquentation des réseaux de transport dans le secteur d'étude associé au projet de la Ligne 18. Le processus d'élaboration des prévisions de trafic du projet à partir des outils de modélisation (détail des hypothèses et des résultats) fait l'objet d'un volet spécifique dans la pièce H du présent dossier.

Les résultats de modélisation produits par MODUS ont également servi à alimenter en données d'entrée les volets « Energie et émissions de gaz à effet de serre » ainsi que « Qualité de l'air » de la présente étude d'impact, garantissant ainsi la cohérence d'ensemble du jeu d'hypothèses utilisé.

Les indicateurs présentés dans cette partie comparent la situation future « avec projet » à la situation future « sans projet », aussi appelée situation « de référence ». La situation de référence correspond à la situation optimisée la plus probable en l'absence du projet de ligne à l'horizon considéré : elle est construite ici en prenant notamment en compte les tronçons du Grand Paris Express prévus pour être en service à l'horizon 2030, à l'exception de celui qui constitue expressément le projet soumis à la présente enquête préalable à déclaration d'utilité publique (Ligne 18). Cette méthode est cohérente avec celle retenue pour l'évaluation socio-économique du projet (voir pièce H du présent dossier).

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier les **impacts liés à la réalisation du projet de Ligne 18 à l'horizon 2030**, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive des différents tronçons du Grand Paris Express, intégrés à la situation de référence sans projet.



Définition des situations avec et sans projet pour l'analyse des impacts du projet de Ligne 18 (horizon 2030)

Pour rappel, la mise en service de la Ligne 18 s'effectuera en deux phases :

- Horizon 2024, mise en service du tronçon Aéroport d'Orly – CEA Saint-Aubin ou Orsay-Gif ;
- Horizon 2030, mise en service de l'entièreté de la ligne.

Cette analyse est complétée par un **éclairage sur les impacts associés à la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble à l'horizon 2030**, pour les territoires concernés par la Ligne 18 (cf. chapitre VI).

7.3.1. Amélioration de la desserte et de l'offre/Restructuration du réseau

Le projet va accroître l'offre en mobilité de la zone d'étude. Sur les huit gares étudiées de la Ligne 18 en service en 2030, deux offrent une correspondance avec au moins une ligne ferrée structurante (RER, autre transport ferré) :

- Versailles Chantiers (RER C, Transilien lignes N et U) ;
- Massy Palaiseau (RER B et C, Tram Express Sud).

De plus, la Ligne 18 est reliée la gare Grand Paris Express Aéroport d'Orly à son extrémité Est et permet ainsi de faire la liaison avec la Ligne 14 Sud du réseau du Grand Paris Express.

Par ailleurs, les autres gares de la ligne proposeront des correspondances avec les lignes de bus locales et le Tram Express Sud (en gare de Massy-Palaiseau).

7.3.2. Evolution de la demande en déplacements

Les résultats suivants concernent la zone d'étude définie dans l'état initial. Les résultats suivants concernent la zone d'étude définie dans l'état initial.

7.3.2.1 Déplacements tous modes

Le tableau suivant présente par destination l'évolution du nombre de déplacements ayant leur origine dans la zone d'étude, en 2030, avec et sans projet.

Evolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements tous modes, débutant dans la zone d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030
(données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Evolution entre le projet et la référence
Paris	57 000	+ 2,1%
Seine-et-Marne	10 000	+ 1,1%
Yvelines	199 000	+ 0,0%
Essonne	209 000	+ 1,4%
Hauts-de-Seine	126 000	+ 0,2%
Seine-Saint-Denis	13 000	+ 1,5%
Val-de-Marne	100 000	+ 1,1%
Val-d'Oise	8 000	+ 0,2%
Périmètre	1 199 000	-0,5%
Total	1 921 000	0,0%

Le nombre de déplacements tous modes débutant dans le périmètre de l'étude et leur répartition par destination ne varient pas significativement entre la situation sans projet (référence) et avec projet. Le projet a surtout une incidence sur la **répartition modale de ces déplacements**, et particulièrement sur la structure des déplacements effectués en transports en commun (ci-après). On note cependant **une augmentation relative des déplacements à destination de Paris (+2,1%), qui peut s'expliquer par les correspondances qu'offre la future ligne avec des lignes radiales vers Paris (Transilien N et U, RER B et C, Ligne 14 Sud du Grand Paris Express).**

7.3.2.2 Déplacements en transports en commun

Le tableau suivant illustre la contribution du projet dans l'accroissement des déplacements en transports en commun au départ de la zone d'étude (+4,0 % au total).

Ces augmentations sont (en valeur relative) particulièrement importantes vers l'Essonne (+10,4%) et le Val-de-Marne (+6,0%) et la Seine-et-Marne (+4,4%), départements pour lesquels la création de la Ligne 18 offre une connexion efficace depuis le secteur d'étude, vers les lignes de transport en commun qui les irriguent (notamment les lignes de RER, du Transilien ainsi que les tronçons des Lignes 14 et 15). Les déplacements au sein du périmètre et à destination de Paris connaissent également une augmentation relativement importante (+3,7 % et + 3,6%).

Evolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements en transports en commun, débutant dans la zone d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Evolution entre le projet et la référence
Paris	32 000	+ 3,6%
Seine-et-Marne	4 000	+ 4,4%
Yvelines	41 000	+ 1,2%
Essonne	35 000	+ 10,4%
Hauts-de-Seine	32 000	+ 1,6%
Seine-Saint-Denis	8 000	+ 2,3%
Val-de-Marne	23 000	+ 6,0%
Val-d'Oise	4 000	+ 1,0%
Périmètre	102 000	+ 3,7%
Total	281 000	+ 4,0%

7.3.2.3 Evolution du report modal

Le report modal se définit comme l'augmentation de la part modale¹⁴ d'un mode alors que celle d'un ou de plusieurs autres modes diminue. Cette dernière est quantifiée le plus souvent en points de part modale gagnés ou perdus. Le tableau ci-dessous présente le report modal induit par le projet, à l'horizon 2030 et par destination.

Evolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Transports en commun (points de %)	Automobile (points de %)
Paris	+ 0,8%	-0,8%
Seine-et-Marne	+ 1,3%	-1,3%
Yvelines	+ 0,2%	-0,2%
Essonne	+ 1,5%	-1,3%
Hauts-de-Seine	+ 0,3%	-0,3%
Seine-Saint-Denis	+ 0,5%	-0,5%
Val-de-Marne	+ 1,1%	-1,0%
Val-d'Oise	+ 0,4%	-0,4%
Périmètre	+ 0,4%	-0,1%
Total	+ 0,6%	-0,3%

Les résultats montrent que la part modale des transports en commun augmente, au total, de 0,6 point avec le projet. Au contraire, la part modale de la voiture diminue de 0,3 point.

¹⁴ C'est-à-dire le nombre de déplacements utilisant ce mode divisé par le nombre total des déplacements.

Bien que les parts modales n'évoluent pas significativement sur le total des déplacements, certaines destinations ont des variations plus marquées. C'est le cas pour les déplacements à destination de l'Essonne, de la Seine-et-Marne et du Val-de-Marne grâce aux connexions nouvelles permises par les connexions notamment avec les Lignes 14 et 15, qui permettent aux habitants du secteur d'étude de bénéficier d'un accès plus direct au réseau structurant de transports en commun. Ce sont également vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus.

7.3.2.4 Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun

- **Augmentation sensible de la fréquentation sur le réseau Grand Paris Express**

A son horizon de mise en service, la Ligne 18 aura une fréquentation qui s'établit aux environs de 15 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin (HPM). Ceci correspond à une fréquentation journalière d'environ 100 000 voyages quotidiens en semaine et représente 4% de la fréquentation totale du réseau du Grand Paris Express. La charge maximale sur la Ligne 18 est d'environ 4 000 voyageurs.

De par sa correspondance avec la Ligne 14 Sud (tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly) au niveau de la gare Aéroport Orly, la Ligne 18 a également un impact direct sur sa fréquentation : une augmentation de plus de 7% est constatée à l'HPM et sa charge maximale est augmentée de 8%.

Pour plus de détail sur l'incidence du programme du Grand Paris Express dans son ensemble se référer au chapitre VI du présent rapport.

- **Allègement sensible du réseau ferroviaire RER / Transilien :**

L'analyse des effets de la réalisation du tronçon « Ligne 18 » sur les autres lignes du réseau de transport en commun à l'horizon 2030 a été menée en comparant la fréquentation et la charge futures des lignes de transport en commun avec et sans réalisation du tronçon, en prenant en compte les situations de projet et de référence définies plus haut.

La Ligne 18 correspond à une nouvelle branche vis-à-vis du programme du Grand Paris Express, permettant notamment de desservir un territoire dont l'offre en transport en commun est assez pauvre. A ce titre, la réalisation de la ligne possède un impact positif perceptible bien que faible sur la part modale de fréquentation des transports en commun existant, notamment sur la charge du RER B qui dessert également le territoire desservi par la Ligne 18.

La fréquentation totale du RER B est allégée d'environ 2,5% grâce aux itinéraires nouveaux permis par la Ligne 18 à l'horizon 2030, en particulier pour les déplacements en connexion avec la gare Massy-Palaiseau. **C'est également le cas du RER C**, desservant également le territoire, dont la fréquentation totale est réduite, mais de façon moins significative, d'environ 1%.

Les lignes de Transilien ne sont quasiment pas impactées par la mise en service de la Ligne 18, excepté la ligne U dont une augmentation relative de sa fréquentation est constatée (un peu moins de 1%), due à sa correspondance avec la Ligne 18 en gare Versailles Chantiers.

• **Peu d'impact sur la fréquentation des autres lignes de métro**

La réalisation de la Ligne 18 a peu d'incidence sur la fréquentation d'ensemble des différentes lignes de métro. En revanche, la Ligne 18 a un impact direct sur la fréquentation des nouvelles lignes du réseau du Grand Paris Express comme expliqué ci-avant.

• **Des effets notables sur la fréquentation du T7 et du Tram Express Sud**

La Ligne 18 a un effet notable sur la fréquentation du tramway T7. Par rapport à la situation de référence 2030 ne prenant pas en compte la Ligne 18, la fréquentation globale de cette ligne de tramway est augmentée 9,5%. La Ligne 18 propose en effet une connexion avec ce tramway au niveau de l'aéroport d'Orly, proposant ainsi un itinéraire attractif (gain de temps et de parcours) pour les déplacements reliant Paris et l'Essonne à la zone d'étude.

Au contraire, la Ligne 18 permet un allègement significatif de la fréquentation du Tram Express Sud (-9%), de par l'itinéraire alternatif qu'elle propose.

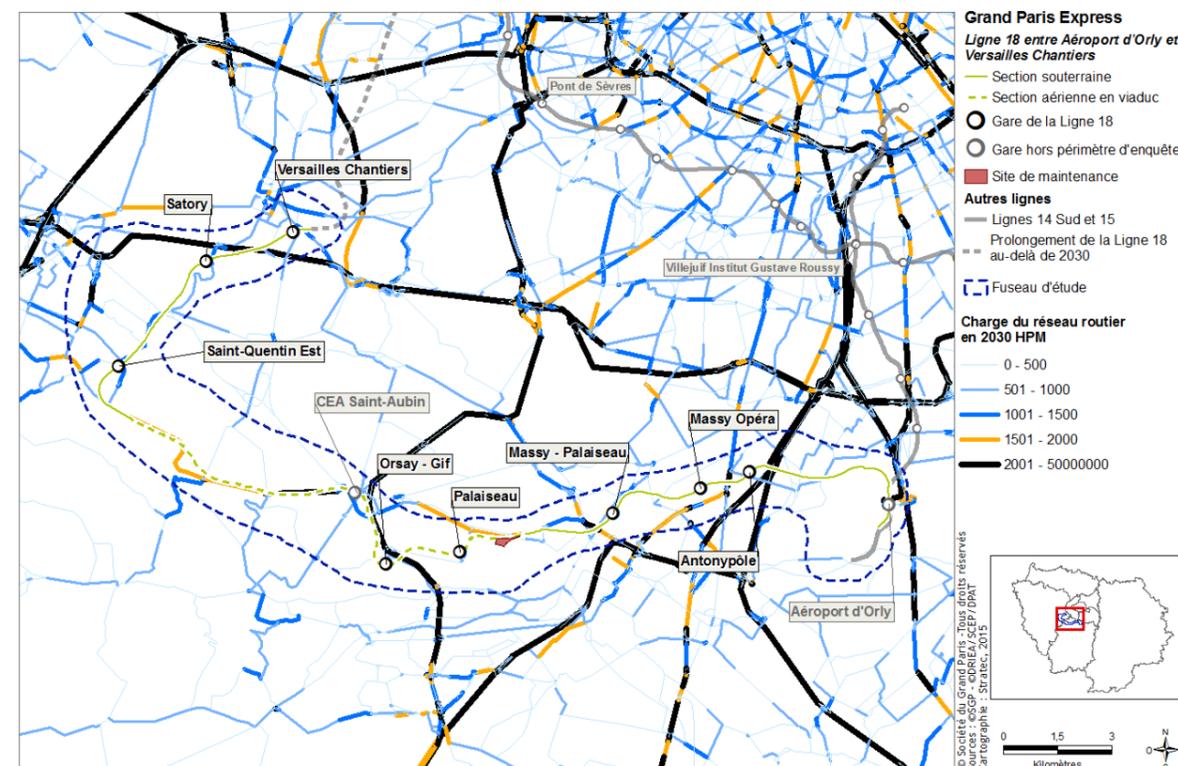
De manière générale, les allègements sont relativement faibles sur les différentes lignes de transport en commun, certaines lignes voyant même leurs fréquentations augmentées fortement. Ce phénomène s'explique par l'induction que la Ligne 18 provoque sur le nombre de déplacement en transport en commun (+4%). Bien que relatifs, les allègements ont pour effet d'améliorer le confort des voyageurs par rapport à la situation de référence.

Pour plus de détails sur la fréquentation du réseau de transports en commun, se référer à la pièce H du présent dossier.

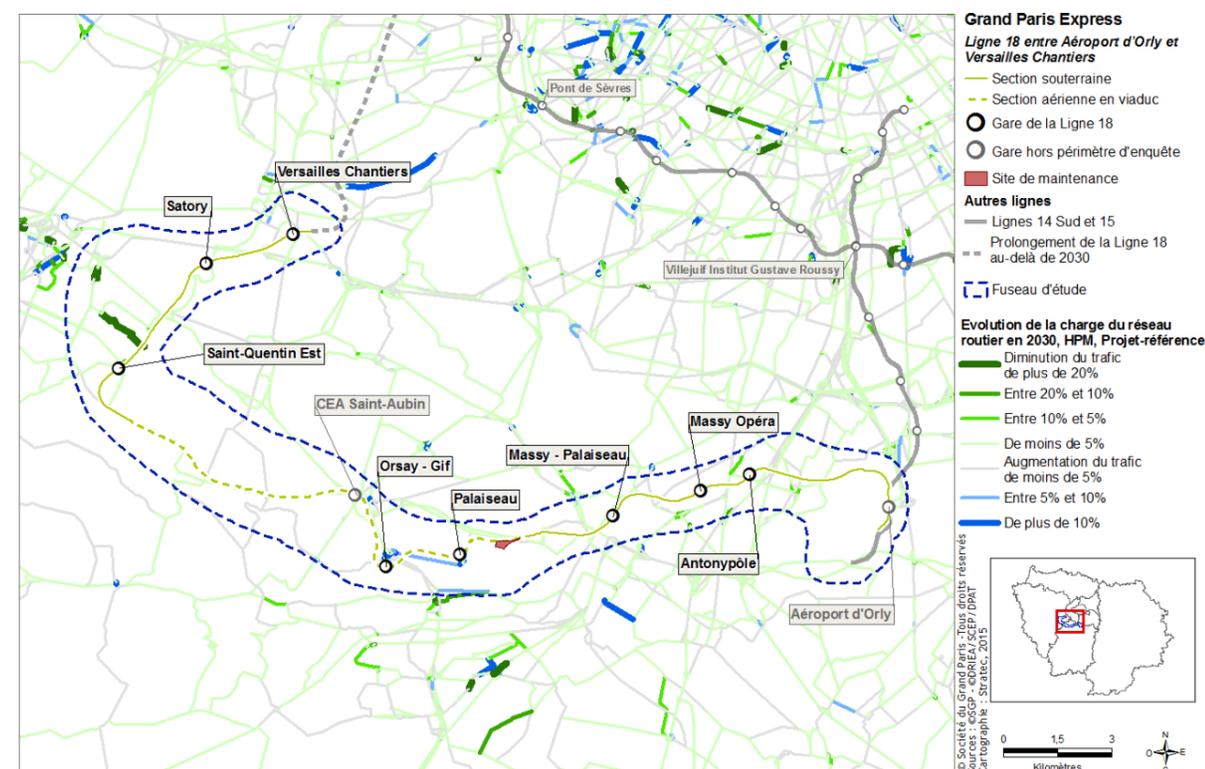
7.3.2.5 Incidences sur la charge du réseau routier

Les deux cartes ci-contre présentent respectivement :

- la charge sur le réseau routier à la pointe du matin, en 2030 et avec projet, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2030.



Charge sur le réseau routier en 2030, à l'heure de pointe du matin, avec projet (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)



Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Les axes les plus chargés en situation avec projet restent les principales voies rapides que sont les autoroutes A6, A10, A12 et A106 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN12 ou la RN118. Cependant, le projet apporte une diminution globale de la circulation pour la zone d'étude et notamment sur ces axes, même si cette diminution reste faible (généralement de moins de 5%). On constate cependant quelques augmentations très locales de la circulation, principalement autour des gares Orsay-Gif et Palaiseau.

Le projet apporte toutefois une petite diminution de la circulation automobile à l'échelle du fuseau d'étude, exprimée en véhicules.kilomètres : une diminution de 1 733 véhicules.kilomètres est ainsi observée à la pointe du matin, soit une réduction de 0,4% par rapport à la référence.

A l'échelle du fuseau, le projet « Ligne 18 » présente un impact modéré sur la saturation¹⁵ des réseaux routiers : ainsi, le linéaire de voirie saturé à plus de 80%, pour le fuseau d'étude, diminue de 4,1% en situation avec projet et sans projet à l'horizon 2030. Le linéaire de voirie saturé à plus de 60% est par contre relativement stable (augmentation de 0,5%). Ce résultat s'explique notamment par le fait que la situation de référence sans projet prend en compte les autres tronçons du Grand Paris Express également prévus pour être en service à l'horizon 2030 ou avant : par construction, l'effet positif de la réalisation du Grand Paris Express sur l'allègement de la congestion routière est donc largement intégré à la situation de référence. A cet égard, un éclairage complémentaire sur l'effet global du Grand Paris Express en matière de saturation routière à l'horizon 2030, par rapport à une situation de référence n'intégrant aucun tronçon du Grand Paris Express, est présenté dans le chapitre VI.

7.3.2.6 Incidences sur les modes actifs

Dans l'état initial (cf. pièce G.1 du présent dossier), il avait été identifié que la zone de passage préférentielle de la Ligne 18 coupait 12 pistes cyclables et un total de 6 itinéraires piétons (3 axes de randonnée et promenade, 2 axes de grande randonnée de pays et 1 axe de grande randonnée).

Parmi les pistes cyclables, seulement trois de ces pistes seront, de fait, réellement traversées par le métro en phase d'exploitation car situées au niveau du viaduc. De plus, l'impact du métro sur ces 3 itinéraires sera négligeable en phase d'exploitation, car situés sur la portion en viaduc. Les pistes cyclables pourront ainsi être conservées.

De même, seulement quatre itinéraires piétons croisent la ligne aérienne lors de la phase d'exploitation. Trois d'entre eux croisent le viaduc et pourront donc être aisément conservés. Cependant, un (itinéraire grande randonnée) croise la portion en tranchée couverte et des adaptations devront être prévues.

Excepté le secteur entre les gares de Saint-Quentin Est et de Satory pour les pistes cyclable, le fuseau d'étude présente peu d'aménagements piétons et cyclables (cf. état initial). Or, les gares du projet seront de véritables pôles multimodaux, où la pratique du vélo sera promue : espaces de stationnement, vélos en libre-service etc. Le projet aura donc un impact positif sur les aménagements des modes actifs. Les gares seront également aménagées pour faciliter l'accès piéton.

¹⁵ Le niveau de « saturation » d'un segment de voirie se définit comme le ratio entre la charge observée et la capacité de la voirie.

7.3.2.7 Impacts indirects et impacts cumulés

Dans le domaine de la mobilité, il est primordial de tenir compte de l'effet cumulé des projets susceptibles d'être mis en place dans la même aire géographique. C'est pour cette raison que dès le départ de l'analyse tous les projets en cours d'élaboration ou de construction qui seront en service à l'horizon d'étude ont été pris en compte. L'approche choisie permet donc de prendre en compte tous les effets cumulés en intégrant, dans un seul outil systémique, l'ensemble des projets qui interagiront. Les résultats présentés dans la partie précédente intègrent donc les effets d'interaction avec les autres projets de transport, de même qu'ils prennent en compte les hypothèses d'évolution de la population et des emplois associées aux projets d'aménagement des territoires concernés.

Enfin, les impacts indirects de l'amélioration de l'accessibilité induite par le métro se valorisent dans le cadre de l'évaluation socio-économique du projet. Pour plus de détails sur ces impacts le lecteur se référera à la pièce H du présent dossier de DUP.

7.4. Synthèse des impacts et mesures concernant la mobilité

Thématique	Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Chantiers	Ensemble de la ligne	Perturbations temporaires de la circulation et de l'accessibilité Perturbations temporaires du fonctionnement des transports en commun Interactions avec les autres chantiers	Phase étude et chantiers : - SDED et plan de circulation concernant les déplacements automobiles - Maintien/déviations et entretiens des itinéraires modes doux - Limitation de la réduction des places de stationnement - Organisation des chantiers pour laisser accès aux activités. - Communication et information des différentes parties prenantes (riverains, commerçants etc.) - Coordination entre la SGP et les autres exploitants/gestionnaires d'infrastructure pour déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin de planifier en amont les perturbations. - Des études seront menées par le STIF et les exploitations de lignes de bus pour prévoir l'ajustement de l'offre de transport au fur et à mesure de l'avancement des chantiers. - Actions de communication auprès des usagers des lignes. - Le phasage des travaux se fera en concertation avec les maîtres d'ouvrage des opérations susceptibles d'interagir avec la réalisation du projet.	/	/	Phase chantiers : - Observer le taux d'occupation du stationnement à proximité des chantiers de gares - Observer la saturation des voies de détournement quand un axe est fermé du fait des chantiers.	/
Déplacement des Franciliens	Ensemble de la ligne	Amélioration de la desserte et de l'offre/restructuration du réseau	Phase exploitation : Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries	Impact positif	/	/	/
		Augmentation des déplacements en transport en commun	/	Impact positif	/	/	/
		Les gares seront de véritables pôles multimodaux permettant un accès aisés aux modes actifs Le croisement de la ligne avec les itinéraires cyclables existants n'aura pas d'impact significatif.	/	Impact positif	/	/	/
Charge et saturation des réseaux	Ensemble de la ligne	Augmentation de 0,6 point de la part modale des transports en commun et diminution de 0,3 point de la part modale voiture	/	Impact positif	/	/	/
		Diminution de la charge du réseau routier de - 0,4% Augmentation de la fréquentation du réseau du Grand Paris Express, allègement de la charge du réseau ferroviaire RER/Transilien et effet notable sur la fréquentation du T7 et du Tram Express Sud	/	Impact positif	/	/	/

Légende : Impact résiduel nul/négligeable | Impact résiduel faible | impact résiduel modéré | Impact résiduel fort | Impact résiduel positif

8. Cadre de vie et santé publique

8.1. Sécurité routière

8.1.1. Rappel des enjeux

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le report modal induit par la mise en service de la Ligne 18 permettant de réduire l'intensité du trafic routier, il pourrait par conséquent influencer 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 empêche les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

8.1.2. Impacts et mesure en phase chantier

La perturbation des zones de circulation des véhicules et de cheminement des piétons est le seul impact potentiel de la phase de travaux sur la sécurité routière. Celui-ci est lié à l'aménagement temporaire de la voirie lorsque les zones de chantiers empiètent sur les espaces de circulation des véhicules sur la voirie existante. Cet impact n'est pas quantifiable, mais doit toutefois être souligné dans le cadre de cette étude.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Il s'agira de respecter les normes de sécurité aux abords des bases chantier et de mettre en œuvre des règles locales de circulation sur la base d'une signalisation claire et lisible. Les mesures à mettre en place afin d'éviter tout accident de la route et de garantir la sécurité des personnes (conducteurs comme piétons) respecteront les normes de sécurité à proximité des zones de chantiers. Des règles de circulation temporaires adéquates, accompagnées d'une signalisation claire et visible pour tout usager, seront mises en place en conséquence. De la même façon, une attention particulière sera accordée aux piétons et à leurs conditions de cheminement aux abords de la zone de chantier. Ces mesures temporaires seront nécessairement prises en plaçant la sécurité des personnes fréquentant les abords de la zone de chantier au cœur de la problématique de chaque zone de travaux afin d'y éviter tout risque d'accident.

8.1.3. Impacts et mesure en phase d'exploitation

Pour évaluer l'impact du report modal sur le nombre d'accidents après la mise en place de la Ligne 18, il a été nécessaire d'estimer le taux moyen d'accidents. L'analyse de l'état initial a souligné à ce sujet des 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 accompagnés d'une gravité supérieure.

Trois types de routes ont ainsi été différenciés en fonction du trafic supporté et des vitesses autorisées. De plus, l'analyse de l'état initial a montré que le nombre d'accidents est globalement à la baisse. Il a donc été nécessaire de projeter les taux observés actuellement à l'horizon 2030, ce qui a été fait à partir de l'évolution 2005-2010 issue de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011). Les chiffres obtenus pour 2030 sont présentés dans le tableau suivant.

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2030 (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				
	<i>Accidents</i>	<i>Blessés légers</i>	<i>Blessés graves</i>	<i>Tués</i>
Autoroutes	0,0308	0,0287	0,0166	0,0011
RN + RD	0,0975	0,0907	0,0544	0,0036
Agglomération	0,1728	0,1607	0,0287	0,0019

Le facteur principal responsable des différences entre les taux d'accidents et leur gravité étant la vitesse, les taux d'accidents détaillés ci-dessus ont été affectés aux différentes voiries sur base de la vitesse à vide par défaut issue du modèle utilisée (les taux des autoroutes ont été affectés aux voiries où la vitesse est supérieure à 90 km/h, les taux des routes nationales et départementales à celles dont la vitesse est supérieure à 70 km/h, et les taux en agglomération à celles dont la vitesse est inférieure à 70 km/h).

Il a ainsi été possible d'obtenir le nombre d'accidents, de blessés et de tués en situation de référence et en situation de projet et de les comparer. Les différences sont présentées dans le tableau suivant.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de la Ligne 18 en 2030

Nombre évité avec la mise en service de la Ligne 18 à l'horizon 2030	Nombre d'accidents évités	5
	Nombre de blessés légers évités	4
	Nombre de blessés graves évités	3
	Tués évités	0

Les résultats montrent que la diminution de trafic routier induite par le projet permet de réduire le nombre d'accidents de la route mais de manière très faible. Ainsi, ce sont 5 accidents, 4 blessés légers, et 3 blessés graves évités en 2030 grâce à la mise en place de la Ligne 18. Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une légère amélioration des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée de la Ligne 18.

Les effets du projet sur la sécurité routière sont donc positifs (bien que faibles) en phase d'exploitation. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet.

MESURES DE SUIVI

Un suivi des chiffres d'accidentologie issus des statistiques annuelles d'instituts publics sera effectué. L'analyse des chiffres issus des statistiques annuelles d'instituts publics tel que l'Observatoire de la Sécurité Routière d'Île-de-France permettra un suivi dans le temps des prévisions de diminutions des accidents de la route.

8.1.4. Synthèse des impacts et mesures concernant la sécurité routière

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Ensemble de la ligne	Perturbation des zones de circulation des véhicules et des cheminements piétons durant la phase chantier	<p>Phases d'étude et chantier :</p> <p>Respect des normes de sécurité aux abords des bases chantier</p> <p>Elaboration et mise en œuvre de circulation et de signalisation locaux</p>	/	/	Analyse des statistiques d'accidentologie annuelles	Les coûts sont inhérents au projet de conception et de construction de la Ligne 18.
	Diminution sensible du nombre d'accidents de la route en phase d'exploitation	/	/	/		

8.2. Energie

8.2.1. Rappel des enjeux

L'enjeu principal vis-à-vis des consommations énergétiques sera de parvenir à se libérer de la dépendance face aux énergies fossiles en réduisant les consommations et en se tournant vers les énergies renouvelables. Depuis le Grenelle de l'environnement, l'objectif est, au niveau national, de diminuer de 2% par an les consommations en énergie dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030.

En améliorant la mobilité en Ile-de-France, le réseau de transport du Grand Paris Express devrait permettre de réduire l'utilisation de la voiture particulière et ainsi de diminuer les consommations du trafic routier.

Dans le cadre d'une évaluation environnementale des projets d'infrastructures de transport, le Code de l'environnement prévoit, à cet effet, la réalisation d'une « *évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter* ». Cette évaluation se focalise donc principalement sur les consommations énergétiques en phase de fonctionnement.

Les consommations induites en phase chantier, notamment pour l'acheminement des matériaux et l'évacuation des déblais, seront, en revanche, analysées en détails dans la partie traitant des émissions de gaz à effet de serre. L'impact indirect du projet sur la rénovation et la densification du bâti pourrait aussi permettre de réduire les consommations énergétiques des secteurs résidentiel et tertiaire. Cette thématique sera également détaillée dans la partie spécifique aux émissions de gaz à effet de serre.

L'analyse des impacts énergétiques du projet est abordée ci-dessous en deux volets : d'une part la phase de chantier et, d'autre part, la phase d'exploitation du projet.

8.2.2. Impacts et mesures en phase chantier

En phase de construction, les consommations énergétiques directes concernent essentiellement l'énergie nécessaire pour les chantiers eux-mêmes (bases vie, engins de chantier, etc.) ainsi que l'énergie nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

Plus en amont, la production des matériaux nécessaires à la construction peut également nécessiter des quantités très importantes d'énergie.

Comme mentionné précédemment, ces consommations seront abordées plus en détails dans l'analyse des impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Rationaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais :

Concernant le transport de matériaux ou de déblais, le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite

fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

Les quantités de déblais et de matériaux étant très importantes, il est fondamental d'en organiser sérieusement l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et les impacts induits. Il faudra ainsi réduire au maximum le parcours sur le réseau routier des camions nécessaires à cet ouvrage, le nombre de ces derniers étant particulièrement conséquent.

L'objectif n°1 exposé dans le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) du Grand Paris est de privilégier le report modal vers la voie d'eau et la voie ferroviaire. En raison de la proximité avec les voies navigables le transport par voie fluviale sera favorisé. A défaut de voie navigable proche, le transport par voie ferrée doit être envisagé ; en dernier ressort, l'option routière sera retenue. A noter que la solution mixte devrait aussi être mise en avant : transport routier pour rejoindre une voie navigable puis évacuation sur barges.

A ce stade, il est prévu d'évacuer 100% des déblais par la route. En effet, la situation de la Ligne 18 n'est favorable ni au transport fluvial ni au fret ferroviaire. Au contraire, les grands axes autoroutiers alentours se prêtent à cette situation et devraient limiter la perception de nuisance à l'échelle locale. Dans le cas d'un charroi mixte, le transport fluvial sera intéressant seulement si le site de stockage des déblais est éloigné ; pour des sites proches (en région parisienne), les temps de déchargement des camions / rechargement des péniches rendront probablement l'option « évacuation mixte » peu intéressante.

Par ailleurs, 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).

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Il n'y a pas, à proprement parler, d'impact résiduel sur les consommations énergétiques. En effet, comme nous le verrons ci-dessous, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des consommations énergétiques en Ile-de-France. Cet impact étant permanent, il devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les consommations énergétiques mais aussi, à long terme, permettre de réduire les consommations énergétiques en Ile-de-France.

8.2.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, les principales consommations énergétiques influencées par le projet sont liées au fonctionnement même du métro ainsi qu'au trafic routier :

- les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de la traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations...) ainsi que dans le SMR ;
- les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux effets principaux se distinguent : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun et, d'autre part, les gains de consommation réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier, due à une diminution de la congestion.

Les différentes consommations énergétiques sont exprimées en tonnes équivalent pétrole afin de pouvoir comparer les sources d'énergie.

8.2.3.1 Consommations énergétiques propres à l'infrastructure

Les besoins propres au fonctionnement du métro correspondent principalement à l'énergie de traction et à l'énergie utilisée dans les bâtiments (gares et les centres de maintenance). La répartition entre ces deux postes de consommations varie selon la structure du réseau : elle est de 65/35 pour le métro parisien, et de 85/15 pour les RER RATP.

Sur la base des consommations moyennes estimées du réseau de métro de la RATP et des consommations moyennes des bâtiments, il est possible d'évaluer de manière conservatrice la consommation future du réseau de métro du Grand Paris à partir des voitures.kilomètres parcourus (pour les consommations liées à la traction des rames), et des consommations effectives de bâtiments existants similaires aux gares et bâtiments techniques du réseau (pour les consommations liées au fonctionnement de ces bâtiments).

Besoins énergétiques liés à la traction

La traction des rames est un poste particulièrement important de consommation énergétique des réseaux de métro. L'énergie de traction est généralement exprimée en kilowatts x heure (kWh) par voitures x kilomètre. Celle-ci dépend principalement :

- de la taille des rames ;
- de la vitesse de pointe ;
- de la technologie de roulement (sur fer ou sur pneu), le fer offrant une résistance inférieure au déplacement ;
- de l'efficacité de récupération d'énergie des trains, et de la ligne : le matériel roulant récent permettant une récupération d'énergie de l'ordre de 40 % de l'énergie nécessaire (essentiellement lors du freinage) ;
- de la maîtrise des pertes en ligne, qui dépendent du niveau de tension du courant de traction ainsi que de la nature et de l'importance des sections conductrices ;

- des optimisations de fonctionnement réalisées par le système de conduite automatique.

Concernant la Ligne 18, un facteur de consommation moyen de 2,2 kWh/voiture.km a été retenu. Il correspond à une hypothèse prudente pour la consommation moyenne d'un matériel roulant sur fer. Le nombre de voitures.kilomètres parcouru a, quant à lui, été évalué sur base des études d'exploitation.

Les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques et consommation énergétique de traction

	Milliers de voitures.km / an	Consommation annuelle
Ligne 18 – tronçon « Aéroport d'Orly-CEA Saint-Aubin» (2024)	7 459	16 400 MWh soit 1 400 tep
Ligne 18 totale (2030)	18 235	40 120 MWh soit 3 450 tep

La consommation annuelle de la Ligne 18, une fois celle-ci entièrement en service en 2030, représente environ 7,5% de la consommation de l'ensemble du réseau du Grand Paris (voir ci-après). Malgré un linéaire important, cette part reste assez faible, notamment à grâce aux caractéristiques techniques des trains qui sont plus petits que sur les autres lignes (longueur des voitures plus petites et seulement 3 voitures par train).

Besoins énergétiques des bâtiments

Les besoins des bâtiments correspondent à l'électricité nécessaire à leur fonctionnement (éclairage, informatique, panneaux lumineux,...). 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.

Cependant, il est possible d'évaluer une consommation moyenne par gare sur base de données générales par comparaison avec la consommation de bâtiments similaires. En gardant une approche conservatrice, cette méthode permet d'évaluer globalement la consommation des bâtiments, tout en sachant que l'utilisation de méthodes actuelles et plus efficaces, notamment en termes d'isolation et d'éclairage, devrait permettre de réduire significativement cette consommation.

La Ligne 18 comprend également un site de maintenance (comprenant un bâtiment pour le SMR et un bâtiment pour le SMI). Afin d'évaluer leur consommation énergétique, un facteur de 126 kWh/m²/an a été retenu pour le fonctionnement électrique général (éclairage, systèmes informatiques, etc.) et un facteur de 167 kWh/m²/an supplémentaire a été retenu pour les surfaces devant être chauffées¹⁶.

¹⁶ Les facteurs sont issus de l'outil CarbOptimum® pour les bâtiments et dérivés des facteurs préconisés par l'ADEME dans son Guide Des Facteurs d'Émissions de Juin 2010

Résultats :

Le tableau qui suit présente les estimations de consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement des gares et bâtiments techniques de la Ligne 18.

Consommation annuelle des gares et du SMR de la Ligne 18

Consommation des 5 gares du tronçon « Aéroport d'Orly-CEA Saint-Aubin »* (2024)	5 100 MWh soit 440 tep
Consommation d'électricité et de chauffage du SMR et du SMI	3 300 MWh soit 285 tep
Consommation des 8 gares de la Ligne 18* (2030)	8 160 MWh soit 700 tep
Consommation totale (2030)	11 460 MWh soit 985 tep

*Pour rappel, les gares d'Aéroport d'Orly et du CEA ne sont pas prises en compte dans l'étude

La consommation de l'ensemble des gares (hors SMR et SMI) de la Ligne 18 en 2030 représente environ 8 % de la consommation globale des bâtiments du réseau du Grand Paris Express (voir ci-après).

Conclusion :

D'un point de vue des consommations énergétiques et sur la base des hypothèses détaillées précédemment, la Ligne 18 présente une répartition de 74% des consommations énergétiques pour la traction et 26% pour le fonctionnement des gares et bâtiments techniques.

8.2.3.2 Impact induit : réduction des consommations liées à la circulation routière

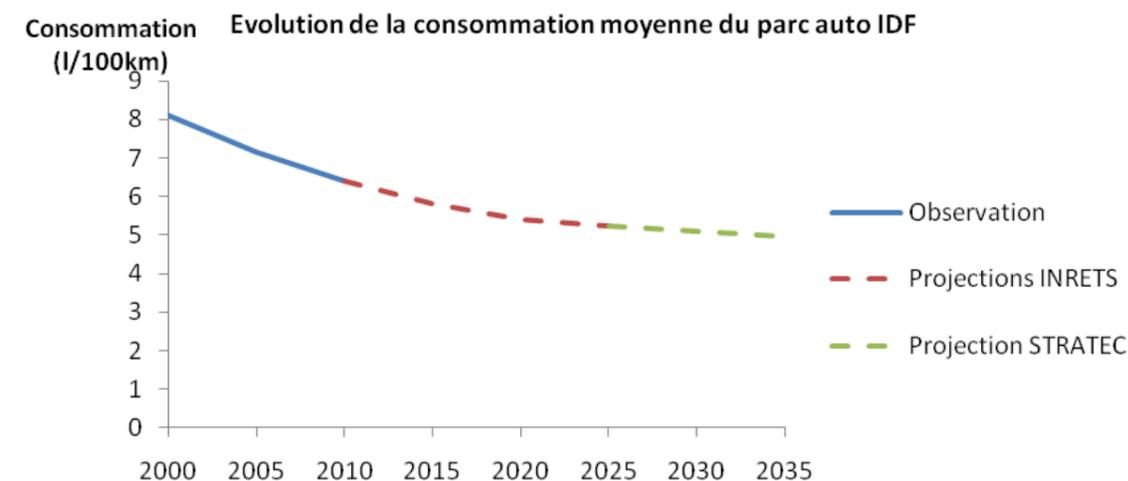
Le report d'une partie des déplacements de la route vers les transports en commun induit une diminution des distances totales parcourues (véhicules.kilomètres) par les usagers et donc une réduction des consommations.

Pour calculer la consommation globale des véhicules, il est nécessaire de tenir compte des projections de la consommation moyenne du parc automobile.

Les courbes de consommation ont été obtenues sur base des consommations moyennes du parc automobile et des objectifs du Grenelle pour 2050. La courbe de consommation est représentée dans la figure suivante.

Il faut noter, par ailleurs, que la diminution du nombre de véhicules circulant sur la route permet de réduire la congestion et donc d'accélérer les vitesses moyennes. Or la consommation des véhicules dépend de leur vitesse de circulation. En Ile-de-France, la vitesse moyenne de circulation des véhicules étant relativement faible, elle est généralement inférieure à la vitesse correspondant à

l'optimum de consommation (environ 60 à 70 km/h). Une accélération globale sur le réseau permet donc un rapprochement de cet optimum, ce qui engendre une baisse de la consommation globale des véhicules (véhicules particuliers et poids lourds) en circulation.



Evolution de la consommation moyenne du parc auto en IDF¹⁷

Ainsi, pour évaluer les impacts de la Ligne 18 sur les consommations énergétiques du trafic routier, il a été nécessaire de calculer les consommations totales des véhicules circulant sur chaque voirie du modèle de transport. En tenant compte des variations de flux et de vitesse, il a alors été possible de comparer les consommations globales du trafic routier en Ile-de-France dans une situation de référence (sans le projet) et dans une situation de projet (prenant en compte la Ligne 18).

Conclusion :

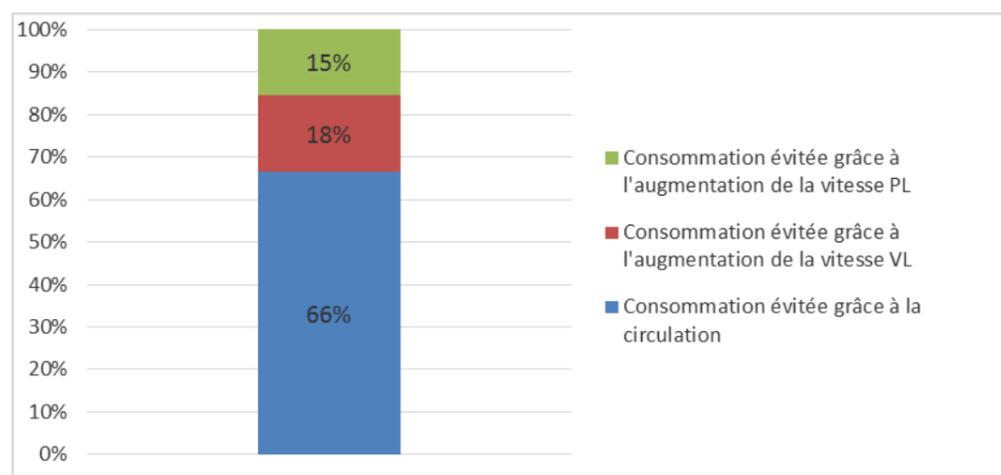
Les résultats présentés ci-après concernent l'horizon de la mise en service totale de la Ligne 18, c'est-à-dire 2030. Pour réaliser le bilan global de la mise en service à 2035, les mêmes calculs ont été réalisés pour chaque année en tenant compte de la diminution des consommations des véhicules routiers. Par souci de clarté, ces résultats ne sont cependant pas détaillés dans la présente pièce.

¹⁷ 2000-2010 : Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement, observations et statistiques, La consommation d'énergie et les émissions polluantes liées aux déplacements, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>, 2012 ; 2010-2025 : INRETS : Directives et facteurs agrégés des véhicules routiers en France de 1970 à 2025 ; 2025-2050 : projection linéaire STRATEC pour atteindre 4,5l/100km en 2050.

Résultats des gains énergétiques annuels liés aux variations des consommations du trafic routier engendrées par le projet à l'horizon 2030 en tonnes équivalent pétrole (tep)

	Impacts annuel du projet à l'horizon 2030
Gains liés à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers	-3 000 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers	- 820 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds	- 700 tep
Total	- 4 520 tep

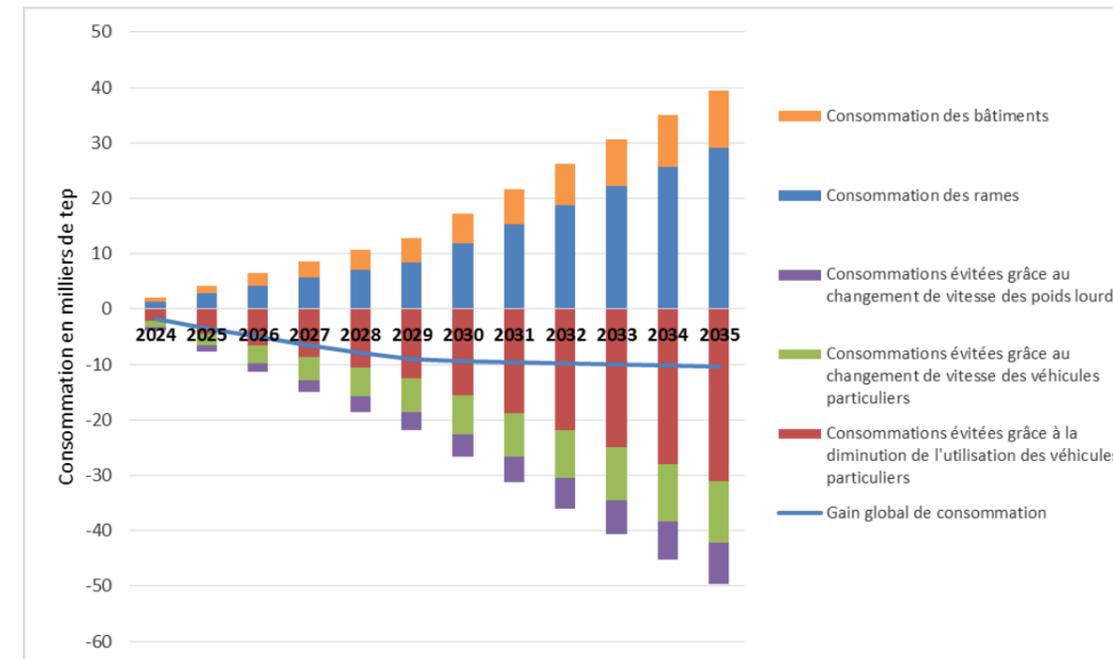
Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de 4 520 tep économisées annuellement. Ces gains sont détaillés sur la figure qui suit. La diminution des distances parcourues est responsable de 66% de ce total tandis que la légère augmentation de la vitesse de circulation des véhicules particuliers est responsable de 18 % et celle des poids lourds de 15 %.



Répartition annuelle des consommations évitées grâce à l'amélioration des conditions de circulation après mise en service de la Ligne 18 (horizon 2030)

8.2.3.3 Synthèse des consommations énergétiques et mesures d'accompagnement en phase exploitation

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service de la Ligne 18 jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. La figure ci-contre révèle que le bilan énergétique de la Ligne 18 est particulièrement bénéfique puisque les consommations évitées grâce aux améliorations du trafic routier surpassent largement les consommations induites par le fonctionnement du métro.



Consommations énergétiques cumulées par poste suite à la mise en service de la Ligne 18

Ainsi, au total entre 2024 et 2035, plus de 29 millions de tep seraient nécessaires à la traction des rames, et un peu plus de 10 millions de tep au bon fonctionnement des bâtiments. A l'inverse, l'amélioration du trafic routier (diminution des distances parcourues et diminution de la congestion) permettrait d'éviter la consommation de près de 50 millions de tep. Au final, la consommation générale d'énergie serait donc réduite d'environ 10 300 tep entre 2024 et 2035, ce qui correspond à environ 1 000 tep par an. Ce gain, bien que faible en comparaison à d'autres lignes du Grand Paris Express (car les gains liés à l'amélioration du trafic routier sont plus faibles, i.e. induction importante entre situations de projet et de référence, Cf. chapitre « Mobilité »), est non négligeable.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

L'analyse des impacts de l'ensemble du Grand Paris Express (Cf. chapitre VI) montre que l'infrastructure aura un effet globalement positif sur les consommations énergétiques en Ile-de-France. Des mesures d'optimisation du projet devront néanmoins être mises en place afin de réduire au maximum les consommations de l'infrastructure et de maximiser les gains liés au report modal :

- **définition de choix stratégiques réduisant les besoins de l'infrastructure** : notamment pour réduire les besoins énergétiques du métro. La traction du métro représentant la majeure partie des consommations énergétiques de l'infrastructure, elle constitue un poste stratégique sur lequel une attention particulière sera portée. Il sera notamment envisagé d'utiliser un système de récupération de l'énergie cinétique au freinage. L'énergie cinétique dissipée lors des freinages représente, en effet, approximativement 40 % de la consommation énergétique. Les constructeurs ont donc mis

en place des dispositifs de stockage d'énergie permettant de renvoyer celle-ci en ligne afin qu'elle soit utilisée par un autre train demandeur d'énergie. Ce système est d'autant plus efficace si le métro est automatique. En effet, l'optimisation des profils de vitesse et des tables horaires d'exploitation engendrent une utilisation optimum de l'énergie cinétique des véhicules. Or l'énergie cinétique dissipée des trains de la Ligne 18 est élevée, de par les fréquences et les capacités conséquentes des métros du Réseau de Transport du Grand Paris d'où un potentiel d'action efficace. À Turin, Siemens a évalué à 33 % (projet VAL, Turin) l'économie d'énergie effectuée lors de l'automatisation du métro¹⁸ ;

- **construction de bâtiments faiblement énergivores** : 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 ;
- la consommation énergétique est également directement liée 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 du bilan énergétique. L'ensemble de ces mesures sont décrites dans le chapitre dédié à la qualité de l'air.

L'ensemble de ces mesures concernant à la fois l'amélioration du report modal et l'optimisation des consommations énergétiques liées au fonctionnement du métro devraient permettre d'augmenter sensiblement la différence entre les consommations nécessaires au métro et les gains liés au trafic routier et d'accentuer ainsi le bilan en faveur du projet.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Il n'y a pas, à proprement parler, d'impact résiduel sur les consommations énergétiques. En effet, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des consommations énergétiques en Ile-de-France. Cet impact étant permanent, il devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les consommations énergétiques mais aussi, à long terme, permettre de réduire les consommations énergétiques en Ile-de-France.

MESURES DE SUIVI

Respect des plannings : la principale mesure de suivi dans le temps qui sera mise en œuvre réside dans le suivi des chantiers. Le respect des actions prévues dans le planning initial conduira à une maîtrise des événements et donc des consommations énergétiques associées.

Evaluation des consommations du matériel roulant et des bâtiments en cours d'exploitation (avec mise en place d'indicateurs de suivi) : les performances énergétiques du Réseau de Transport du Grand Paris pourront être suivies dans le temps via la mesure des consommations induites par le matériel roulant et les bâtiments du projet. Ces mesures seront échelonnées dans le temps et confrontées d'une part aux estimations émises précédemment et d'autre part aux gains estimés liés au trafic routier. Ceci permettra d'apprécier l'impact énergétique

global du projet.

La mise en place d'indicateurs liés au suivi de ces grandeurs constituera un moyen pertinent pour évaluer les performances énergétiques du Réseau de Transport du Grand Paris. De tels indicateurs représenteront autant d'outils permettant un suivi efficace des consommations réelles et estimées, ainsi qu'une base de réflexion solide dans le but de mettre en œuvre de potentiels mesures de réduction des consommations.

¹⁸ Metro automatique et économie d'énergie, Siemens, 2009

8.2.4. Synthèse des impacts et mesures concernant la consommation énergétique

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Ensemble de la ligne	Hausse temporaire des consommations énergétiques liées directement et indirectement aux chantiers de la Ligne 18	Phases étude et chantier : Rationaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais	Contrebalancé par les impacts positifs permanents liés au report modal et au bâti en phase d'exploitation	/	Respect des plannings en phase chantier	/
	Hausse des consommations énergétiques liées au fonctionnement des infrastructures en phase d'exploitation	Phases étude et chantier : Définition de choix stratégiques réduisant les besoins de l'infrastructure Construction de bâtiments faiblement énergivores Préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique Utilisation d'énergies renouvelables	Contrebalancé par les impacts positifs permanents liés au report modal et au bâti en phase d'exploitation	/	Evaluation des consommations du matériel roulant et des bâtiments en cours d'exploitation (avec mise en place d'indicateurs de suivi)	/
	Baisse des consommations énergétiques du trafic routier induites par le report modal et l'amélioration des conditions de circulation automobiles globales en phase d'exploitation	Phases étude et chantier : Encourager le report modal vers les transports en commun	/	/	/	/
	Baisse des consommations énergétiques du parc bâti induites par le renouvellement urbain rendu possible par la mise en service de la Ligne 18	Phase exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial	/	/	/	/
	Bilan global : baisse globale et durable des consommations énergétiques	Phase exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial	/	/	Mise en place d'indicateurs de suivi des consommations énergétiques	/

Légende : Impact résiduel nul/négligeable Impact résiduel faible Impact résiduel modéré Impact résiduel fort Impact résiduel positif

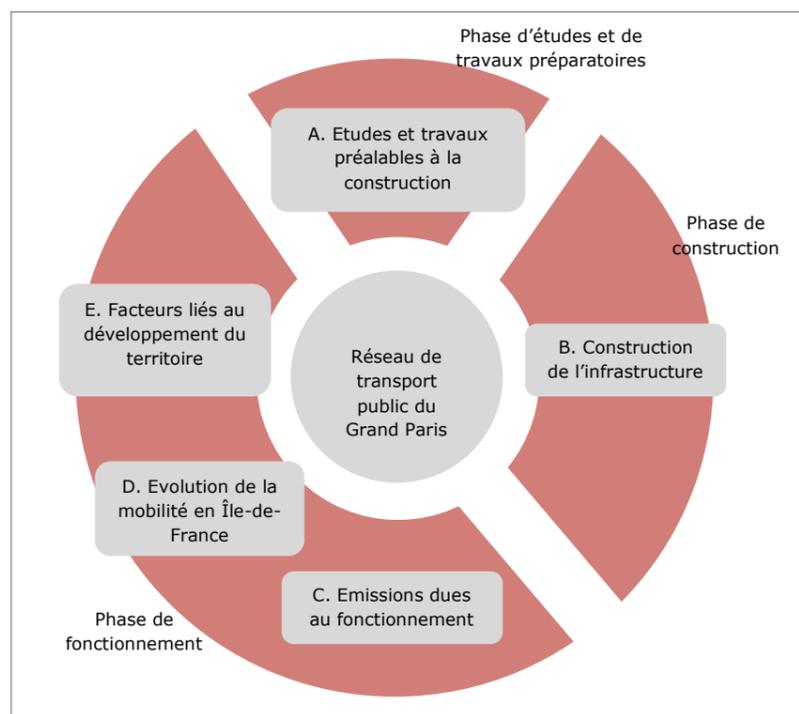
8.3. Gaz à effet de serre

8.3.1. Rappel des enjeux

L'importance de la population et des activités en Ile-de-France font de cette région un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre. Selon le Bilan Carbone® expérimental réalisé en 2006, l'empreinte carbone de la région s'élève à 38,5 millions de tonnes équivalent carbone par an. Les trois postes d'émissions les plus importants sont le secteur des transports, le résidentiel et le tertiaire.

Un projet d'infrastructure de transport majeur ayant des incidences majeures sur la mobilité mais également sur la structure urbaine, représente donc un enjeu très important pour les émissions de gaz à effet de serre. Cet enjeu est renforcé par les engagements ambitieux de la France et de l'Ile-de-France en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'objet de ce chapitre est d'évaluer l'impact du projet sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les changements climatiques qu'ils induisent. La méthodologie de calcul a fait l'objet d'un long développement spécifique afin de tenir compte de l'ensemble des impacts qu'une infrastructure de l'envergure de celle du Réseau de Transport du Grand Paris peut causer. La méthodologie est synthétisée brièvement ci-après.



Principales catégories de postes d'émissions en fonction des différentes phases de réalisation du projet

Afin d'étudier les émissions de GES, le projet est divisé en cinq grandes thématiques qui représentent les phases du projet. Les émissions correspondantes aux activités induites par ces différentes phases sont calculées en multipliant les données relatives aux activités concernées par des facteurs d'émissions afin de les traduire en émissions de GES exprimées en tonnes équivalent CO₂.

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.

Les enjeux du projet vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre sont multiples et concernent tant la phase de construction que la phase d'exploitation de l'infrastructure.

L'impact de la Ligne 18 sur les émissions de GES est fortement lié à l'ensemble du réseau du Grand Paris Express. Comme pour l'énergie, l'analyse portera donc dans un premier temps sur la Ligne 18 en isolant ces effets de ceux des autres lignes du Grand Paris (horizon 2030) puis dans un deuxième temps sur l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris Express (horizon 2030, Cf. chapitre VI).

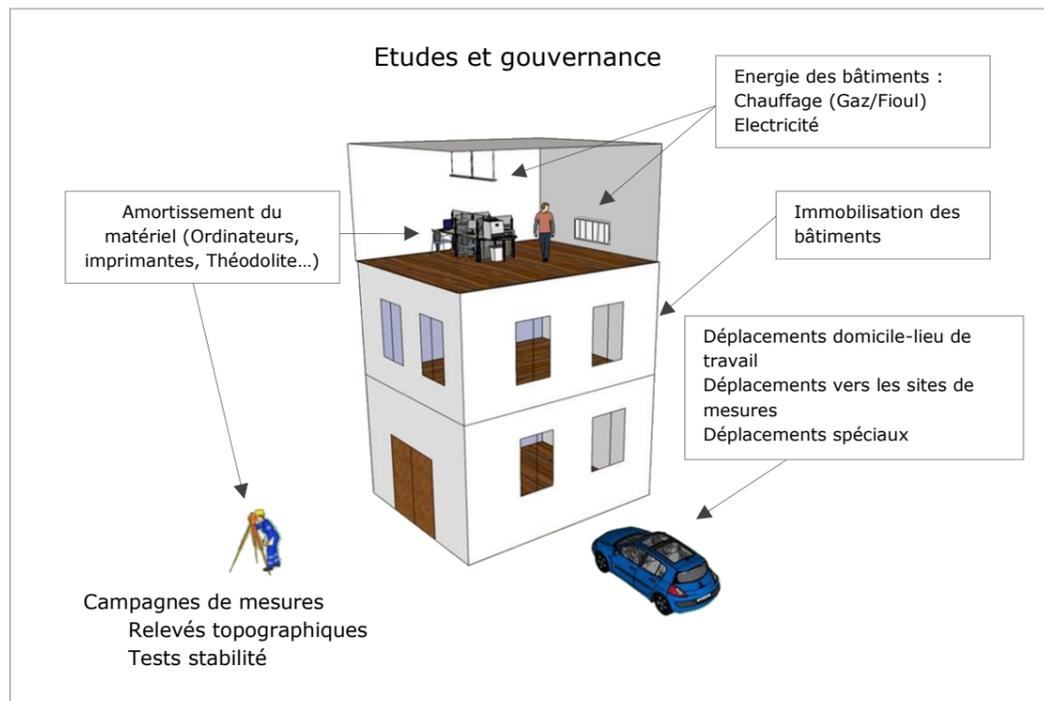
8.3.2. Impacts et mesures en phase chantier

En phase chantier, l'enjeu principal se situera dans les méthodes de constructions et les types de matériaux utilisés : il s'agira de choisir les techniques les moins émissives possibles et de réduire les émissions liées à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

8.3.2.1 Impact indirect : émissions de GES liées aux travaux et études préalables à la construction

La réalisation de projets majeurs d'infrastructures de transport requiert de nombreuses concertations, études et travaux préparatoires (voir figure suivante), et notamment les études d'intérêt socio-économiques, les études d'incidences environnementales, les débats et enquêtes publiques, les études géotechniques, les études de génie civil, etc. L'initiation et le suivi du projet nécessitent également un important travail de gouvernance.

Sur base des estimations des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance, les émissions correspondantes aux études préalables de la ligne à l'étude ont été évaluées à **19 058 téq CO₂** (soit 13 % de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris).



Représentation des postes d'émissions lors de la phase d'études et de travaux préalables (Stratec)

8.3.2.2 Impact direct : émissions de GES liées à la construction de l'infrastructure

La quantification des émissions de GES de la construction prend en compte :

- les émissions de GES liées à l'énergie consommée par les différents outils mis en œuvre pour le creusement des tunnels, l'évacuation des déblais et la mise en place des remblais ;
- les émissions de GES dues à la fabrication des matériaux consommés pour les différents ouvrages construits : les bétons et les ciments en part prépondérante, mais également les métaux, la chaux et les autres matériaux (ou ensemble de matériaux) tels que les ponts routiers ou ferroviaires ;
- les émissions de GES dues aux transports des personnes travaillant sur les chantiers ainsi que celles liées au fret des matériaux consommés et des déblais ;
- les émissions de GES liées au changement d'usage des sols.

Le croisement des flux d'émissions et des flux d'activités permet une représentation matricielle des émissions de GES. Le tableau suivant en est un exemple.

Flux d'émissions et flux d'activité de la quantification des émissions de gaz à effets de serre liées à la construction du projet

	Tunnels par	Tranchées	Ouvrages d'art	Sections de surface	Equipements	Bâtiments, quais et	Organisation du	
<i>Km de dble voie</i>	20,7	0,8	13,6	0,0	35,1			
tCO ₂ e	Energie, déblais et	4.611	673	0	0	2.908	73	
	Bétons, ciments	321.214	5.905	0	0	24.028	0	
	Métaux	0	0	0	0	82.749	0	
	Chaux	0	0	0	0	0	0	
	Autres matériaux	0	0	312.800	0	0	36.360	
	Transport et fret	40.217	3.981	0	0	2.470	8.495	
	Changement usage	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	366.042	10.560	312.800	0	109.247	47.763	4.375
	Par km de dble voie (35,1)	10.429	301	8.912	0	3.112	1.361	125
					850.787			
				24.239				

Tout comme pour l'approche au niveau global, la méthodologie utilisée pour réaliser la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 18 s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®.

La plupart des informations nécessaires à la quantification des émissions liées à la construction se trouve dans les rendus produits pour le projet lors des études de faisabilité.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

- La longueur de voie à réaliser est d'environ 35 km (double voie soit 70 km au total). Les parties courantes sont réalisées au tunnelier et sont de type monotube ;
- Le nombre de gares est de 819 ;
- Matériel roulant : il s'agit de trains roulant sur fer composés de 3 voitures.

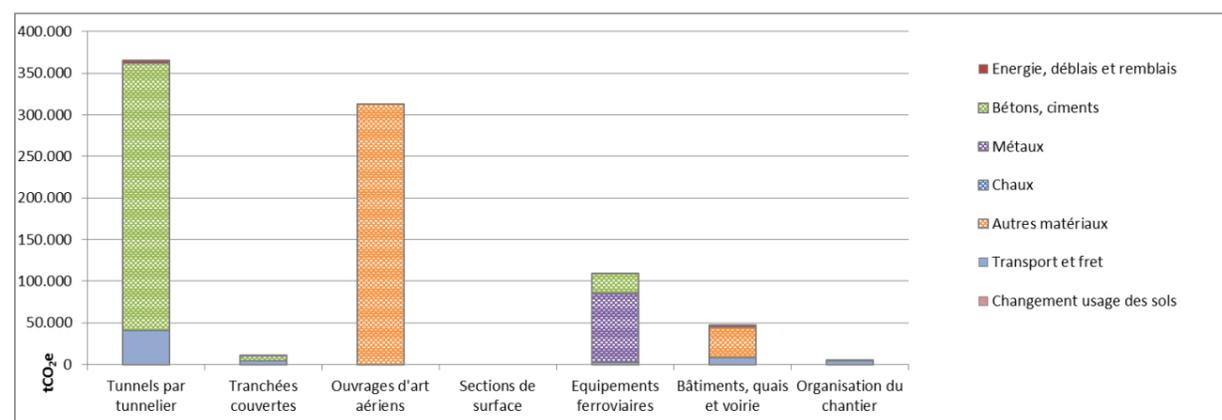
Le traitement des informations collectées a ainsi permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des parties de la ligne. Les valeurs sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent.

Emissions globales et par km de voie liées à la construction

Emissions globales (tég CO₂)	851 000
Emissions par km (tég CO₂/km)	24 200

¹⁹ Pour rappel, les gares d'Aéroport d'Orly et du CEA ne sont pas prises en compte dans l'analyse des impacts.

Le graphique suivant présente le croisement des flux d'émissions avec les flux d'activité.



Emissions de GES, en téq. CO₂, par type d'activité et par type de flux d'émissions

Les 2 flux prépondérants sont les émissions de GES engendrées par la production du béton et/ou du ciment ainsi que des matériaux nécessaires à la construction du viaduc. En effet, les quantités de ces matériaux qui sont mises en œuvre sont très importantes et cet effet de masse se combine avec un procédé de fabrication très émetteur de GES pour le béton et le ciment.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Choix des méthodes constructives limitant les émissions de GES : lors de la construction (et en amont lors des études de faisabilité et de la maîtrise d'ouvrage), les choix techniques des processus de construction et des matériaux sont cruciaux. En effet, la phase de construction est un poste d'émissions très important du projet.

Ces choix techniques constituent donc des leviers permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre du projet. En ce qui concerne le creusement par tunnelier, la qualité des voussoirs et les caractéristiques du radier influencent notamment les émissions de GES.

Tout au long de la conception du projet, les choix techniques évoqués précédemment seront donc réalisés de manière éclairée du point de vue des émissions de gaz à effet de serre. L'outil CarbOptimum® développé notamment à cet effet, sera utilisé afin d'évaluer les impacts de ces choix sur les émissions de gaz à effet de serre, et incarnera un outil pertinent permettant de réaliser un suivi dans le temps.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

La suite de l'analyse montrera qu'il n'y a pas, à proprement parler d'impact résiduel sur les gaz à effet de serre en phase chantier. En effet, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet ainsi que le développement territorial devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des émissions de gaz à effet de serre en Ile-de-France. Cet impact étant permanent, il devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les émissions de gaz à effet de serre mais aussi, à long terme, permettre de réduire les émissions en Ile-de-France.

8.3.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

8.3.3.1 Impact direct : émissions de GES liées au fonctionnement du métro

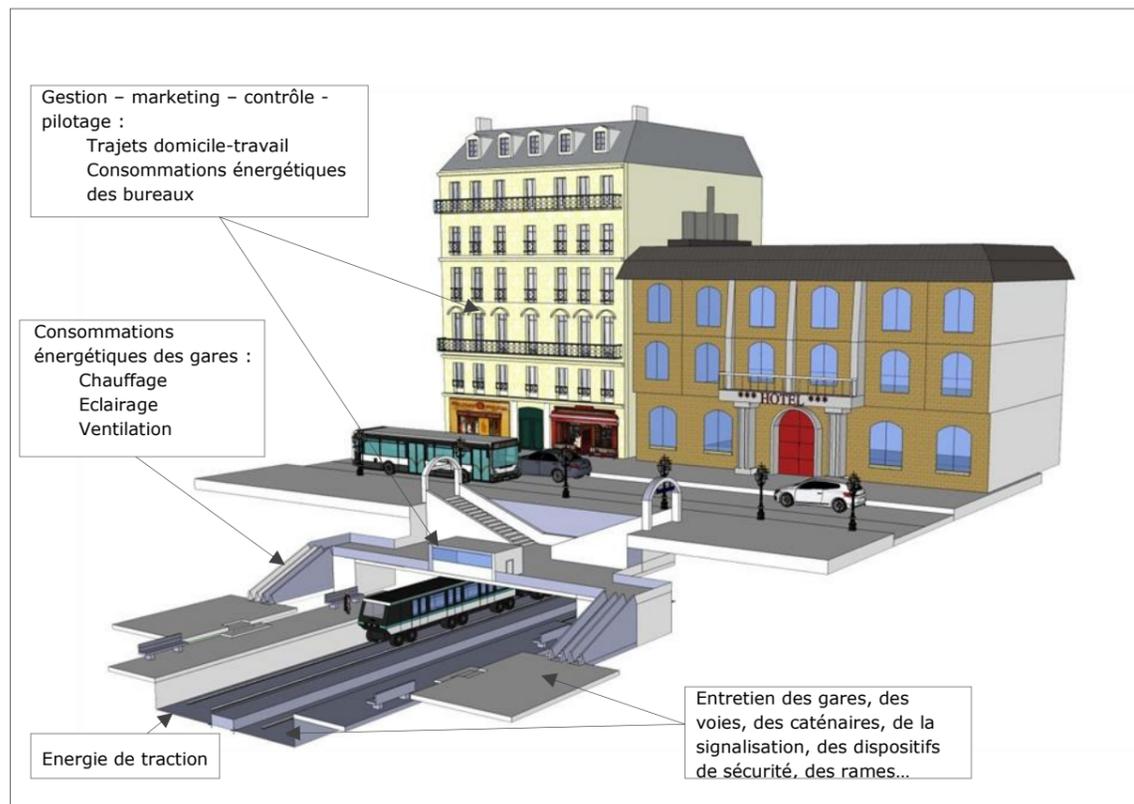
Lors des choix de conception du métro et des gares, l'enjeu sera également de favoriser un matériel roulant et des bâtiments durables et économes afin de limiter les émissions de gaz à effets de serre en phase d'exploitation.

A proximité des gares, il s'agira de mettre en place des mesures visant à assurer une urbanisation durable en densifiant le bâti.

Enfin en termes de mobilité, les enjeux sont également nombreux et consistent principalement à favoriser le report modal de la voiture particulière défavorable du point de vue des émissions de gaz à effet de serre au profit des transports en commun largement plus économes.

De nombreux flux de carbone sont liés au fonctionnement des infrastructures de transport. Il s'agit principalement de la consommation d'énergie et de tous les intrants liés au fonctionnement des trains et des gares :

- l'énergie de traction, nécessaire au mouvement des trains : les rames de transport de voyageurs sont mues en recourant à l'électricité. Les différentes fonctions à bord sont assurées par cette même énergie, parfois transformée (air comprimé pour le freinage, chaleur ou froid pour le confort thermique, etc.). 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, etc.) ;
- la consommation en énergie des gares (éclairage, chauffage, ventilation, etc.), les bâtiments d'accueil du public, de gestion et techniques (atelier de maintenance, etc.) consomment également de l'électricité et éventuellement des combustibles ;
- les émissions induites par toutes les activités de gestion, de marketing, de contrôle, de pilotage, etc. Ces émissions concernent la plupart des postes mentionnés dans les études préalables à la construction de l'infrastructure, c'est-à-dire : les trajets domicile-travail des employés, les consommations énergétiques des bureaux, l'amortissement du matériel et de l'immobilier ; le personnel travaillant au fonctionnement de l'infrastructure (agents de conduite, agents de maintenance, régulateurs...) induisent des déplacements quotidiens pour se rendre à leur travail et en repartir ;
- les émissions liées à l'entretien et renouvellement de l'infrastructure : l'infrastructure ferroviaire, les bâtiments et le matériel roulant demandent un entretien continu tout au long de leur durée de vie avec des consommations de pièces détachées, de produits d'entretien, etc. Des opérations plus lourdes de rénovation ou de renouvellement sont parfois aussi nécessaires.



Représentation des postes d'émissions de l'infrastructure en fonctionnement. (Stratec)

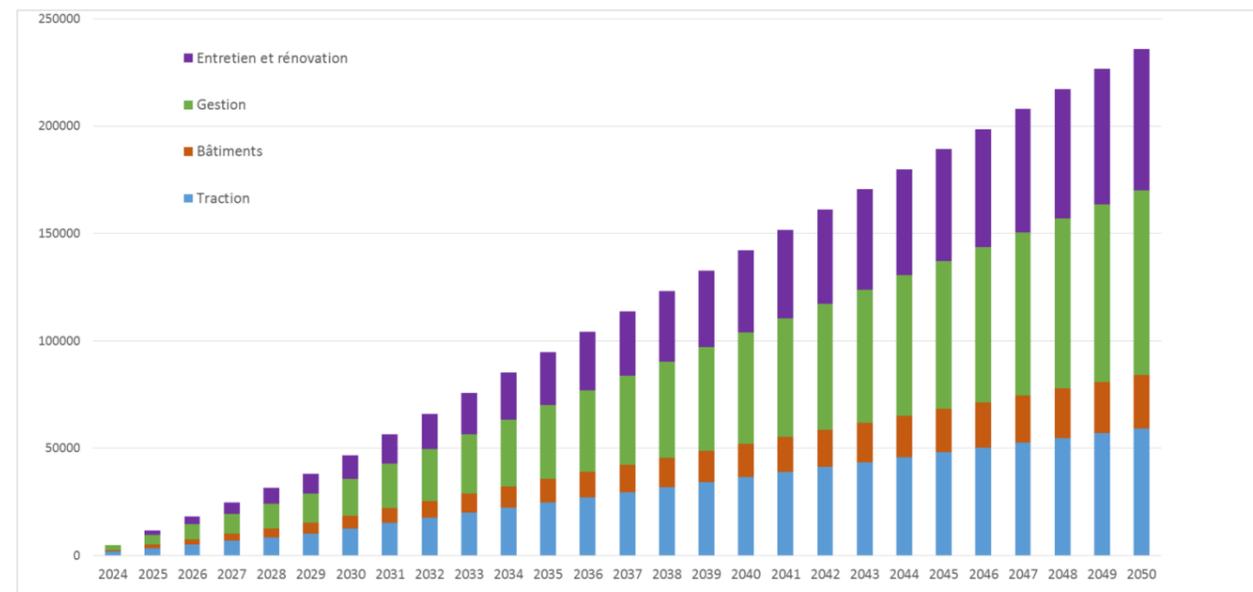
Les différentes typologies d'émissions identifiées sont les suivantes :

- émissions liées à l'énergie nécessaire à la traction : ces émissions se basent sur la consommation énergétique du métro, qui est calculée en fonction du nombre de voitures.kilomètres parcourus (voir la partie relative à l'énergie pour plus d'informations), et qui est ici convertie par le facteur d'émissions de l'énergie électrique. Les émissions liées à l'énergie de traction du projet s'élèvent à 1 712 teq CO₂ en 2024, 2 480 teq CO₂ en 2030, et les émissions cumulées s'élèvent à 59 136 teq CO₂ à l'horizon 2050 ;
- émissions liées à l'énergie nécessaire aux bâtiments : les émissions de GES liées aux consommations énergétiques des gares, du SMR/SMI sont issues des estimations de consommations d'énergie moyennes de ces bâtiments, comme dans la partie relative à l'énergie. Les émissions de CO₂ de l'utilisation des bâtiments sont de 829 teq CO₂ en 2024 et de 980 teq CO₂ en 2030 ;
- activités de gestion, de marketing, de pilotage : les émissions du projet liées aux activités de gestion ont été évaluées sur base des budgets prévisionnels pour de ces activités. Elles s'élèvent à 2 300 teq CO₂ en 2024 et 3 445 teq CO₂ en 2030 ;
- émissions liées au renouvellement du matériel et aux opérations lourdes de rénovation : une infrastructure de transport telle que celle du projet aura une durée de vie très longue que l'on peut considérer comme égale ou supérieure à 100 ans. Cependant, pour maintenir l'infrastructure dans un état optimal de fonctionnement, un renouvellement de certains équipements ferroviaires (rails, ...) 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 au cours du temps dès l'année suivant la mise en service du projet. Ainsi, les émissions de rénovation pour la Ligne 18 ont été évaluées à 1 831 teq CO₂ à partir de 2025 et 2 746 teq CO₂ par an à partir de 2031.

Le graphe suivant regroupe l'ensemble des émissions cumulées liées au fonctionnement de l'infrastructure : les émissions dues à l'énergie nécessaire à la traction du métro, à l'énergie des bâtiments, aux activités de gestion et à l'entretien.

Les résultats montrent que la gestion est le premier poste responsable des émissions de GES (37% en 2050), juste devant la rénovation et l'entretien (28%) et la traction (25%) et enfin le fonctionnement des bâtiments (10%).



Emissions (teq CO₂) cumulées par poste de fonctionnement pour le projet

8.3.3.2 Impact indirect : réduction d'émissions liées au report modal de la voiture vers les transports publics

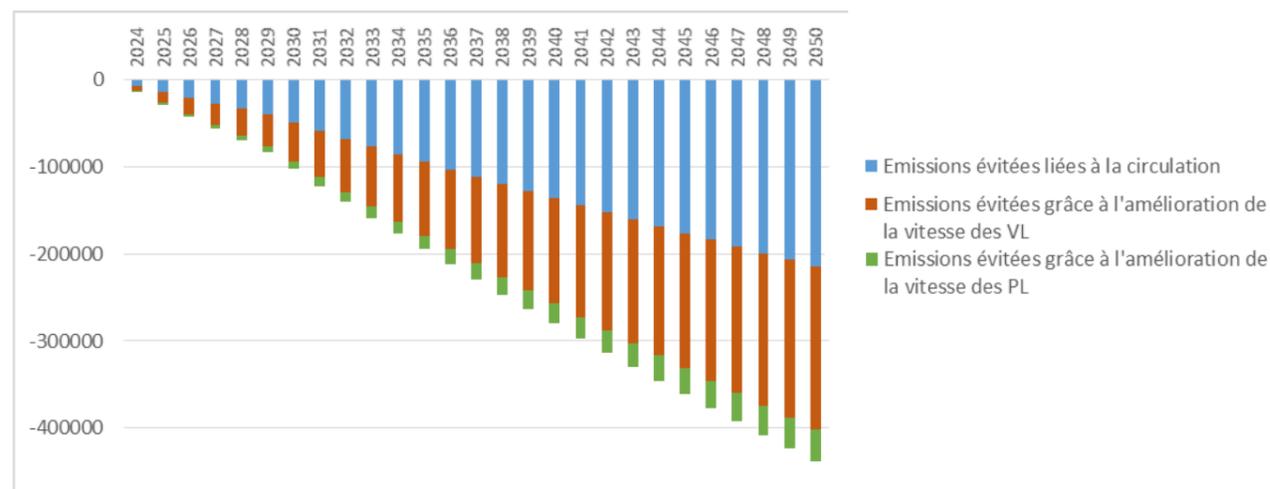
De par sa nature, le projet vise à améliorer la mobilité en Ile-de-France et à induire un report modal de la route vers les transports en commun. Ce report modal permettra une réduction de l'utilisation de la voiture particulière et donc des émissions qui en découlent.

Comme lors de l'estimation des gains énergétiques, deux effets principaux du projet de métro sur le trafic routier et sur les émissions de CO₂ sont constatés :

- une diminution des distances parcourues correspondant à une réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation de carburant et à l'usure des véhicules ;
- une augmentation de la vitesse moyenne des véhicules (légers et poids lourds) sur le réseau qui induit généralement une diminution des consommations (excepté sur les axes rapides et non saturés où l'augmentation peut être à l'origine d'émissions supplémentaires).

L'impact sur les distances parcourues a été évalué sur base des résultats du modèle de transport. Ce même modèle a également permis de déduire les vitesses moyennes de parcours sur les différents axes du réseau et d'estimer, les consommations moyennes en situation de référence et en situation de projet en tenant compte des effets de congestion.

La figure suivante représente les émissions évitées cumulées grâce à la mise en service de la Ligne 18 au cours du temps. Elle met en évidence la distinction entre les émissions liées aux distances parcourues et les émissions liées aux vitesses des véhicules.



Cumul des émissions évitées (téc CO₂) liées au trafic routier suite à la mise en service de la Ligne 18

8.3.3.3 Impact indirect : réduction d'émissions liées au développement territorial

L'Évaluation Stratégique Environnementale et l'étude méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre de la Ligne 18 et des mesures d'accompagnement adaptées est susceptible de créer des gains d'émissions de CO₂ non négligeables qui se traduiraient sous les formes suivantes :

- au niveau de la forme urbaine du bâti, en lien avec la densification du résidentiel et du tertiaire qui induit, notamment, des besoins en infrastructures de desserte (VRD) et une consommation moindre d'espaces vierges ;
- au niveau des performances énergétiques du bâtiment : l'urbanisation liée au projet est l'occasion d'entraîner un mouvement important de rénovations et de démolitions/reconstructions. Le renouvellement du parc bâti donne lieu à des bâtiments énergétiquement plus performants ;
- au niveau des effets induits de l'usage du sol sur la mobilité des franciliens : une stratégie d'aménagement incorporant densité et mixité urbaine autour de nouveaux nœuds d'une infrastructure TC d'envergure devrait encourager un raccourcissement des trajets terminaux et un report modal vers les transports en commun.

Cette partie « développement territorial » prend en compte les modifications de l'aménagement du territoire en fonction de la présence ou non du projet de Grand Paris Express.

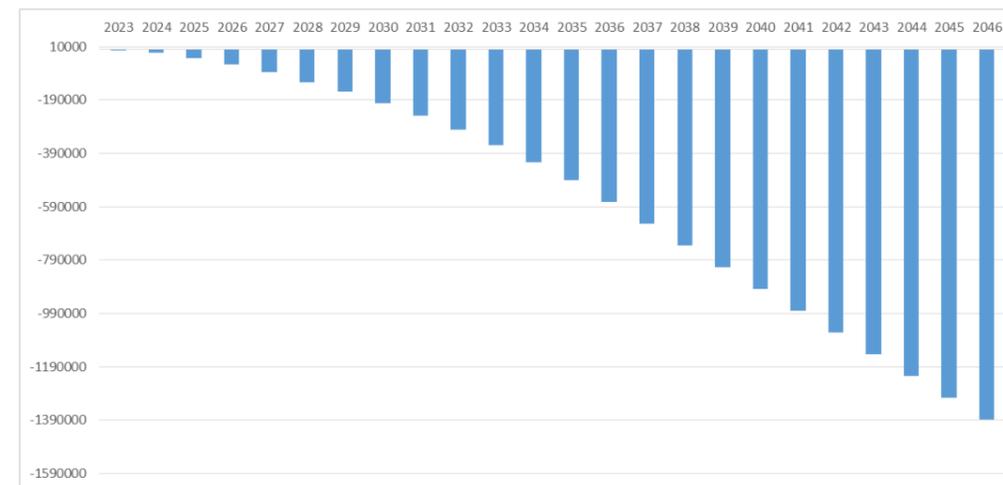
Ce volet calcule, d'ici à 2050, la différence d'émissions de ttec CO₂ induites par le projet et, ce, en considérant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments : construction, exploitation et fin de vie du bâti.

Comme détaillé dans la partie relative à la population, l'emploi et l'occupation du sol, la modification du territoire qu'amène le projet de la Ligne 18 entraîne un large gain des émissions de CO₂. Ces gains s'expliquent par l'impact du projet sur la densification et le renouvellement du bâti à proximité des gares : il y a moins de réseaux à construire, moins de surfaces rurales sont transformées en zones urbaines, la densification réduit les besoins en énergie (chauffage, transports), les services publics ont moins de distances à parcourir. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 1 400 milliers de ttec CO₂ à l'horizon 2050 (avec près de 82 milliers de ttec CO₂ pour la seule année 2050).

Les gains commencent à la mise en service partielle de la première partie de la Ligne 18, en 2024. Ils présentent ensuite un accroissement bien plus important à partir de 2030, à la mise en service de l'ensemble de la ligne.

Le renouvellement du bâti plus ancien et moins performant énergétiquement nécessite des travaux qui émettent des émissions de GES lors des premières années ce qui explique une décroissance des émissions plus faible dans les premières années.

Le graphique ci-dessous représente les émissions cumulées au cours du temps engendrées par les impacts indirects des différentes phases du projet sur le développement territorial.



Comparaison des gains (en ttec CO₂) cumulés liés au développement territorial

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

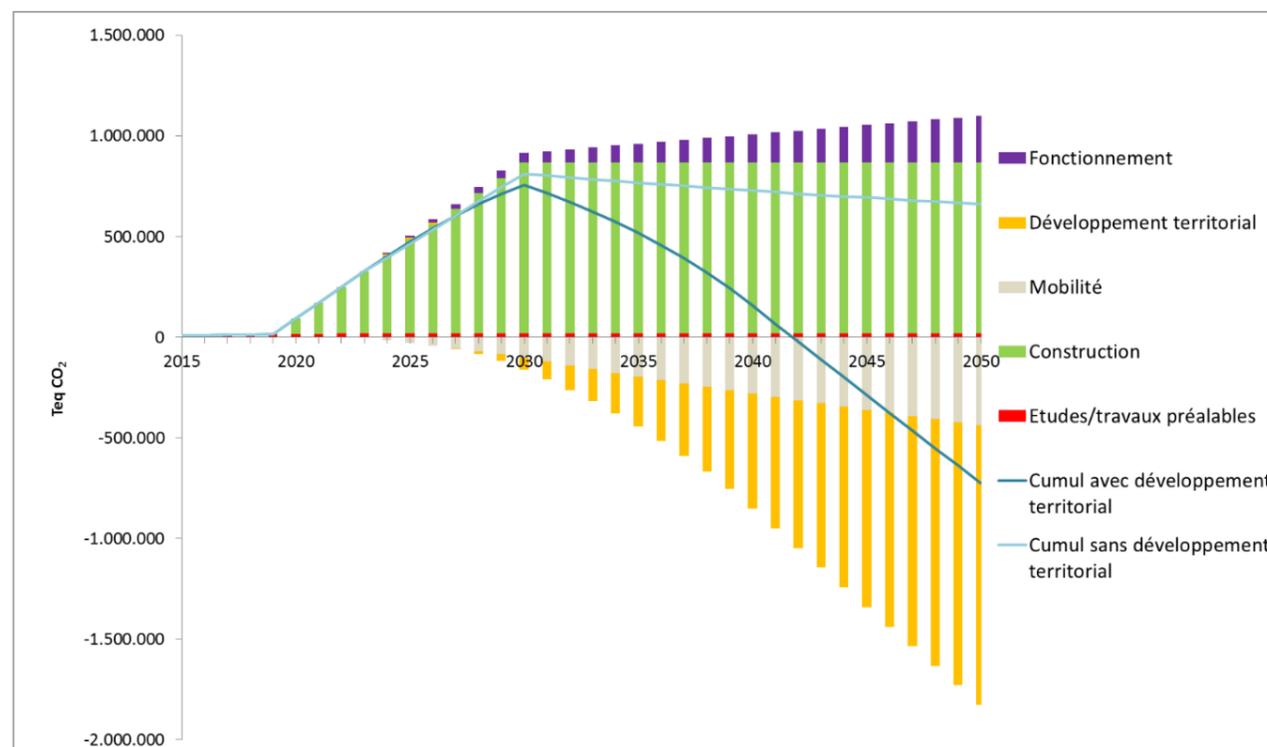
Comme expliqué dans le paragraphe suivant, les effets du projet sur les émissions globales des gaz à effets de serre sont positifs. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet mais plutôt d'optimiser le projet afin d'en maximiser les effets positifs.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Il n'y a pas d'impact résiduel sur les gaz à effet de serre en phase d'exploitation, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet ainsi que le développement territorial devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des émissions de gaz à effet de serre en Ile-de-France.

8.3.3.4 Bilan des émissions de gaz à effet de serre

Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre concernant la mise en service de la Ligne 18 sont présentés dans le graphique ci-après. Il permet de comparer les émissions de CO₂ induites ou évitées par les différentes thématiques.



Cumul des émissions de GES (en téq CO₂) liées à la réalisation de la Ligne 18

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction de l'infrastructure) induit des émissions de GES importantes. Dès la mise en service totale de la ligne, le cumul global des émissions induites et évitées commence à décroître. Les émissions induites ne sont plus alimentées que par les émissions de fonctionnement de l'infrastructure. En parallèle, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France et grâce à l'aménagement du territoire augmentent et deviennent de plus en plus importantes dans le bilan global.

Le cumul des émissions induites et évitées représenté sur la figure précédente permet d'estimer la période nécessaire pour que les émissions évitées compensent les émissions induites par la conception et la construction de l'infrastructure. En 2042, c'est-à-dire 12 ans après sa mise en service totale, les émissions induites par le projet sont entièrement compensées par les émissions

évitées grâce aux impacts du projet sur le développement territorial et sur la mobilité en Ile-de-France. Le bilan décroît ensuite rapidement grâce aux émissions évitées au niveau de la mobilité mais également grâce aux impacts sur le développement territorial qui s'intensifient avec le temps.

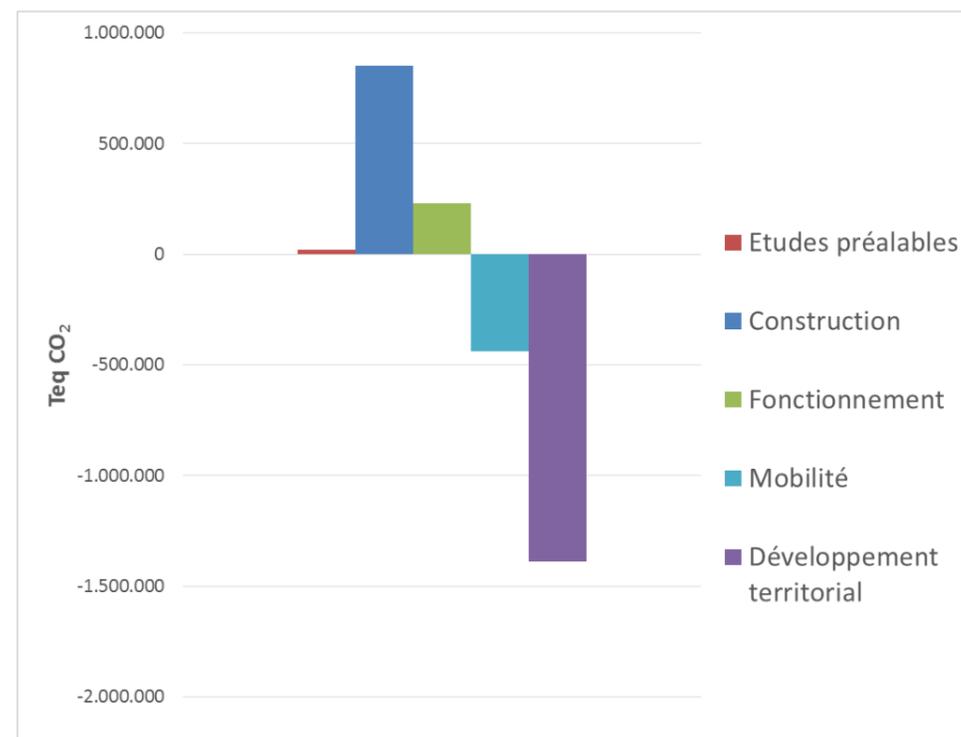
Sans tenir compte des émissions évitées grâce au développement d'une structure urbaine plus durable, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France ne permettent pas de compenser les émissions induites par le projet de la Ligne 18. En effet, les émissions compensées par la mobilité couvrent seulement les émissions liées au fonctionnement de l'infrastructure. Cependant, ce gain ne permet pas de compenser les émissions liées à la construction. Deux phénomènes cumulés expliquent ce phénomène :

- la construction de la Ligne 18 est très émettrice de CO₂, notamment à cause de la partie aérienne (viaduc) du projet ;
- les gains liés à la mobilité sont faibles pour cette ligne : le nombre de voyageurs utilisant le futur métro est moindre que sur les autres lignes et l'impact sur le trafic est donc moins important.

La combinaison de ces deux facteurs implique un « coût carbone construction » trop important par rapport à la « rentabilité » de la ligne en matière de mobilité.

Cependant, les gains liés à la densification autour des gares et un développement d'une structure urbaine plus durables permettent, pour leur part, de venir compenser ce « coût carbone construction ».

A l'horizon 2050, les émissions induites et évitées depuis la mise en service de la Ligne 18 se répartissent selon la figure suivante :



Bilan des émissions de GES cumulées (en téq CO₂) par poste pour la Ligne 18, à l'échéance 2050

Les résultats illustrent bien que le poste le plus important est le développement territorial. Les postes de construction des études préalables seront compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement territorial permettront de largement réduire les émissions de GES à l'horizon 2050 et de compenser le poste de la construction. Au total, ce sont plus de 700 milliers de teq CO₂ qui seront émises en moins d'ici 2050, contribuant ainsi aux efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions (facteur 4).

Pour rappel, les émissions de gaz à effets de serre issues du trafic routier en Ile-de-France représentaient 18 000 000 téq CO₂ en 2005²⁰. L'analyse des impacts du projet sur les émissions du trafic routier montre que la diminution est d'approximativement -19 000 téq CO₂ par an à l'horizon 2030. Ces émissions évitées représentent donc une diminution d'environ -0,1% des émissions régionales liées au transport routier.

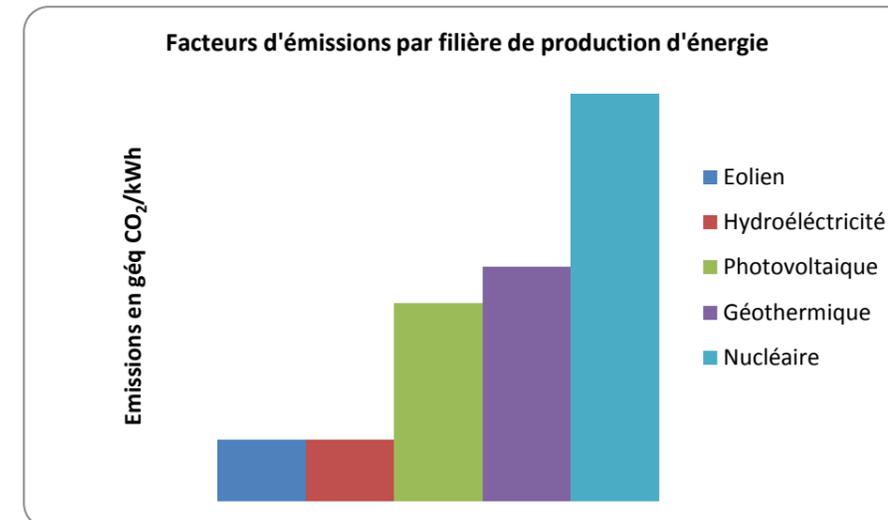
Concernant le développement territorial, les émissions annuelles des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France s'élevaient à 26 000 000 téqCO₂ en 2005. Le projet permet une diminution d'environ -24 000 téqCO₂/an à l'horizon 2030. Ceci correspond donc à une diminution de respectivement -0,1% des émissions de 2005 à l'horizon 2030.

Les impacts du projet sont donc non négligeables mais loin des -75% attendus à l'horizon 2050. Il est donc essentiel de comprendre que le projet du Grand Paris Express ne constitue qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommation énergétiques.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Les effets du projet sur les émissions globales des gaz à effets de serre sont positifs. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet mais plutôt d'optimiser le projet afin d'en maximiser les effets positifs. Ainsi, les mesures d'optimisation suivantes peuvent être développées :

- préconisations liées à **l'optimisation de la consommation énergétique** : les émissions de CO₂ dues au fonctionnement sont largement dépendantes des consommations énergétiques. Les préconisations détaillées dans la partie « énergie » s'appliquent donc également ici ;
- **encourager le report modal vers les transports en commun** : là encore, toutes les mesures encourageant un report modal de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet. Pour plus de détails, le lecteur se référera aux préconisations formulées dans la partie « qualité de l'air » ;
- **utilisation d'énergies renouvelables** : en ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des énergies renouvelables est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles, comme le montre la figure qui suit.



Facteurs d'émissions de différentes filières de production d'électricité (ADEME, Guide des facteurs d'émissions V6.1)

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du métro 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 ;

Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « population, emploi et occupation du sol ».

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Il n'y a pas, à proprement parler, d'impact résiduel sur les gaz à effet de serre en phase construction. En effet, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet ainsi que le développement territorial devrait permettre, en phase de fonctionnement, une diminution des émissions de gaz à effet de serre en Ile-de-France. Cet impact étant permanent, il devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les émissions de gaz à effet de serre mais aussi, à long terme, permettre de réduire les émissions en Ile-de-France.

MESURES DE SUIVI

La mise en place d'un outil de suivi des émissions de GES produites par les infrastructures et les bâtiments du Grand Paris Express permettra un suivi dans le temps de l'empreinte écologique du réseau. Ces données seront corrélées avec l'évolution du trafic routier sur le réseau francilien afin d'estimer la diminution des gaz à effets de serre issus de la circulation suite à la mise en service du projet.

²⁰ Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails

8.3.4. Synthèse des impacts et mesures concernant les émissions de gaz à effets de serre

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Ensemble de la ligne	Impact indirect : augmentation des émissions de GES liées aux travaux et études préalables à la construction de la Ligne 18	Phase étude : Bilan carbone des études préalables à la construction	/	/	Outil de suivi des émissions de GES	/
	Impact direct : augmentation des émissions de GES liées à la construction de l'infrastructure	Phases étude et chantier : Choix de méthodes constructives limitant les émissions	/	/		/
	Impact direct : augmentation des émissions de GES liées au fonctionnement du métro	Phases étude et chantier : Définition de choix stratégiques réduisant les besoins de l'infrastructure Construction de bâtiments faiblement énergivores Préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique Utilisation d'énergies renouvelables	/	/		/
	Impact indirect : réduction des émissions de GES liées au report modal de la voiture vers les transports publics	Phase d'exploitation : Encourager le report modal vers les transports en commun	/	/		/
	Impacts indirect : réduction et émissions de GES liées au développement d'une structure urbaine plus durable	Phase d'exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial	/	/		/
	Bilan global : réduction globale et durable des émissions de gaz à effet de serre de la Région Ile-de-France	/	/	/		/

8.4. Qualité de l'air

8.4.1. Rappel des enjeux

L'impact du projet sur la qualité de l'air est principalement lié à son impact sur le transport routier et sur les émissions de polluants atmosphériques qui en découlent. Le trafic routier étant responsable d'une part importante des émissions de certains polluants atmosphériques (notamment les oxydes d'azote et les particules fines), le métro pourrait influencer de manière sensible les concentrations de ces polluants. Cette influence représente un enjeu important du projet puisque les seuils de pollution de certains polluants pouvant causer des impacts sur l'environnement et la santé sont fréquemment dépassés en Ile-de-France.

La réduction des émissions passe également par un développement de la ville autour de centres névralgiques de transport en commun. La concentration des activités et la densification des logements autour des futures gares ainsi que l'aménagement de la desserte de ces gares par les modes doux représente donc aussi un enjeu pour permettre d'éviter l'émission de polluants dus au trafic dit du « dernier kilomètre », c'est-à-dire depuis le point de départ/arrivée et la gare.

Le métro lui-même n'émet que des quantités très limitées de polluants atmosphériques. Ces émissions peuvent cependant mener à des concentrations en polluants relativement élevées dans les gares et à proximité des puits de ventilation.

À l'intérieur des espaces confinés du métro, l'enjeu consistera à étudier les possibilités de limiter les concentrations de particules fines et à sélectionner un matériel roulant le moins émissif possible. La localisation des puits de ventilations devra également être définie de manière stratégique afin de limiter l'exposition prolongée des personnes.

Les travaux de construction de l'infrastructure pourraient, par ailleurs, induire des émissions de polluants atmosphériques, notamment par la mise en suspension de poussières et par le charroi nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais. L'enjeu au cours de cette phase sera donc de choisir les méthodes de travail les moins émissives possibles et de mettre en place des mesures afin de limiter les émissions de polluants atmosphériques.

8.4.2. Impacts et mesures en phase chantier

Les sorties d'engins et de camions du chantier provoquent des dépôts de terre et boue sur la voie publique, en particulier lors des phases de terrassement ou de démolition. Outre les nuisances visuelles, ces dépôts sont source d'insécurité car ils rendent la chaussée glissante.

Les salissures en construction neuve peuvent provenir des billes du polystyrène utilisées pour les réservations dans le gros œuvre. Lors du débouchage des réservations, les billes s'envolent au voisinage du chantier.

Les émissions de poussière sont également importantes lors des remplissages des silos à ciment.

De même, lors de certaines phases d'abattage, les chantiers de démolition provoquent des nuages de poussière. Altérant la qualité de l'air et salissant les parcelles et façades environnantes, ces poussières sont très mal perçues par le voisinage.

Le positionnement d'engins de chantier à moteur thermique à proximité de zones sensibles comme une façade de bâtiment occupé, une rue étroite ou un cheminement piétonnier est une source de nuisance supplémentaire de bruit et de pollution de l'air.

Les gares de la Ligne 18 se situant toutes au cœur de milieux urbanisés, l'altération de la qualité de l'air local, le salissement des parcelles et des façades ainsi que les nuisances sonores induites par les engins de chantier représentent des problématiques importantes à prendre en compte lors de la phase chantier du projet.

Enfin, le charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures est important et générera des émissions de polluants atmosphériques tout comme les engins de chantier.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Les zones de chantier étant situées principalement en zones urbaines, il sera important de **limiter au maximum les émissions de poussières** afin de limiter les impacts sur les zones proches. Ces émissions concernent principalement les émissions de particules fines.

Afin de limiter l'émission de poussières, les recommandations suivantes seront appliquées :

- 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 pas 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 coupes produisant de la poussière.

Concernant le **transport de matériaux ou de déblais**, le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. Outre ces désavantages, les nuisances générées (augmentation du trafic et bruit) peuvent constituer des facteurs limitant, notamment pour les horaires de fonctionnement.

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes, il est fondamental d'en organiser sérieusement l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les

distances parcourues et les impacts induits. Il faudra ainsi réduire au maximum le parcours sur le réseau routier des camions nécessaires à cet ouvrage, le nombre de ces derniers étant particulièrement conséquent. Vu la localisation des différents chantiers de la Ligne 18 une évacuation par voie fluviale ou voie ferroviaire n'était pas pertinente, les grands axes autoroutiers alentours se prêtant mieux à cette situation et permettent de limiter la perception de nuisance à l'échelle locale.

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).

L'impact des camions sur le trafic et les émissions de polluants pourra être minimisé :

- en définissant un plan de circulation tenant compte des particularités locales pour permettre de réduire les incidences. Ce plan sera spatial et temporel afin d'éviter les axes congestionnés et les pics de pollutions ;
- en prévoyant un phasage des chantiers. Les chantiers conduits simultanément génèrent des effets qui se cumulent, voire s'amplifient en fonction de la localisation géographique.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. À ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

8.4.3. Impacts et mesures en phase d'exploitation

8.4.3.1 Qualité de l'air extérieur

Le calcul des émissions de polluants en phase d'exploitation a été basé sur la méthodologie COPERT IV (*Computer Program to calculate Emissions from Road Transport*) et sur un modèle de dispersion des polluants. De manière synthétique, cette méthodologie européenne permet le calcul des émissions de polluants du transport routier à partir des hypothèses de constitution du parc automobile et des conditions de trafic. Pour ce faire, le calcul des émissions se base sur les flux de trafic annuels et les vitesses moyennes des véhicules. Ces données ont été obtenues à partir des résultats du modèle de transport. L'analyse a ainsi permis de quantifier et de cartographier les émissions et concentrations à l'horizon 2030 en situation de référence et en situation de projet sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France.

Les polluants considérés sont les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les particules fines (PM), le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures non méthanique (COVNM), le benzène, le nickel (Ni) et le cadmium (Cd), car ils constituent de bons indicateurs des émissions du trafic routier. Par ailleurs, ces polluants représentent un enjeu important pour le projet car les concentrations de certains d'entre eux (en particulier le NO₂ et les PM₁₀) dépassent régulièrement les valeurs limites annuelles à proximité des grands axes routiers.

Outre l'application des mesures réglementaires nationales sur les concentrations des principaux polluants, des plans spécifiques pour l'air sont prévus à l'échelle de l'Ile-de-France depuis la loi LAURE : en l'occurrence le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) et le Plan Régional de la

Qualité de l'Air (PRQA). Ces deux documents fixent des objectifs chiffrés en termes de concentrations de polluants visant à améliorer la qualité de l'air.

Comme pour la mobilité, l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la Ligne 18 est fortement lié au réseau du Grand Paris dans son ensemble. Ainsi, l'analyse sera réalisée en deux temps : le premier temps permet d'isoler les impacts de la Ligne 18 à l'horizon de sa mise en service dans sa totalité (2030) ; le deuxième permet de remettre le tronçon dans le contexte global du réseau dans sa quasi-totalité (2030).

En situation de référence, la pollution est globalement en forte diminution à l'horizon 2030 grâce, principalement, à l'amélioration du parc automobile. Entre la situation initiale (2005) et la situation de référence, les émissions de NO_x diminuent, par exemple, de 85%. Cette diminution s'explique par le renouvellement du parc automobile et l'introduction progressive des véhicules catalysés. En ce qui concerne l'évolution des émissions de particules fines, qui sont majoritairement émises par les véhicules diesel, une diminution de 78% est constatée. Cela est dû à la généralisation des filtres à particules dans les années à venir.

Le CO, les COVNM et le benzène réagissent sensiblement de la même façon, avec 81% à 84% d'émissions en moins entre 2005 et 2030. Les émissions de nickel ne diminuent, par contre, que légèrement, alors que les émissions de Cadmium ne présentent aucune diminution. Ces émissions sont, en effet, essentiellement dues à l'usure des véhicules (parties métalliques, plaquettes de freins, moteurs...) et sont donc moins influencées par les normes en vigueur. Enfin, les émissions de SO₂ sont considérées comme nulles, le carburant (source du soufre) se voyant pratiquement entièrement désulfuré.

Entre la situation initiale et la situation de référence, trois profils d'évolution différents sont distingués :

- pour les PM, les NO_x, le CO, les COVNM et le benzène, les émissions entre 2005 et 2030 sont fortement diminuées grâce à l'évolution du parc roulant (objectifs réglementaires, volonté des constructeurs...) (catégorie 1) ;
- pour le SO₂, cas particulier, les émissions seront nulles en 2030 grâce à la volonté de désulfurer au maximum le carburant lors de la production (catégorie 2) ;
- enfin, pour les métaux lourds (nickel et cadmium), les émissions diminuent légèrement, voire sont quasi-stables d'ici 2030, celles-ci résultant essentiellement de l'usure des véhicules des frottements (catégorie 3).

Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM₁₀, NO_x, CO, COVNM, benzène, SO₂, Nickel et Cadmium

		PM ₁₀	NO _x	CO	COVNM	benzène	SO ₂	Ni	Cd
		t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	kg/an	kg/an
Situation initiale (2005)		6 158	62 248	123 406	22 441	1 320	0	149	48
Horizon 2030	Sans Ligne 18	1 367	9 304	23 667	3 728	211	0	146	48
	Avec Ligne 18	1 366	9 295	23 652	3 724	211	0	145	48
	Réduction des émissions référence - sit. init. (%)	-78%	-85%	-81%	-83%	-84%	0%	-2%	0%
	projet - référence	-1,3	-8,2	-14,8	-3,2	-0,2	0	-0,1	0
réduction des émissions projet - référence (%)		-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	0%	-0,1%	0%

1
2
3

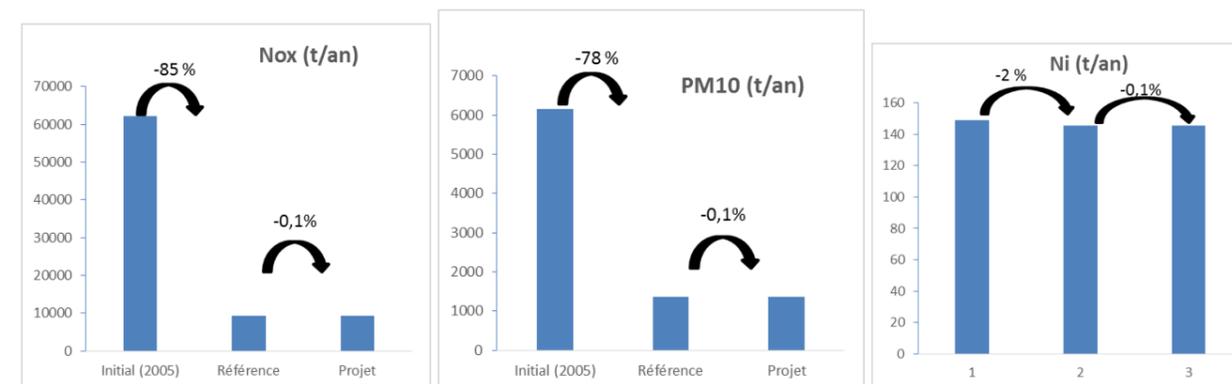
La comparaison entre la situation avec projet et la situation initiale (2005) montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. Le projet ne permet généralement que d'amplifier de manière très marginale les réductions réalisées grâce à l'amélioration du parc automobile.

Ainsi, la Ligne 18 permet, en 2030, d'engendrer une diminution supplémentaire de la plupart des polluants étudiés (PM₁₀, NO_x, CO, COVNM, benzène et Ni) de 0,1% par rapport à la situation de référence. La réduction de trafic que crée l'arrivée de la Ligne 18 en 2030 a donc des conséquences globalement positives en termes d'émissions de polluants atmosphériques mais faibles par rapport aux diminutions réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

En termes de quantités, la Ligne 18 permet de réduire les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier de 1,3 tonne par an à l'horizon 2030. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 8 tonnes par an.

Ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapport aux évolutions prévues entre la situation initiale 2005 et les situations avec ou sans projets à l'horizon 2030, comme le montre la figure ci-dessous pour chacune des trois catégories de polluants identifiées précédemment.

Comparaison des émissions annuelles 2005, 2030 en situation de référence et 2030 avec Ligne 18, pour les PM₁₀, le NO_x et le Nickel



MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

En ce qui concerne les gares identifiées comme à enjeux (Antony-pôle et Versailles Chantiers), le trafic routier dans leurs zones d'influence devra être réduit au maximum afin de diminuer les concentrations en polluants atmosphériques à proximité des gares, où le nombre de personnes en transit est important (et donc le nombre de personnes exposées). Inciter à l'utilisation de modes doux afin de rejoindre la gare peut par exemple représenter une solution.

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 relève du ressort des pouvoirs publics et doit être pensée de manière stratégique à l'échelle régionale, puis transcrite de manière opérationnelle à l'échelle locale.

Les mesures influençant directement l'utilisation des véhicules particuliers, par exemple, la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain. Ces mesures rendent l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive par exemple en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords des gares afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et,

ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares. Les contrats de développement territorial prévus par la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris seront, dans ce cadre, un outil déterminant pour renforcer les effets de l'infrastructure.

Le métro du Grand Paris améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

A ce titre, la Ligne 18 permet, par sa position, de renforcer le réseau de transport en commun en desservant notamment l'aéroport d'Orly, mais aussi des zones où le maillage actuel est peu dense. Ce tronçon présente également plusieurs correspondances avec le réseau existant ou à venir : RER B, RER C, Transilien, Tram.

L'analyse des variations de concentrations de polluants atmosphériques entre la situation de référence et la situation de projet a montré l'effet positif du projet principalement le long des grands axes routiers. L'analyse a également montré que certaines zones localisées pouvaient, au contraire, subir une augmentation de trafic limitée et donc une augmentation des concentrations de polluants. Il est évident qu'un changement profond du système de transport tel que celui insufflé par l'arrivée du Grand Paris modifie l'ensemble des flux de trafic et peut mener dans certaines zones à des augmentations de trafic. Il n'est pas possible à ce stade de planifier l'organisation de toutes les routes locales de l'Ile-de-France. Cependant, il sera crucial pour toutes les communes fortement impactées par l'arrivée du Grand Paris d'adapter leur plan de circulation. Des mesures locales devraient ainsi permettre de rediriger le trafic routier afin de protéger les zones d'habitats.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

La présence du SIRT (cf. pièce G.1 du dossier de DUP) sur le territoire du projet permettra de suivre en continu les indicateurs d'évolution de la qualité de l'air tout au long de la réalisation du projet et à plus long terme.

8.4.3.2 Qualité de l'air intérieur

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs représente un enjeu important car l'Homme passe une partie importante de son temps dans des espaces fermés (habitation, bureau, voiture, etc.). De nombreuses études ont donc été menées afin de déterminer les concentrations moyennes dans différents environnements confinés en particulier dans les habitations et les bureaux. Les gares étant des lieux de transit où les usagers ne restent généralement que pour des durées limitées, elles n'ont pas joui de la même attention et seules quelques études ont été réalisées afin d'évaluer les concentrations moyennes en différents polluants dans les gares souterraines.

Dans son rapport sur la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France²¹, la Direction Générale de la Santé récapitule notamment les données concernant différents polluants dont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), les oxydes d'azote (NO et NO₂), l'ozone (O₃), le dioxyde de soufre (SO₂), les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et les particules en suspension. Les résultats montrent que les concentrations en monoxyde de carbone, ozone, dioxyde de soufre, HAM, etc. sont équivalentes ou inférieures à celles observées à l'extérieur. Les concentrations en dioxyde d'azote sont, par ailleurs, généralement inférieures aux valeurs des stations de proximité automobile. Par contre, les concentrations en particules fines sont toujours très supérieures dans les enceintes ferroviaires souterraines qu'à l'extérieur.

Les sources des concentrations élevées en particules fines sont multiples :

- l'exploitation ferroviaire notamment par l'exploitation du matériel roulant (système de freinage, usure des roues, frottements roues/rails etc.) ;
- les travaux d'entretiens et de maintenance ;
- les voyageurs : le mouvement des voyageurs génère des poussières et ralentit la sédimentation des particules en suspension ;
- l'air extérieur, pénétrant dans les enceintes souterraines par les ouvertures des stations et le réseau de ventilation : les polluants de l'air extérieur se retrouvent donc également dans les enceintes souterraines.

Il s'agit donc de sources particulièrement diffuses et dont la participation dans les concentrations finales peut être très variable. Certaines sources sont liées à l'infrastructure elle-même (par exemple les particules générées par le système de freinage) mais d'autres sont totalement indépendantes et inhérentes aux espaces publics (notamment celles générées par les utilisateurs de la gare).

Les effets des particules sur la santé sont issus de leur dépôt dans l'appareil respiratoire, qui dépend de l'ampleur de l'exposition, des conditions physiologiques (fréquence respiratoire, volume inhalé, âge, état de santé, etc.) et des propriétés physico-chimiques des particules (diamètre, charge électrique, etc.). Ainsi, les particules de diamètre plus élevé se déposent principalement dans les parties supérieures (cavité nasale, larynx, trachée) tandis que les particules les plus fines peuvent pénétrer en profondeur dans les poumons (bronchioles et alvéoles). De plus, les constituants à l'origine des effets n'ont pas été clairement identifiés, ni leurs mécanismes d'action.

Néanmoins, le lien entre exposition et pathologies cardiovasculaires est largement admis. Les particules fines peuvent avoir des effets sur les voies respiratoires supérieures et les bronches (inflammations, aggravation de l'état de santé des personnes atteintes de maladies cardiaques et pulmonaires, stress oxydatif agissant directement sur les fonctions respiratoires...). Elles favorisent également la progression de l'athérosclérose ainsi que des perturbations du système de coagulation. Enfin, associées avec des autres composés, les particules peuvent engendrer des allergies chez les malades atteints de pathologies obstructives (asthme, etc.).

Comme détaillé dans la pièce G.1, dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires, les particules fines sont caractérisées par de fortes proportions de particules métalliques (dues au matériel roulant) et sont donc très différentes des particules fines présentes dans l'air extérieur (issues d'un mélange de polluants gazeux et particulaires, influencées par les phénomènes de

²¹ *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, Juillet 2003.*

combustion liées au trafic). Ainsi, il est peu significatif de comparer les effets sanitaires des particules fines dans les enceintes souterraines aux valeurs guides pour les pollutions atmosphériques en milieu extérieur et le risque sanitaire potentiel lié à leur exposition reste ainsi à évaluer spécifiquement.

Quelques études épidémiologiques et toxicologiques ont été menées en France et en Europe, mais restent cependant très parcellaires et ne permettent pas de conclure de manière univoque. Les différents travaux menés ont, de plus, conduit à des résultats parfois discordants ou n'ont pas été menés sur des échantillons représentatifs.

Cependant plusieurs points sont à soulever :

- une toxicité accrue au niveau cellulaire par rapport aux particules de l'air extérieur (études menées sur des particules obtenues dans les métros de Londres, Paris et Stockholm). Cependant, les concentrations des extraits de particules auxquels ont été exposées les cellules sont bien plus élevées que celles qui peuvent être atteintes dans les régions alvéolaires des poumons des individus fréquentant ces enceintes souterraines (les effets observés apparaissent à une concentration environ 40 000 fois supérieure). De plus, les effets inflammatoires observés in vivo (test chez le rongeur) restent transitoires, ils disparaissent au bout de 24 heures. Cela n'écarte pas toutefois, la question des effets à une exposition répétée à faible dose (d'autres études sont nécessaires) ;
- une génotoxicité 8 fois plus importante des particules du métro de Stockholm par rapport aux particules prélevées en milieu extérieurs a été mise en évidence (provoque, à concentration équivalente, des lésions sur l'ADN) ;
- le possible rôle du fer dans la toxicité des particules du métro (notamment sa forme soluble ou insoluble ainsi que son état d'oxydation). Cependant, les différentes études menées à ce sujet arrivent à des résultats parfois contradictoires ;
- les études épidémiologiques permettent d'approcher les effets d'une exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire via la comparaison de l'état de santé d'individus exposés et non exposés. Les études menées jusqu'à présent ne mettent pas en évidence de risques liés à l'exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire sur la santé respiratoire, que ce soit à court ou long terme. Cependant, la plupart des évaluations ont été menées chez les travailleurs, ces résultats ne peuvent donc pas être directement transposés à la population générale qui comporte des populations plus sensibles. Il n'est donc toutefois pas possible de conclure à l'absence de risque.

Du point de vue du cadre réglementaire, pendant longtemps, la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments et espaces clos n'a pas été considérée comme une préoccupation majeure. Ainsi, le cadre réglementaire est restreint et ne concerne qu'une minorité de polluants. Cependant, quelques valeurs guides ont été introduites soit par des instances internationales, soit par des organismes nationaux.

Comme il n'existe pas de critères sanitaires, de Valeurs Toxicologique de Référence (VTR) ou de Valeurs Guide de l'Air Intérieur (VGAi) dans les bases de données habituelles, il est recommandé de suivre les valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Valeurs Guides de l'OMS pour les PM10 et PM2.5 pour des expositions par inhalation

	PM _{2.5}	PM ₁₀
Exposition aiguë (24 heures)	25 µg/m ³	50 µg/m ³
Exposition chronique (année)	10 µg/m ³	20 µg/m ³

Ces valeurs concernent une exposition prolongée et peuvent donc difficilement être interprétées par rapport à une exposition très limitée dans le temps tel qu'un trajet en métro. Seul le Canada propose une valeur guide de courte durée pour l'air intérieur : 100 µg/m³ pour 1h.

En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), a rendu le 3 mai 2001, un avis relatif à l'élaboration de valeurs de référence de qualité d'air pour les PM₁₀ dans les enceintes ferroviaires souterraines. Il recommande de tenir compte du temps de séjour des usagers mais également de leurs expositions le reste de la journée à des concentrations dans les différents lieux de vie ne dépassant pas, au total, la valeur limite journalière de la directive européenne 1999/30/CE, y compris les jours de pollution particulière élevée. Les valeurs pour 8 scénarios correspondant à 4 durées quotidiennes de séjour dans les enceintes ferroviaires souterraines variant de 1h30 à 2h15, et à 2 périodes distinctes huit valeurs rapportées dans le tableau suivant :

Valeurs calculées pour différentes durées d'exposition dans les enceintes ferroviaires souterraines (Direction Générale de la Santé, 200322)

	2001	2005
	CLim/jour = 50+ 40% soit 70 µg/m ³	CLim/jour = 50 µg/m ³
	P90extérieur = 33 µg/m ³	P90extérieur = 23 µg/m ³
Tsout = 1h30	VGAIsout < 625 µg/m ³	VGAIsout < 455 µg/m ³
Tsout = 1h45	VGAIsout < 540 µg/m ³	VGAIsout < 393 µg/m ³
Tsout = 2h	VGAIsout < 477 µg/m ³	VGAIsout < 347 µg/m ³
Tsout = 2h15	VGAIsout < 428 µg/m ³	VGAIsout < 311 µg/m ³
Tsout = temps passé dans l'enceinte ferroviaire souterraine		

Pour l'année 2010, si le même calcul était appliqué, la concentration de référence s'élèverait à 145 µg/m³ pour Tsout=2h et 250 µg/m³ pour Tsout=1h. Ce calcul présente toutefois des limites puisque d'une part, il ne tient pas compte de la composition des particules, et d'autre part, il ne considère pas l'ensemble des microenvironnements fréquentés par la population.

En termes d'objectifs de réduction des concentrations, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) a publié un rapport en 2013²³ qui préconise une valeur cible (pour l'exposition chronique) de

²² Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de l'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, 2003

²³ Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - les particules, Haut Conseil de la Santé Publique, 2013

10µg/m³ pour les PM2.5 et 15µg/m³ pour les PM10 à l'horizon 2025 à atteindre de manière progressive au cours du temps (20 et 30µg en 2015).

Concernant l'évaluation de l'exposition aux particules fines, les sources de ces polluants sont particulièrement diffuses et ne dépendent que partiellement de l'infrastructure elle-même. De plus, le type de matériel roulant, la position exacte et les débits des différents groupes de ventilation n'étant pas encore définis précisément, il n'est pas possible actuellement d'estimer les concentrations moyennes qui seront observées dans les gares du projet.

Des enseignements peuvent, néanmoins, être tirés des mesures effectuées dans différents métros français et à l'international. Les principaux résultats sont présentés dans les tableaux suivants²⁴ :

Concentration en particules PM2.5 dans différents métros

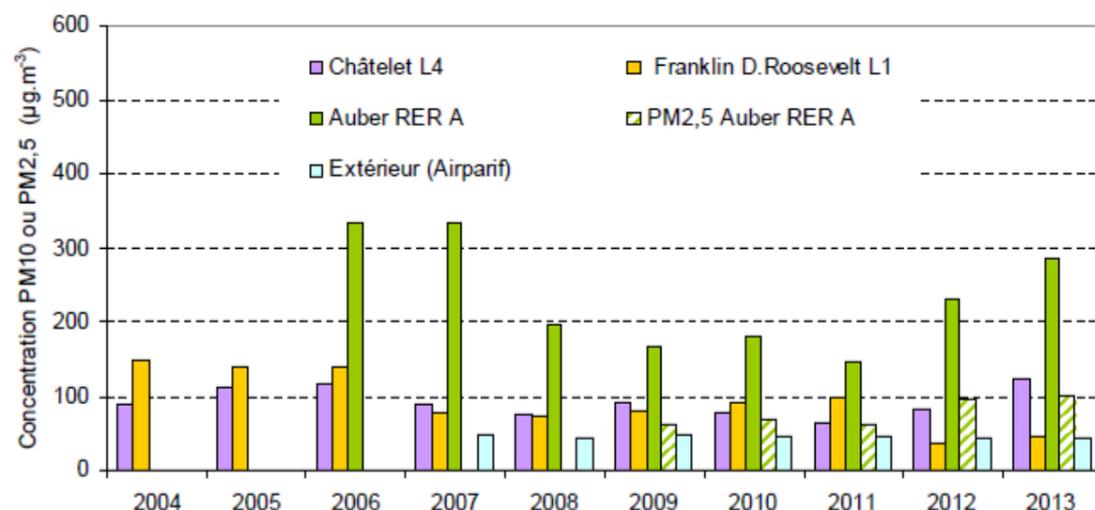
Ville	Année	Valeur moyenne en µg/m ³	Valeur horaire maximale en µg/m ³
Londres		270-480	
Helsinki		47-60	103
Lyon	2002	80	252
Lille	2007-2008	86	244
	2010	68	257

Concentration en particules PM10 dans différents métros

Ville	Année	Valeur moyenne µg/m ³	Valeur horaire maximale µg/m ³
Londres	1998	245-565	
Berlin	1995-1996	141-153	
	1998	139-151	
Séoul	1999	109-189	
Paris	1995-1997	500 (L5)	1200
		85 (L4)	499
		134 (L1)	403
	2000	350 (L7)	
		102 (L4)	500
		139 (L1)	396
Lyon	1998	70 (L9)	
		110-136 (LD)	182
	2002	123-171 (LD)	469
Tram de Rouen	2005	58-67 (LA)	192
		94	246
Toulouse	2004	91 (LA)	301
	2005	141 (LA)	493
	été 2006	127 (Quai JJ)	1094
		125 (quai Esquirol)	537
	hiver 2006	165 (quai JJ)	501
		102 (quai Esquirol)	469
Lille	2005	139	
	2007-2008	39-67 (hall)	271
		44-114 (quai)	542
		60-136 (tunnel)	357
	2010	101 (hall)	794
		108 (quai)	370
120 (tunnel)		356	
Rennes	2004	56-82	153-239
	2005	35-47	181-188
Rome	2006	348-479	
Marseille	2011	74-90	285

La qualité de l'air est également suivie quotidiennement par la RATP dans les espaces souterrains du réseau francilien grâce au dispositif de surveillance SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain). Les résultats sont présentés dans la figure suivante.

²⁴ Sources des données : Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé, ORS (Observatoire Régional de Santé) Ile-de-France et Campagne d'évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords des stations du métro de Lille du 14/01/2010 au 29/03/2010, source d'information Atmo Nord - Pas de Calais, rapport N° 01/2010/PD-IC.



Concentrations en PM10 (et PM2.5) dans différentes stations du réseau francilien (Bilan annuel SQUALES 2013, RATP)

Les résultats illustrent que les concentrations peuvent être très variables entre différentes villes mais aussi entre différents types de matériel roulant, les concentrations dans la gare RER Auber étant largement plus élevées que dans les gares de métro.

L'évaluation des risques sanitaires encourus est rendue très complexe par l'absence de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour les PM_{2,5} et les PM₁₀ ainsi que par l'incertitude sur les concentrations futures dans les gares du projet.

Selon les données disponibles, il est néanmoins possible d'évaluer les risques potentiels de nuisances pour la santé des utilisateurs.

Concernant la durée d'exposition, la RATP et la SNCF indiquent que la durée moyenne journalière passée en souterrain par les usagers de leur réseau est de l'ordre d'une heure²⁵. En 2010, d'après l'Enquête Globale Transport, un jour ouvrable moyen, la portée moyenne d'un trajet en métro est quant à elle de 3,12 km et le temps trajet moyen est de 7,5 min (hors correspondances). Le temps d'exposition peut donc être très variable et s'étaler de quelques minutes pour un utilisateur effectuant un trajet simple à plus d'une heure pour un utilisateur effectuant plusieurs trajets de plus longue durée.

Dans l'hypothèse maximaliste d'une durée d'utilisation de 1h, et d'après les scénarios du CSHPF, la concentration ne devrait pas dépasser 250 µg/m³ (en 2010). D'après les résultats des mesures dans les différentes gares de métro actuelles, les concentrations moyennes dépassent rarement 150 à 200µg/m³. Ainsi, le risque potentiel pour la santé des usagers est faible selon ces valeurs guides.

Il faudra néanmoins veiller à limiter au maximum les concentrations dans les gares et le métro et de surveiller la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du projet afin d'entreprendre des actions correctives si nécessaire.

²⁵ Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé", ORS (Observatoire Régional de Santé) Île-de-France

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels doit être prise en compte, pour répondre aux concentrations potentiellement élevées et aux risques pour la santé des usagers que celles-ci induisent. Dans le but d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France²⁶ recommande :

- de réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
- d'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
- d'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
- de poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

Il sera judicieux de se référer à ces préconisations lors de la mise en place du métro automatique. De plus, il est suggéré de procéder à des études plus approfondies sur les méthodes et technologies qui permettent de réduire les émissions de particules. Parmi les solutions envisageables, la mise en circulation par la RATP de trains dotés d'une gestion optimisée des systèmes de freinage électriques qui provoqueraient une baisse de 20 à 25% d'émissions de poussières peut être envisagée. La surveillance de la qualité de l'air évoquée précédemment est d'autant plus intéressante dans les gares de la Ligne 18 qu'elle pourra bénéficier du retour d'expérience apporté par les lignes du Réseau de Transport du Grand Paris mises en circulation auparavant.

MESURES DE SUIVI

Suivi dans le temps des concentrations des divers polluants dans les espaces publics du réseau : Le principal enjeu lié à la qualité de l'air réside en la diminution des concentrations des diverses espèces polluantes. Les données issues des mesures de ces espèces chimiques sont mises à disposition par AIRPARIF. Le suivi de ces chiffres permettra d'appréhender l'évolution des concentrations en question en région Ile-de-France, d'évaluer à terme l'impact du Réseau de Transport du Grand Paris, et éventuellement de mettre en place des mesures complémentaires si nécessaire.

²⁶ 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-transport_270906.pdf, 2006

8.4.4. Synthèse des impacts et mesures concernant la qualité de l'air

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts	
Ensemble de la ligne	Emissions de poussières et de polluants atmosphériques liées aux camions et engins de chantier.	<p>Phase études et chantier :</p> <p>Limitation de l'émission de poussières</p> <p>Rationalisation et optimisation du transport et du stockage de matériaux et de déblais</p> <p>Plans locaux de circulation temporaires</p> <p>Conception générale des ouvrages et phasages des chantiers</p>	Faible à modéré	Pas encore définie à ce stade	/	/	
	Emissions de polluants atmosphériques dans l'air extérieur induits par le fonctionnement des infrastructures du Grand Paris.	<p>Phase d'exploitation :</p> <p>La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels (via réduction des émissions à la source, optimisation des dispositifs de ventilation/filtration, équipement de rames avec ventilation etc.)</p>	/	/	/	/	
	Diminution des émissions de polluants atmosphériques et amélioration globale de la qualité de l'air en phase d'exploitation grâce au report modal vers les transports publics et à l'amélioration du parc bâti accompagnant la mise en service du Grand Paris.	/	/	/	/	Suivi dans le temps de la qualité de l'air grâce à la présence du SIRTA sur le plateau de Saclay	/
	Risque d'augmentation de l'exposition des usagers aux particules fines dans les espaces intérieurs confinés des gares de la Ligne 18	<p>Phase d'exploitation :</p> <p>La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels (via réduction des émissions à la source, optimisation des dispositifs de ventilation/filtration, équipement de rames avec ventilation etc.)</p>	Faible à modéré	Pas encore définie à ce stade	<p>Phase d'exploitation :</p> <p>Suivi dans le temps des concentrations des divers polluants dans les espaces publics du réseau du Grand Paris Express</p>	/	

Légende : Impact résiduel nul/négligeable | Impact résiduel faible | Impact résiduel modéré | Impact résiduel fort | Impact résiduel positif

8.5. Bruit

La présente partie porte sur l'analyse des impacts sonores liés au projet de la Ligne 18, hors bruit solidien, thématique traitée spécifiquement dans le chapitre relatif aux vibrations.

Les principaux impacts sonores prévisibles dans le cadre de l'aménagement du métro de la Ligne 18 sont liés principalement :

- à la phase chantier, en raison du bruit généré par les travaux (engins, camions, techniques spécifiques de réalisation des ouvrages,...) ;
- à la phase d'exploitation, notamment au niveau du bruit généré par :
 - o la circulation du métro sur les sections aériennes du tracé ;
 - o les équipements techniques des ouvrages annexes émergents du métro (gares, ouvrages annexes) ;
 - o l'exploitation du site de maintenance ;
- indirectement, à une modification du bruit généré par le réseau viaire puisque la mise en œuvre de la Ligne 18 aura un impact sur la répartition des flux d'usagers en diminuant le recours à la voiture et parking des entreprises sur le plateau..

L'analyse réalisée s'attache à distinguer deux approches :

- une première approche globale, centrée sur les impacts et mesures générales associées au type d'aménagement et à la phase projet (phase chantier ou phase exploitation) concernés ;
- les impacts et mesures sont ensuite détaillés à l'échelle de la partie aérienne, de manière à intégrer les spécificités du secteur.

8.5.1. Rappel des enjeux

L'analyse de l'état initial a permis d'identifier les zones les plus sensibles à un éventuel impact sonore du projet au sein du fuseau d'étude. Les zones présentant les plus forts enjeux sont rappelées brièvement dans le tableau suivant.

Hiérarchisation des enjeux liés au bruit

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu
<i>Section Orly - Palaiseau</i>	Proximité de nombreux établissements scolaires et de santé à Massy et Antony, au droit de la zone de passage préférentiel de la ligne Présence d'une densité importante d'habitats, en zone d'ambiance sonore modérée, notamment à l'ouest d'Antony et à Massy
	Proximité de parcs et squares urbains à préserver du bruit, notamment le parc de la ville de Wissous, le parc Descartes, le parc de la Blanchette, les squares Robert Langlois et Eric Tabarly et le bassin des Gouachères à Massy
	Secteur à l'extrémité est du fuseau non sensible lié aux activités aéroportuaires et aux usages agricoles des parcelles Zone non sensible à Antony en raison de son caractère bruyant et industriel
<i>Section Plateau de Saclay : Palaiseau - Magny-les-Hameaux</i>	Proche école Polytechnique et centre universitaire et de recherche à Orsay Passage à proximité de plusieurs zones pavillonnaires en zone calme ou à ambiance sonore préexistante modérée notamment à Châteaufort, à Villiers le Bâcles et à Toussus le Noble Proximité de deux principales zones calmes : le Massif de Rambouillet (zone Natura 2000) et le golf national (Guyancourt)
	Secteur, dont habitats, en partie impacté par le bruit routier à Saclay (le long RN118 et RD306) Présence d'autres sites sensibles ou zones calmes à protéger du bruit mais plus éloignés de la zone de passage préférentiel de la ligne 18, notamment la clinique de la Martinière (Saclay), le centre CEA, le parc Eugène Chanlon et le bois de la Guyonnerie
	Secteur non sensible lié aux usages agricoles des parcelles et à l'activité de l'aérodrome de Toussus le Noble
<i>Section Magny- les-Hameaux - Versailles</i>	Présence de plusieurs établissements scolaires et de santé à Versailles Présence d'habitat dense, en zone d'ambiance non modérée, notamment à Guyancourt et Versailles Proximité de parcs et espaces verts en zone d'ambiance modérée à Versailles (étang du Val d'Or, le Bois Saint-Martin, bois du Cerf-Volant, le cimetière des Gonards et les jardins des étangs Gobert)
	Proche Zone militaire à Satory en partie très impactée par le bruit routier

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort
-------------	--------------	--------------	------------

8.5.2. Rappel des textes réglementaires applicables au projet

Les textes réglementaires et les valeurs limites à respecter pour le projet sont précisés dans la pièce G.1. Pour rappel, les réglementations principales en matière de bruit dans l'environnement que le projet devra respecter sont les suivantes :

- le Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage ;
- l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées ;
- l'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires.

Les chapitres concernés reprennent également les valeurs clés à retenir pour le projet.

8.5.3. Impacts et mesures générales en phase chantier

Comme tout chantier, la réalisation des travaux est susceptible de produire des nuisances sonores pour les riverains.

Dans le cadre de la Ligne 18, deux aspects sont à considérer :

- la majorité des travaux (environ 61%) sera réalisée en souterrain, à l'aide de tunneliers, réduisant ainsi l'incidence sonore de la phase chantier ;
- des travaux seront cependant réalisés, au moins partiellement, à ciel ouvert pour les ouvrages émergents (parties aériennes, ouvrages d'arts, gares, ouvrages annexes, puits d'entrée de tunneliers, site de maintenance), qui constituent autant de bases chantier susceptibles d'induire des nuisances sonores dans l'environnement, liées en particulier aux interventions et à la circulation des engins de terrassement et de génie civil.

Les impacts sonores attendus sont d'abord présentés de manière générale pour l'ensemble des bases chantier. En effet, la majorité des sources de bruits se retrouvent d'une base chantier à l'autre et les conséquences sont similaires : une élévation ponctuelle et variable des niveaux de bruit. Dans un second temps, les impacts sonores liés aux bases chantiers seront étudiés de manière plus spécifique en fonction :

- des équipements et travaux spécifiques selon l'ouvrage à construire ;
- de l'environnement sonore préexistant ;
- de la localisation des bases chantiers par rapport aux riverains, bâtiments ou zones sensibles et des immeubles de bureaux.

A ce stade de l'étude, trois types de chantier sont identifiés :

- les travaux relatifs aux **parties aériennes** du tracé avec la construction des tranchées ouvertes, des ouvrages d'arts (viaducs, ponts, rampes...). Ces chantiers seront réalisés à ciel ouvert du fait de la nature même des travaux ;

- les travaux relatifs aux **parties souterraines** du tracé qui seront principalement réalisés à l'aide de tunnelier. L'incidence sonore de ce type de chantier est réduite, mais le travail en souterrain implique la mise en place d'équipements au niveau des puits d'accès aux chantiers souterrains ;
- les **travaux des gares, du site de maintenance et des ouvrages annexes** qui seront réalisés au moins partiellement à ciel ouvert ou totalement pour les gares aériennes.

• Augmentation du niveau sonore liée aux travaux sur l'ensemble des bases chantier

Les nuisances sonores induites par les chantiers relatifs à la construction des ouvrages sont susceptibles de varier en fonction des spécificités de chaque ouvrage (type d'ouvrage, méthode constructive, durée du chantier, environnement sonore du site d'implantation, ...). Néanmoins, les principales sources de bruit induites lors de la phase chantier restent similaires, avec notamment :

- l'utilisation des engins de chantier usuels (pelleteuses, chargeuses, brise béton, tracteurs, grues...) ;
- la mise en œuvre d'équipements spécifiques à la construction de métro (machine à attaque ponctuelle, pompe acheminement du béton à haut débit, centrale à béton, système d'évacuation/de traitement des boues, installation de traitement des eaux de chantier et d'exhaure ventilation, etc.) ;
- l'utilisation d'équipements techniques (compresseurs, groupes électrogènes, etc.) ;
- l'usage d'outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses, etc.) ;
- la manipulation de matériaux (chocs, bruits de chargements/déchargements, etc.) ;
- les bruits d'avertisseurs sonores type klaxon ou sirènes de recul ;
- le charroi de poids lourds induit par le chantier pour l'approvisionnement des matériaux et l'évacuation des déblais ;
- les cris et paroles des travailleurs sur le chantier.

Les nuisances sonores les plus importantes sont attendues lors des phases travaux suivantes (de la plus bruyante à la moins bruyante) :

- travaux préparatoires, démolition ;
- travaux de terrassement et de fouilles à ciel ouvert ;
- travaux de fondations ;
- travaux en béton (gros œuvre) ;
- second œuvre.

A titre d'exemple, d'exemple, quelques engins types susceptibles d'être utilisés dans le cadre des travaux de la Ligne 18 sont illustrés ci-après.



Chargeuse (pelle mécanique)

Excavatrice (ou brise-roche)

Dumper

Illustration des engins de chantiers à prévoir lors des phases les plus bruyantes (SGP)

Par ailleurs, le transport des matériaux nécessaires à la construction et à l'évacuation des déblais par camions est également susceptible d'engendrer une augmentation des niveaux sonores et l'émergence de bruits particuliers (avertisseur de recul des engins et camions, klaxons, moteurs thermiques, chocs métalliques...) à proximité des zones habitées ou d'activités. Les puits d'entrée de tunnelier sont particulièrement concernés en raison des quantités importantes de déblais à évacuer à partir de ces sites.



Camion malaxeur

Camion semi-benne

Wagon-trémie

Exemples de véhicules et modes de transports susceptibles d'être utilisés dans le cadre du chantier de la Ligne 18 (SGP)

À titre indicatif, le tableau suivant présente les niveaux de bruits moyens prévisibles pour un chantier-type en fonction des principales phases de chantier (et sans obstacle entre le chantier et le récepteur).

Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier en fonction des différentes phases de travaux (Dossiers bruit de chantier 2006 – SCETAURROUTE – J.M. Abramovitch)

Phase de travaux	Niveaux sonores indicatifs LAeq en dB(A)			
	10 à 15 m*	25 à 30 m*	50 à 65 m*	≥100 m*
Terrassement – fondations	75 à 80	71 à 76	68 à 73	≤ 70
Gros œuvre	78 à 82	73 à 77	68 à 72	≤ 67
Second œuvre	62 à 67	57 à 62	51 à 57	≤ 52

* les distances sont données avec un intervalle car la propagation du bruit varie selon la configuration du site et le positionnement des sources de bruit (obstacles, topographie, etc.)

Ce tableau permet d'observer qu'en deçà d'une distance de 30 m, les niveaux sonores induits par les bases chantiers sont élevés et susceptibles d'induire une gêne sonore significative. Ce n'est qu'au-delà d'une distance de 100 m que les niveaux sonores induits deviennent plus raisonnables, ceci d'autant plus si des obstacles à la propagation du bruit sont observés entre la source et le récepteur.

D'un point de vue de la santé, ces élévations ponctuelles de niveaux de bruits peuvent induire :

- des difficultés à l'endormissement et/ou des réveils ;
- des perturbations au niveau de la communication et de la compréhension des messages parlés ;
- une diminution de la concentration ;
- une fatigue et un stress accrus.

Les chantiers relatifs à la construction des ouvrages émergents de la Ligne 18 engendreront une élévation ponctuelle des niveaux sonores sur les secteurs concernés, variable selon la phase des travaux, du type de travail réalisé mais aussi des équipements et engins de chantiers utilisés.

Les nuisances sonores ressenties dépendent directement du contexte sonore actuel d'implantation des ouvrages. Le détail spécifique par ouvrage est précisé dans les paragraphes suivants.

Ces impacts seront néanmoins provisoires et limités grâce aux mesures générales prises pour l'ensemble des bases chantier en vue de réduire les nuisances sonores.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

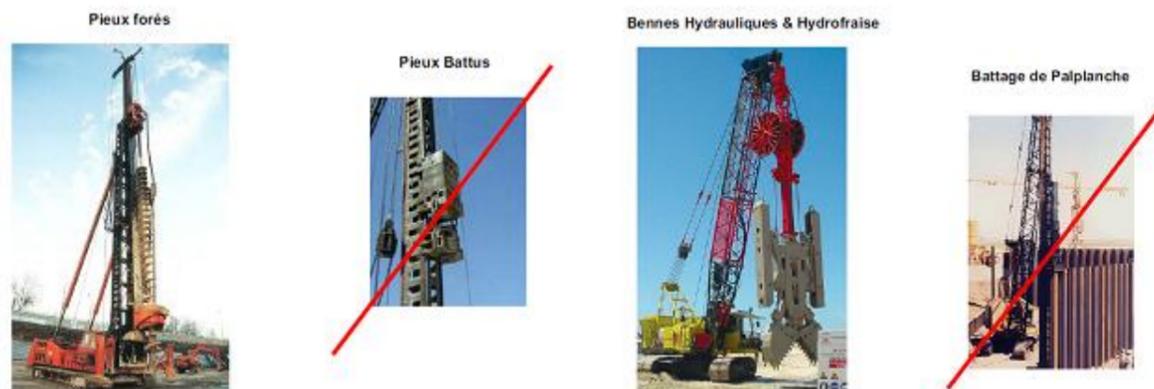
- **Choix des équipements et engins de chantier les moins bruyants :** A performances égales, ce sont les engins ou équipements les moins bruyants qui seront sélectionnés. Au minimum, tous les engins et équipements utilisés dans le cadre des chantiers de la Ligne 18 respecteront les niveaux de puissance sonore maximum autorisés en vigueur par les directives Machines 2005/88/CE et 2006/42/CE pour les engins et équipements de chantiers. Pour garantir le respect de ces directives, les machines et matériels utilisés dans le chantier porteront le pictogramme suivant :



Pictogramme marquage CE, conforme aux directives européennes 2005/88/CE et 2006/42/CE

- **méthodes constructives de parois moulées** : Pour la construction des gares et des ouvrages annexes, la Société du Grand Paris a retenu la technique des parois moulées.

Cette solution présente l'avantage de ne pas entraîner de nuisances sonores très importantes dans l'environnement proche, contrairement à d'autres techniques possibles (exemple : techniques de mise en place par battage) ;



Exemple de choix de méthodes les moins bruyantes (Soletanche Bachy)

- **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux** : les horaires des travaux réalisés en surface respecteront notamment les prescriptions qui pourront être imposées par les autorités compétentes en matière de bruit;
- **Organisation des zones de chantier** : l'organisation des zones de chantier sera étudiée de manière à localiser, dans la mesure du possible, les équipements techniques sensibles et les actions sources de nuisances (par exemple les livraisons de matière) le plus éloigné possible des habitations et des établissements sensibles et/ou protégés grâce à une installation des sources sonores en tranchée ou derrière des baraquements de chantier. Au besoin, les équipements les plus bruyants seront capotés. De plus, la circulation se fera selon un plan de circulation préétabli avec les collectivités locales qui définira les axes d'approvisionnement et d'évacuation générant le moins de nuisances possibles tout en intégrant les contraintes techniques inhérentes au chantier.

Toutes ces mesures sont notamment rappelées dans la charte environnement des chantiers de la Société du Grand Paris (cf. annexe G.4.1)

Pour les chantiers les plus sensibles identifiés dans la suite du chapitre et selon les caractéristiques du territoire, il pourra être envisagé la **mise en place de panneaux anti-bruit** : ces aménagements permettront de réduire les nuisances sonores pour les riverains. L'atténuation apportée par ces panneaux antibruits peut aller de 5 à 20 dB(A) selon la configuration du site et le type de panneaux choisis.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase.

Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitements et de réduction du bruit prises pour l'ensemble des bases chantiers, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

- **Mise en place d'une communication privilégiée auprès des riverains** : la Société du Grand Paris est en charge avec l'ensemble des acteurs concernés (maîtrises d'œuvre, collectivités...), d'assurer le bon déroulement des travaux, intégrant une communication et une information renforcée et adaptée auprès des riverains du chantier. Dans ce cadre, un plan de communication sera mis en œuvre pour chaque site définissant les supports d'information qui seront mis en place pendant les chantiers (panneaux, plaquette, site Internet...). Ce plan sera accompagné d'une démarche collective avec la signature d'une charte entre différents intervenants autour notamment des engagements suivants, déclinés selon les étapes de travaux :
 - o Garantir la sécurité de tous ;
 - o Coordonner les interventions pour un enchaînement optimal des opérations ;
 - o Limiter les nuisances des chantiers sur leur environnement ;
 - o Informer tous les publics, et notamment les riverains, sur les impacts des travaux ;
 - o Assurer la compréhension des travaux grâce à l'utilisation d'une charte éditoriale et graphique lisible, homogène et cohérente ;
 - o Transmettre toutes les informations utiles à la Société du Grand Paris pour renforcer les échanges avec les habitants.

Les riverains pourront ainsi suivre l'avancée des travaux, et mieux appréhender les nuisances sonores éventuelles.

Un exemple de support de communication développé dans le cadre de cette démarche engagée sur d'autres lignes du GPE et qui sera traduite pour la Ligne 18 est présenté ci-dessous :



Exemple de support développé dans le cadre de la communication chantier
(Société du Grand Paris)

Une fois les piles réalisées, deux méthodes sont possibles pour la pose du tablier :

- la méthode dite de « Lançage du tablier » qui consiste à construire le tablier en dehors de son emplacement définitif. Une fois construit, le tablier est poussé sur les piles depuis l'aire de lancement jusqu'à son emplacement définitif au moyen de treuils. Cette méthode permet de limiter à la fois les emprises nécessaires et le transport des éléments tout au long du linéaire du viaduc (opération réalisée depuis l'arrière sur la zone de préfabrication et de lancement). Grâce à la technique de lancement, la hauteur du pont est sans influence et la construction ne nécessite pas l'arrêt de la circulation inférieure ;
- la méthode dite de « Grutage du tablier ». Il s'agit d'une solution plus commune où les éléments du tablier sont élevés et posés à l'aide de grues situées au sol ou au-dessus des piles. Cette technique permet une meilleur cadence d'avancement mais implique de pouvoir disposer d'emprises de chantier à proximité des piles, soit des impacts potentiels sur la circulation notamment en cas de franchissement d'une voie routière ou ferroviaire.



Illustration de lancement d'un tablier mixte (à gauche) et de la phase de pose des éléments préfabriqués par grutage (à droite) - (Systra - Etude préliminaire)

La méthode de lancement du tablier peut être envisagée pour l'ouvrage de franchissement de la RN118 car elle permet de limiter l'interruption totale de la circulation de la RN118 à une seule nuit contrairement à la méthode de grutage qui nécessite plus de travaux préparatifs.

Les niveaux des impacts envisagés des chantiers sur la section réalisée en viaduc sont les suivants :

Niveaux d'impact des sections réalisées en viaduc

Localisation, éléments concernés	Niveau d'impact
Sortie de tunnel à Palaiseau / Forêt Domaniale de Palaiseau	Modéré : Présence Forêt Domaniale de Palaiseau et Piscine Aquatique
Site de l'Ecole Polytechnique	Fort : Passage à proximité du site d'enseignement et de recherche situé en zone calme
ZAC Polytechnique (Danone Research, EDF, etc.)	Fort : Proches de centres de recherches et des futurs immeubles de la ZAC en zone calme à modérée
Centre Universitaire et de recherches à Orsay	Fort : proximité de bâtiments d'enseignement et centres de recherches
Secteur Orsay - CEA Saclay	Nul : Zone agricole impactée par RN118
	Fort : passage à proximité d'une habitation isolée
Secteur CEA - Châteaufort / Zones d'habitats (Villiers le Bâcle et Châteaufort)	Modéré : Habitations assez éloignées mais situées en zone calme ou à ambiance sonore modérée

Sortie de tunnel à Magny Les Hameaux / Massif de Rambouillet, Golf National de Guyancourt	Fort : passage à proximité des espaces verts, dont zone Natura 2000 (Massif Rambouillet)
---	--

Le reste du tracé aérien de la Ligne 18 traverse des secteurs non sensibles lié aux usages agricoles des parcelles et à l'activité de l'aérodrome de Toussus le Noble et de celui d'Orly. L'impact sonore du chantier est donc considéré comme faible pour ces secteurs d'autant plus que les niveaux sonores générés par la RD36 et la RN118 auront un effet de masquage du bruit en provenance des chantiers de la Ligne 18.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Choix des sites de localisation de l'implantation du viaduc de la Ligne 18 orienté sur des secteurs offrant des spécificités permettant de limiter les impacts liés au bruit, notamment :

- Des secteurs éloignés des habitations ;
- Des secteurs localisés à proximité de grand axes routiers permettant d'éviter le charroi de poids lourds dans les centres villes liés à l'évacuation des déblais et l'approvisionnement des chantiers ;
- Des secteurs déjà très impactés par le bruit des aéronefs et/ou du trafic routier.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase.

Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitements et de réduction prises, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

Les mesures de suivi mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

8.5.4.2 Aire de préfabrication

Les contraintes de logistiques imposent la mise en place d'une zone principale de préfabrication qui sera dédiée à la production des poutres en U. Les activités réalisées au sein de cette aire concernent donc principalement le façonnage et la mise en œuvre des aciers, l'assemblage des armatures, la mise en œuvre de la précontrainte, le coffrage / décoffrage, le bétonnage et la réalisation des finitions.

Ce site pourra comporter des équipements potentiellement bruyants tels que :

- Centrale à béton ;
- Bâtiments de travaux ;

- Equipements de ventilation des laboratoires et autres bâtiments ;
- Plateforme de chargement des éléments ;
- Chargeuses ;
- A cela vient s'ajouter les nuisances sonores dues au charroi des convois spéciaux qui permettront d'acheminer les éléments préfabriqués vers leurs zones d'installation, ainsi que les allers venus des du personnel.

Cette aire sera implantée au plus près du linéaire du viaduc afin de réduire les distances au chantier. Les axes les plus probables d'être impactés par le transit des camions sont la RD128, la RD36 et la RN118, soit des axes déjà très fréquentés aussi les impacts sonores resteront limités.

Cette base logistique est hors périmètre du présent dossier de déclaration d'utilité publique et fera l'objet des procédures réglementaires ultérieures liés, notamment d'un dossier Installation Classée pour l'Environnement spécifique.

8.5.4.3 Construction des sections de transition vers le tunnel

A chaque extrémité du viaduc, une transition est réalisée vers les tunnels au moyen d'une rampe pour rejoindre le terrain naturel puis d'une tranchée ouverte qui s'enfoncera progressivement dans le sous-sol.

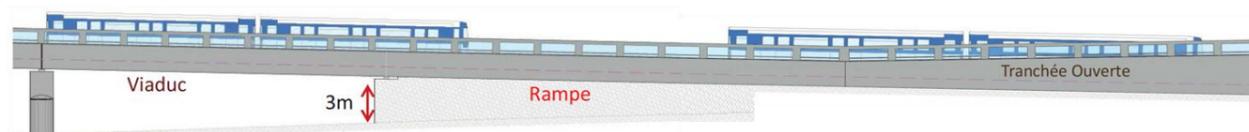


Schéma de la transition viaduc / tranchée ouverte (SGP)

Ces deux transitions constituent des coupures infranchissables en matière de sécurité des individus et du fonctionnement automatique du métro d'où l'objectif d'en réduire au maximum la longueur.

La section de transition de Palaiseau débute à environ 1km au nord-est de l'entrée du site de l'Ecole Polytechnique, le long de la fin de la RD36. Les premiers riverains sont situés à 160m au nord du chantier. Cette localisation permet en outre de ne pas cisailer l'extension future du quartier Camille Claudel et de bénéficier d'un effet de masque du bruit routier qui couvrira au moins partiellement le bruit généré par le chantier, notamment pour les riverains situés au nord ainsi que le lycée Camille Claudel et le parc aquatique « La Vague » situés à 190m au sud de la tranchée.

La section de transition de Magny-les-Hameaux est quant à elle située entre le golf national de Guyancourt et la RD36, à plus de 180m des premières habitations et du massif de Rambouillet (zone Natura 2000) situés au sud de la tranchée. Comme pour la section de transition de Palaiseau, le bruit routier de la RD36 masquera au moins en partie les émergences sonores engendrées par le chantier, notamment pour les riverains et le massif de Rambouillet. Le golf national est le site le plus sensible identifié car mitoyen au chantier.

Les impacts sonores attendus au niveau des sections de transition entre le viaduc et les tunnels sont donc globalement faibles sauf localement pour le Golf national où l'impact sonore est considéré comme fort.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Choix des sites de localisation de l'implantation des sections de transition entre tunnel et viaduc orienté sur des secteurs offrant des spécificités permettant de limiter les impacts liés au bruit, notamment :

- Des secteurs éloignés des habitations ;
- Des secteurs localisés à proximité de grands axes routiers permettant d'éviter le charroi de poids lourds dans les centres villes liés à l'évacuation des déblais et l'approvisionnement des chantiers ;
- Des secteurs déjà très impactés par le bruit du trafic routier.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase.

Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction prises, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

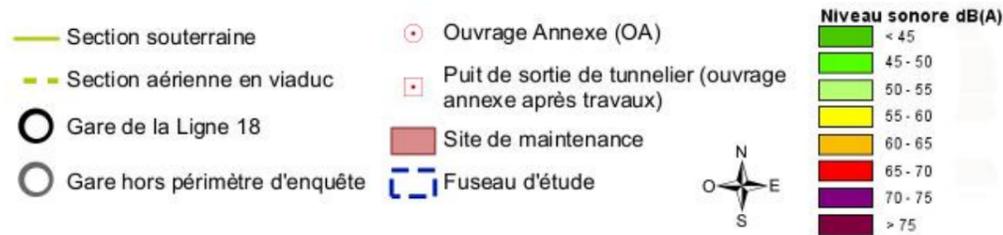
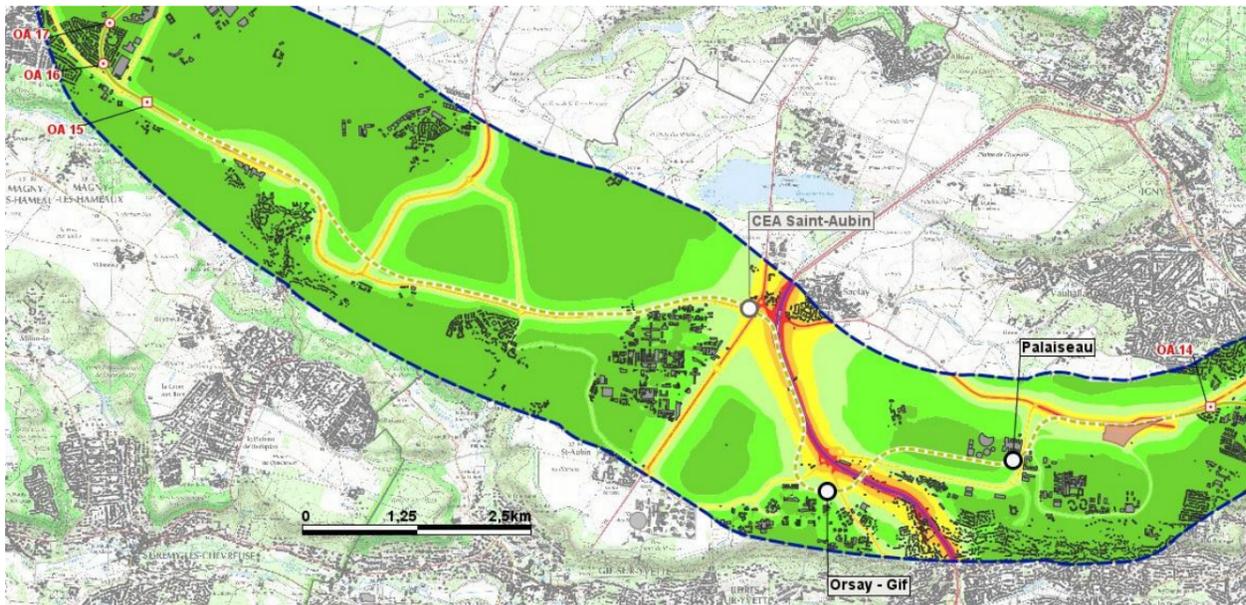
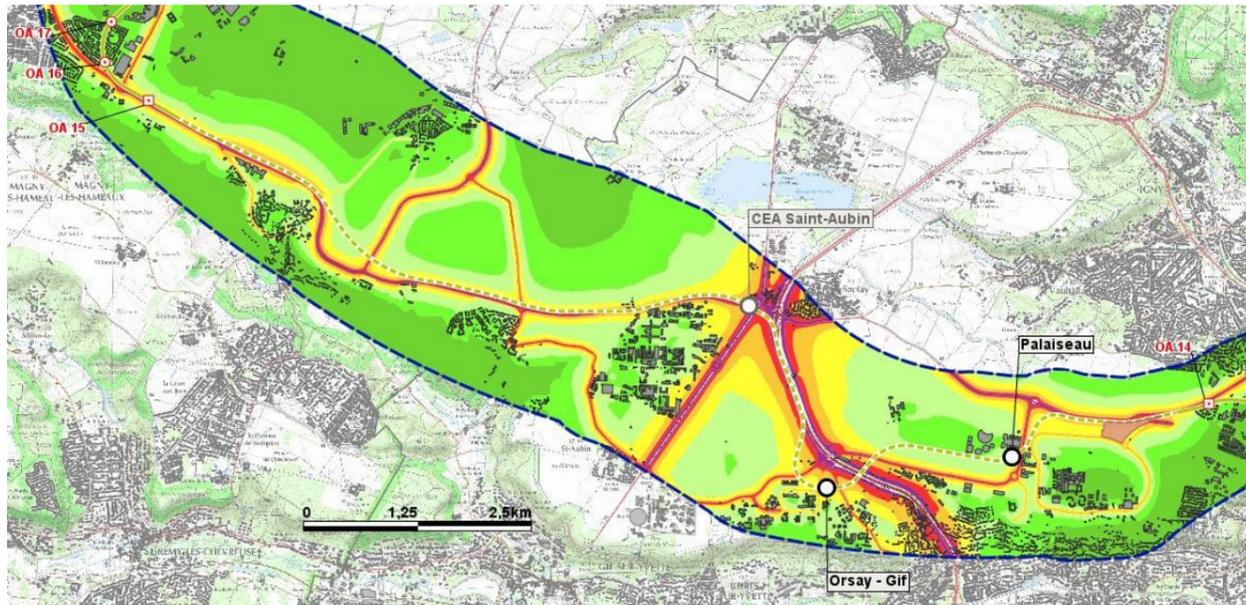
Les mesures de suivi mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

8.5.4.4 Niveaux d'impacts caractérisés pour les travaux de la section aérienne

Pour la définition des niveaux d'impacts sonores en phase chantier, l'analyse s'appuie sur :

- La localisation de l'emprise chantier par rapport aux riverains et/ou aux bâtiments sensibles les plus proches ;
- La comparaison des niveaux de bruit prévisibles pour les différentes phases du chantier par rapport à l'environnement sonore préexistant. Ces « niveaux de bruit prévisibles » sont définis par application des valeurs de références présentées dans le chapitre relatif aux impacts et mesures généraux en phase chantier. Pour rappel, il s'agit de niveaux sonores observables durant la phase d'activité du chantier uniquement et non d'un niveau de bruit moyen sur la période de jour complète ;
- L'impact du charroi « chantier » sur les accès aux sites. Cet impact est étudié par analyse du mode de transport utilisé, la route, et du type de voie d'accès au site (largeur, état, densité du trafic existant) ;
- Les impacts indirects éventuels, comme les déviations de voiries.

Pour information, les notions de zones d'ambiance sonore préexistante modérée ou non modérée sont précisées au chapitre ci-après « Impacts directs et mesures en phase exploitation ».



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la section aérienne – Périodes Jour et Nuit (Modélisation ASM Acoustics)

Caractérisation de l’ambiance sonore préexistante et distances aux bases chantiers pour la section aérienne – Périodes Jour et Nuit (Modélisation ASM Acoustics)

LJOUR		
Riverains	Distance au chantier (m)	Ljour initial en dB(A)
Forêt Domaniale Palaiseau	80 (tranchée)	< 55,0
Site et Bâtiments école Polytechnique	0 (passage Sur le site)	< 55,0
ZAC Polytechnique	20	< 55,0
Clinique La Martinière à Saclay	> 160	< 55,0
Bâtiments IUT Orsay	45	< 60,0
Bâtiments CEA Saclay	25	65,0
Zone pavillonnaire Villers-le-Bâcle	140	<55,0
Zone pavillonnaire Châteaufort	120	< 55,0
Golf National Guyancourt	0	< 55,0
Massif Rambouillet (Natura 2000)	20m viaduc 180m tranchée	< 55,0

LNUIT		
Riverains	Distance au chantier (m)	Lnuit initial en dB(A)
Forêt Domaniale Palaiseau	80 (tranchée)	< 50,0
Site et Bâtiments école Polytechnique	0 (passage Sur le site)	< 50,0
ZAC Polytechnique	20	< 50,0
Clinique La Martinière à Saclay	> 160	< 50,0
Bâtiments IUT Orsay	45	< 50,0
Bâtiments CEA Saclay	25	55,0
Zone pavillonnaire Villers-le-Bâcle	140	< 45,0
Zone pavillonnaire Châteaufort	120	< 50,0
Golf National Guyancourt	0	< 50,0
Massif Rambouillet (Natura 2000)	20m viaduc 180m tranchée	< 50,0

Les incidences sonores des chantiers sur la section en viaduc sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Portion aérienne en viaduc

Phase de travaux	Forêt Domaniale Palaiseau	Site et Bâtiments de l'école Polytechnique et ZAC polytechnique	Hôpital / clinique La Martinière et habitations isolées à Saclay	Bâtiments IUT Orsay (Pole commun de recherche en informatique)	Bâtiments CEA Saclay	Zones d'habitats de Villiers-le-Bâcle et de Châteaufort	Golf National Guyancourt et massif de Rambouillet
Terrassement							
Fondation							
Gros œuvre							
Second œuvre							
Charroi (impacts sur les voiries d'accès)							

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

L'impact sonore du chantier pour la portion aérienne de la Ligne 18 est considéré comme :

- Modéré au niveau de la section de transition entre tunnel et viaduc à Palaiseau et le long de la RD36 pour deux raisons contradictoires : en effet le bruit généré par la RD36 couvrira en partie le bruit généré par les travaux mais le bruit aura un impact sur la Forêt Domaniale de Palaiseau qui est située à environ 80m au sud-est et qu'il faut préserver du bruit;
- Fort entre les ZAC de l'école Polytechnique et celle du Moulon (incluses). En effet, le tracé de la Ligne 18 s'implante à proximité directe des bâtiments existants et en construction (majoritairement des bâtiments d'enseignement et de bureaux);
- Faible le long de la RN118 où les niveaux sonores actuels sont particulièrement élevés et auront donc un effet de masque sur le bruit du chantier. Aucune habitation ne se trouve à proximité sur cette zone sauf localement au nord de la gare du CEA où une habitation isolée subira un impact fort lorsque le chantier arrivera à sa hauteur ;
- Modéré du Christ de Saclay CEA jusqu'à la fin de la portion aérienne du tracé. En effet, la ligne longe la RD36 elle-même génératrice de bruit et aura un effet de masque sur le bruit de chantier. En outre la zone est principalement agricole et les riverains les plus proches sont assez éloignés, regroupés à Villiers le Bâcle, à environ 140m au sud du tracé de référence de la Ligne 18, et à Châteaufort, à environ 120m au sud-ouest du tracé. Seuls le golf National de Guyancourt et le Massif de Rambouillet (zone Natura 2000) subiront un impact fort lors de la construction du viaduc dans cette zone.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Les mesures mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase.

Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction prises, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

Les mesures de suivi mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

8.5.5. Impacts et mesures liés à la construction du tunnel

8.5.5.1 Creusement du tunnel

Dans le cadre de la Ligne 18, la portion souterraine représente environ 61% de la Ligne 18, soit environ 21 km de linéaire.

Les travaux relatifs au tunnel sont essentiellement effectués en souterrain à l'aide de **tunnelier**. Cette méthode constructive permet de réduire de manière significative les nuisances sonores dans la mesure où les travaux resteront confinés sous la surface du sol.

Le projet intègre également la réalisation de quelques portions de tunnel réalisées en **méthode traditionnelle**, soit en tranchée couverte (également nommée « méthode conventionnelle ») ou en tranchée ouverte. Il s'agit du raccordement au site de maintenance réalisé en tranchée ouverte et des **sections de transition entre les parties souterraines et aériennes à Palaiseau et à Magny-les-Hameaux** qui seront réalisées au moyen de trémies, soit des tranchées (couverte ou ouverte selon la profondeur) généralement bordées par deux murs de soutènement. La tranchée est creusée et aménagée depuis la surface, et éventuellement recouverte.

Ces chantiers sont étudiés dans le point précédent relatif à la section aérienne de la ligne.

Pour rappel ces secteurs sont localisés dans des zones éloignées des habitations et soumis à un environnement sonore perturbé par le trafic routier. Si ces chantiers sont susceptibles de générer des nuisances sonores, les impacts seront faibles sauf localement pour le Golf national de Guyancourt qui est mitoyen de la zone de chantier de Magny-les-Hameaux.

La construction des sections de tunnel en tranchée présente peu d'impact sur le bruit.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Mesures générales mises en place pour tous les chantiers.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront nuls à faibles.

MESURES DE SUIVI

Les mesures de suivi mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

8.5.5.2 Puits d'entrée des tunneliers

La réalisation et le fonctionnement des puits de départ des tunneliers, dont leur mise en service, sont susceptibles d'entraîner des nuisances sonores. Ceci d'autant plus que les chantiers relatifs aux puits d'attaques tunnelier sont susceptibles d'accueillir des équipements 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 ...) en plus des équipements et engins traditionnels utilisés dans les chantiers et décrits dans le chapitre général à toutes les bases chantier.

Le projet de la Ligne 18, à ce stade des études, comprend deux puits d'entrée de tunnelier :

- Le puits de départ OA8 situé entre les gares Antonypôle et Massy Opéra, le long de la RD920 et qui servira au lancement de deux tunneliers (un vers Orly et un vers Palaiseau);
- Le puits de départ situé au niveau de la base chantier de la gare Satory qui servira également au lancement de deux tunneliers (un vers Magny-les-Hameaux et un vers Versailles).

Dans le cas de la Ligne 18, l'évacuation des déblais générés par les tunneliers se fera principalement par camions car aucune voie d'eau ou ferroviaire ne se trouve directement à proximité des puits d'entrée des tunneliers.

Fonctionnement des puits de départ des tunneliers

Les bases chantier accueillant les puits de départ des tunneliers présentent des spécificités liées aux activités induites par leur fonctionnement, avec notamment :

- Un volume de déblai important lié à l'évacuation des terres issues du creusement de la section de tunnel concernée ;
- Des installations de chantier spécifiques qui peuvent dépendre du type de tunnelier utilisé (centrale de traitement des boues, centrale à béton, bandes transporteuses...);
- Une durée de chantier importante (Selon le type de roche et la configuration du site, la durée d'avancement moyenne des tunneliers est de 10 à 12 mètres linéaires par jour) ;
- Une emprise chantier importante, liée entre autres à l'emprise nécessaire au stockage des voussoirs.

Ces différents éléments peuvent participer à l'augmentation du niveau de bruit lié au fonctionnement des puits de départ des tunneliers.

Néanmoins, le choix des sites de localisation de ces puits de départ s'est orienté sur des secteurs offrant des spécificités permettant de limiter les impacts liés au bruit, notamment :

- Zones à caractère industriel et économique présentant une sensibilité réduite vis-à-vis du bruit ;
- Secteurs localisés à proximité de grands axes routiers permettant d'éviter au maximum la circulation de poids lourds dans les centres villes liés à l'évacuation des déblais et l'approvisionnement des chantiers ;
- Secteurs déjà très impactés par le bruit du trafic routier.

Puits de départ situé entre les gares d'Antonypôle et de Massy Opéra (OA8) :



Puits de départ de tunnelier (principe donné à titre indicatif) – Commune de Massy

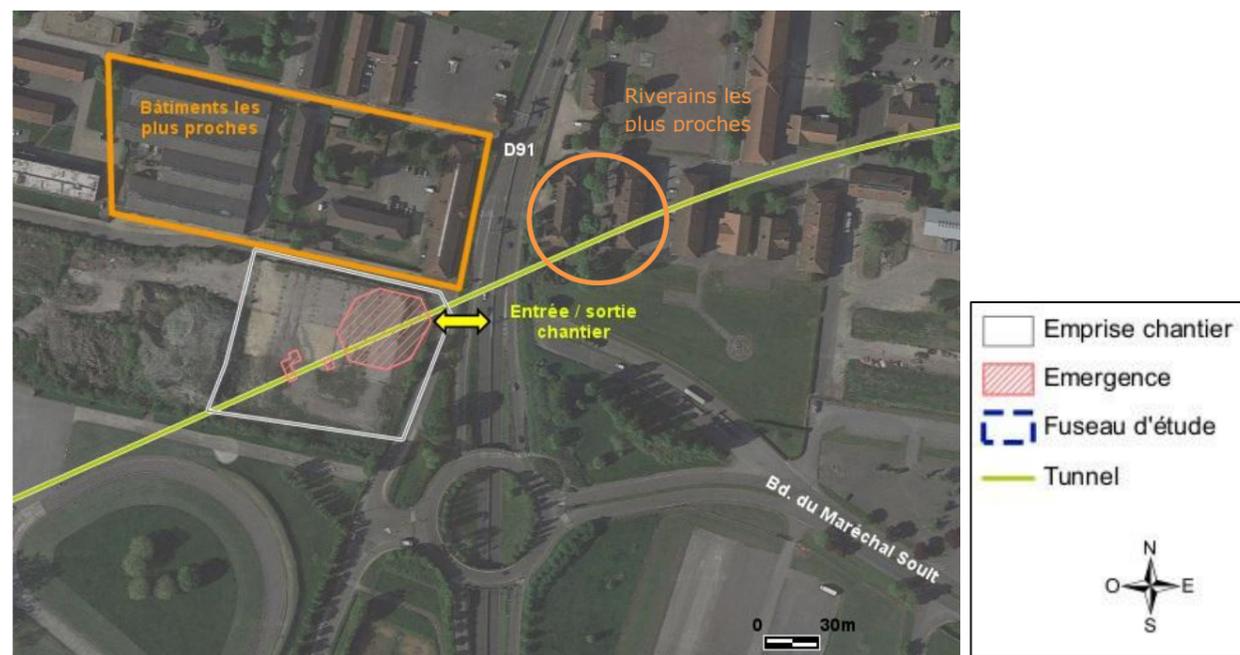
Ce puits de départ tunnelier est situé sur la commune de Massy, le long de la RD920, à environ 720 m des gares Antonypôle et Massy Opéra.

Le site est par ailleurs encadré d'habitations situées à environ 15 m à l'ouest et 45m à l'est et par le parc Descartes limitrophe au nord. Le parc George Brassens situé au sud à environ 100m fait quant à lui l'objet d'un projet d'aménagement paysager recensé comme site pouvant accueillir des déblais. Des établissements scolaires sont également identifiés à moins de 200 m du chantier.

Si le chantier de départ du tunnelier générera des nuisances sonores du fait de sa grande proximité avec des habitations, les émergences sonores induites seront en partie masquées par le bruit routier important observé sur la zone. Les niveaux sonores Lden actuels observés sont en effet supérieurs à 70 dB(A) en bordure de l'axe RD920.

Cet emplacement bénéficie en outre d'une logistique de chantier par voie routière importante (RD920/RD66/RD188), ce qui permet de réduire les nuisances sonores associées à l'approvisionnement du chantier et à l'évacuation des déblais. De plus, une bande transporteuse est étudiée selon les possibilités (calendriers des projets, nature des matériaux...) pour acheminer directement les déblais vers le projet d'aménagement du parc George Brassens et ainsi réduire le nombre de camions sur les routes.

Malgré l'environnement sonore bruyant de la zone, l'impact sonore lié au puits de départ de Massy est considéré comme fort en raison de la grande proximité avec les habitations (15 m).

Puits de départ situé au niveau de la base chantier de la gare de Satory :**Puits de départ de tunnelier (principe donné à titre indicatif) – Satory**

Ce puits de départ tunnelier est situé au niveau de l'emplacement de la gare Satory, le long de la RD91.

Les bâtiments les plus proches sont des immeubles militaires situés à environ 15 m au nord du chantier. Les habitations les plus proches sont quant à elles situées à environ 80 m au nord-est.

Les nuisances sonores générées par le chantier de départ tunnelier entraîneront des émergences sonores pour les bureaux au nord mais qui resteront limitées pour les riverains les plus proches étant donné la proximité de l'axe RD91 qui génère des niveaux sonores supérieurs à 65 dB.

Cet emplacement bénéficie en outre d'une logistique de chantier par voie routière importante (RD91 / RN12), ce qui permet de réduire les nuisances sonores associées à l'approvisionnement du chantier et à l'évacuation des déblais.

L'impact sonore lié au puits de départ de tunnelier de Satory est considéré comme modéré malgré l'éloignement relatif des habitations les plus proches et l'environnement sonore bruyant à cause de la proximité avec les bureaux militaires.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- Choix de sites déjà fortement soumis au bruit routier qui couvrira en partie le bruit généré par les travaux ;
- Proximité de voiries importantes pour l'évacuation des déblais, ce qui limite les nuisances sonores éventuelles induites par le charroi des chantiers ;
- Mesures générales mises en place pour tous les chantiers.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase.

Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction prises, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

Les mesures de suivi mises en œuvre ont été détaillées dans la partie précédente concernant l'impact général à toutes les bases chantier.

8.5.6. Impacts et mesures liés à la construction des gares, ouvrages annexes et du site de maintenance

Dans le cas de la Ligne 18 les gares souterraines sont réalisées depuis la surface selon la technique des parois moulées. Pour les galeries d'accès en souterrain, des méthodes classiques d'excavation sont utilisées.

Le charroi de poids lourds induit par la phase chantier pour l'approvisionnement des matières et l'évacuation des déblais est important. A ce stade de l'étude il est prévu d'évacuer 100% des déblais issus du creusement des boîtes gares, du site de maintenance et des ouvrages annexes par voie routière en raison de l'absence de voie d'eau et ferroviaire directement embranchées.

Les parties ci-après étudient plus en détail les nuisances sonores en phase chantier pour chaque ouvrage émergent (gares, ouvrages annexes et site de maintenance) en tenant compte des différents impacts sonores identifiés pour l'ensemble des chantiers. L'analyse s'appuie sur (fonction du niveau des éléments disponibles):

- La localisation de l'emprise chantier par rapport aux riverains et/ou aux bâtiments sensibles les plus proches ;
- La comparaison des niveaux de bruit prévisibles pour les différentes phases du chantier par rapport à l'environnement sonore préexistant. Ces « niveaux de bruit prévisibles » sont définis par application des valeurs de références présentées dans le chapitre relatif aux impacts et mesures généraux en phase chantier. Pour rappel, il s'agit de niveaux sonores observables durant la phase d'activité du chantier uniquement et non d'un niveau de bruit moyen sur la période de jour complète ;

- L'impact du charroi « chantier » sur les accès au site. Cet impact est étudié par analyse du mode de transport utilisé et du type de voie d'accès au site (largeur, état, densité du trafic existant) ;
- Les impacts indirects éventuels, comme les déviations de voiries.

Pour information, les notions de zones d'ambiance sonore préexistante modérée ou non modérée sont précisées au chapitre ci-après « Impacts directs et mesures en phase exploitation ».

Enfin, dans un souci de cohérence, le présent chapitre présente les niveaux de bruit L_{den} et L_{nigh} définis par la directive 2002/49/CE et issus des cartes de bruit mises à disposition sur le site de Bruitparif.

Pour rappel dans le calcul du L_{den} , les niveaux moyens de soirée $L_{evening}$ et de nuit L_{night} sont augmentés respectivement de 5 et 10 dB(A). En d'autres termes, le L_{den} 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 car représentatif de la gêne sonore sur 24 heures.

Le L_{night} est également utilisé pour l'établissement de cartes de bruit stratégiques car il constitue un indicateur de bruit associé aux perturbations du sommeil.

Certains textes réglementaires applicables en France pour le bruit des transports n'ont pas encore fait l'objet d'une transposition avec les nouveaux indices européens. Dans ce cas, c'est le niveau L_{den} qui est comparé à titre indicatif aux valeurs limites applicables pour la période de jour car il est souvent proche du niveau sonore L_{day} . Pour la période de nuit, le L_{nigh} est directement assimilable à cette période.

8.5.6.1 Construction des gares

Gare Aéroport d'Orly :

La gare Aéroport d'Orly constitue l'extrémité est du tronçon objet du présent dossier. La réalisation de cette gare relève des travaux du tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly du Grand Paris Express (prolongement de la ligne 14 au sud, objectif de mise en service en 2024), qui a fait l'objet d'une enquête préalable à déclaration d'utilité publique du 1^{er} juin au 9 juillet 2015. Cette gare n'est donc pas présentée dans le présent dossier.

Gare Antonypôle :

La gare Antonypôle est située à l'angle des avenues François Arago et Léon Harmel au sud de la commune d'Antony, dans une zone à caractère économique et industriel.

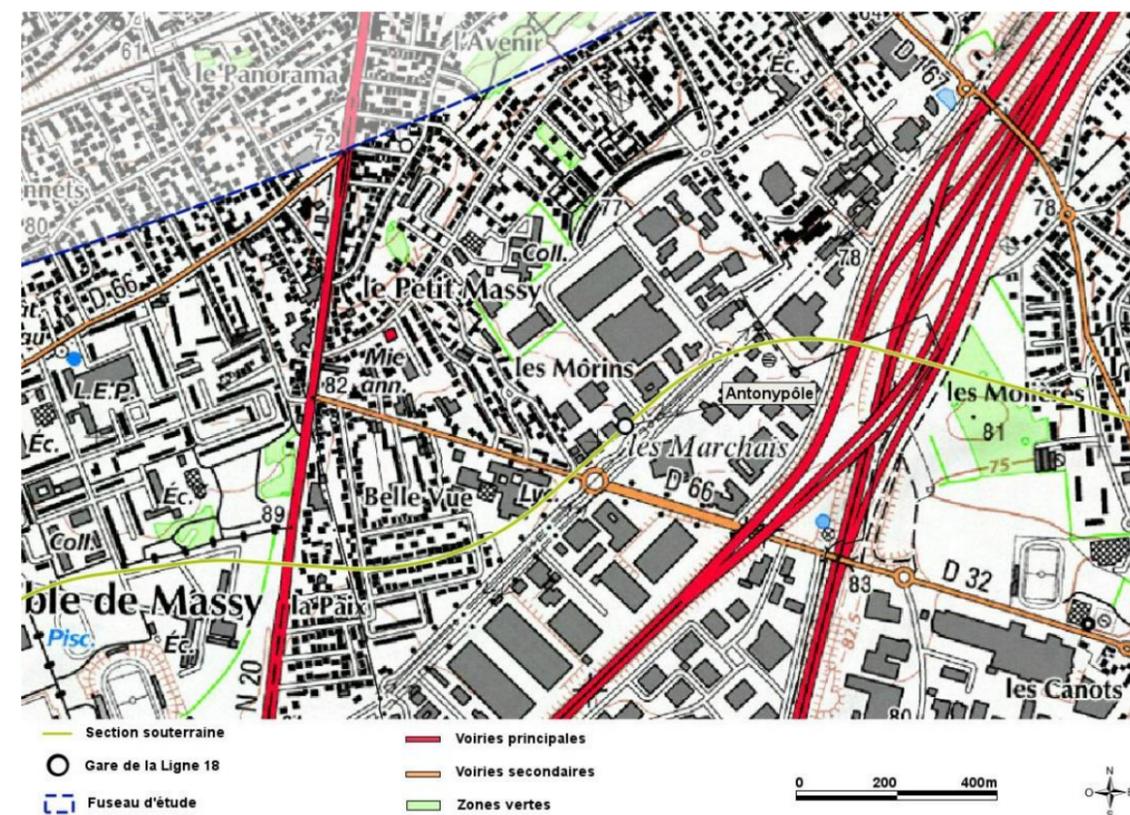
Les riverains les plus proches sont situés à environ 40m au sud-ouest et la base du chantier est également localisée à toute proximité de bâtiments de bureaux (10m).

L'environnement sonore est principalement impacté par le trafic routier des autoroutes A6 et A10 situées à environ 300m au sud-est de la gare mais reste modéré en journée avec un L_{den} de l'ordre de 60 dB(A). Le site est également soumis au bruit des avions de l'aéroport d'Orly.

La construction de la gare Antonypôle nécessite la démolition de trois bâtiments, soit des travaux particulièrement bruyants. Elle sera ensuite réalisée en tranchée couverte dite de « radier premier ».

L'évacuation des déblais sera effectuée par voie routière mais l'impact du charroi chantier sera faible car les axes routiers présents sont bien adaptés. Durant des travaux, il est prévu que la partie Sud de l'avenue François Arago passe de 2 à 1 voie mais cela n'aura pas d'impacts sonore significatif car il s'agit d'une voie d'accès à la zone économique.

L'impact sonore du chantier de la gare Antonypôle est considéré comme fort en raison de la grande proximité avec les immeubles de bureaux et des riverains les plus proches.



Carte de sensibilité des voies d'accès à la gare Antonypôle (fond de plan IGN)

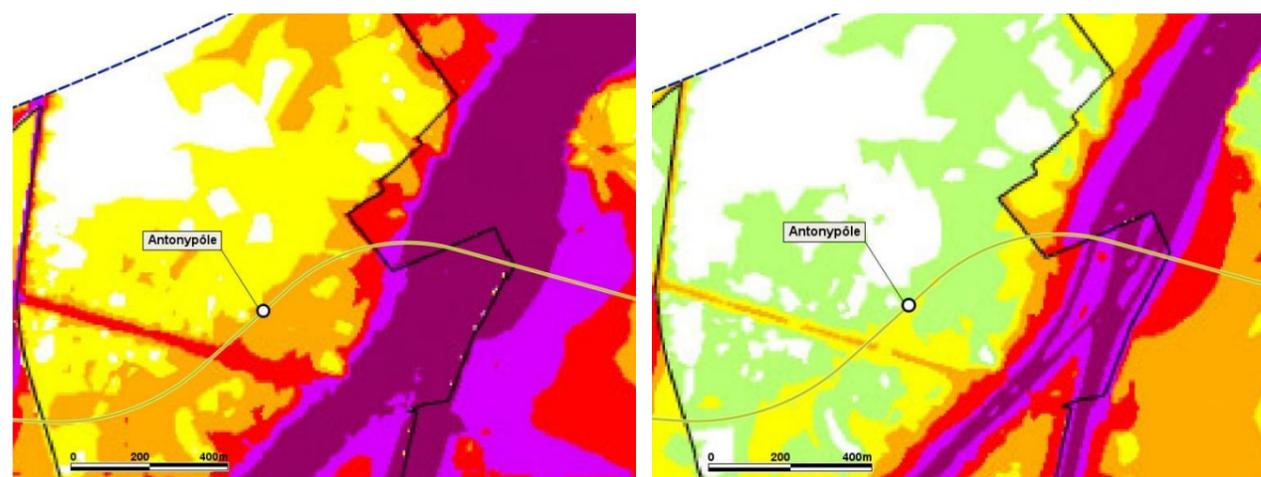
Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Antonypôle sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Antonypôle

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (entreprises / bureaux)
Démolition Terrassement Fondation	
Gros œuvre	
Second œuvre	
Charroi (impacts sur les voies d'accès au site, voir figure ci-dessus)	

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------



Section souterraine	Niveau Lden dB(A)	Niveau Ln dB(A)
Gare de la Ligne 18	> 75	> 75
Fuseau d'étude	70-75	70-75
	65-70	65-70
	60-65	60-65
	55-60	55-60
	50-55	50-55

LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Bureaux les plus proches	10	60

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Bureaux les plus proches	10	50

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Antonypôle- Périodes Lden et Ln (Bruitparif.fr)

Gare Massy Opéra :

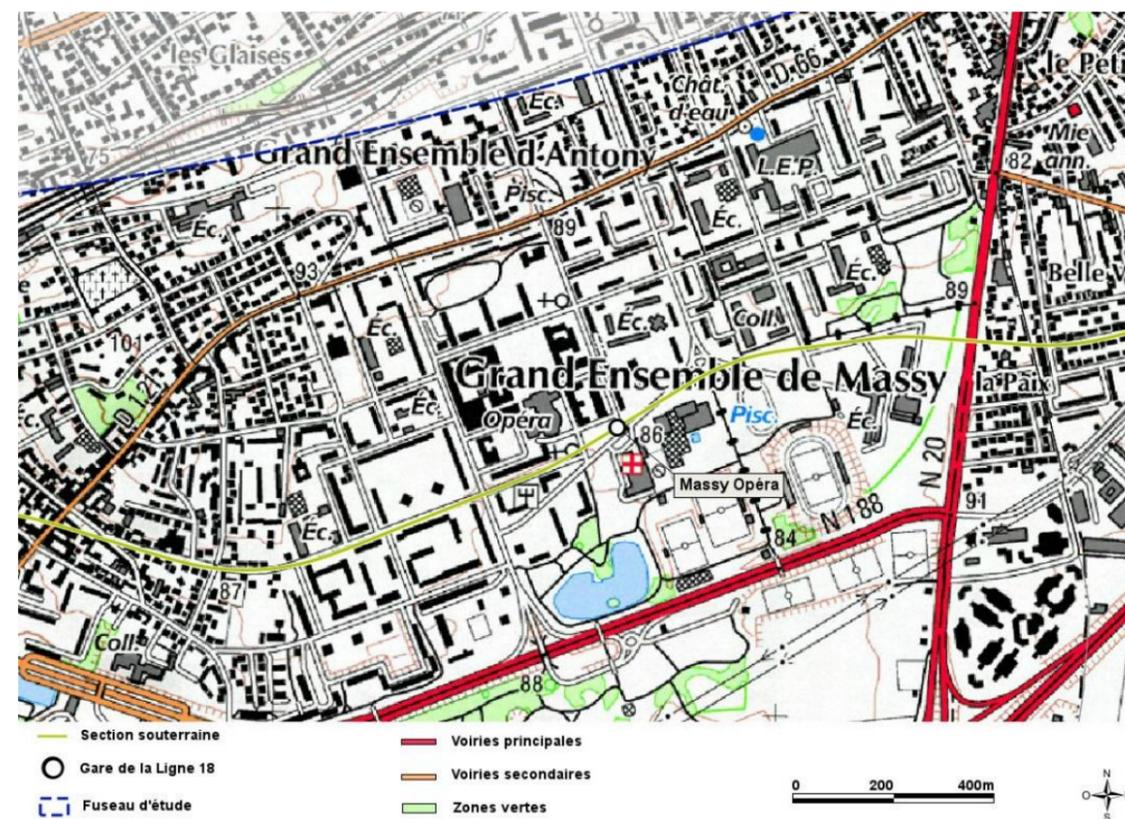
La gare Massy Opéra est prévue place Saint Exupéry sur la commune de Massy, à la limite d'une zone résidentielle dense (immeubles collectifs). Elle s'insère également dans un tissu urbain constitué de marqueurs forts tels que l'Opéra de Massy, l'Eglise Saint-Marc, le centre omnisport Pierre de Coubertin, le parc de la Blanchette et l'institut Hospitalier Jacques Cartier situé à environ 40m au sud de la gare mais à seulement 20m de la base chantier.

L'environnement sonore de cette zone est plutôt calme au nord-ouest à modéré au sud-est à cause du bruit émis notamment la RN20 et la RN188. Les voiries locales sont moins bruyantes et ont un impact moins étendu.

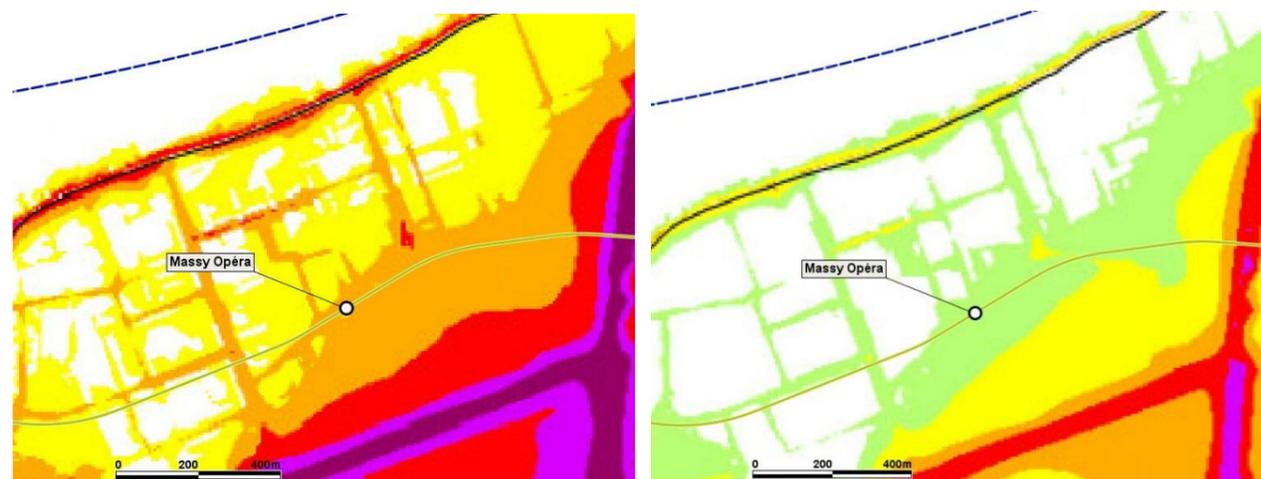
Le puits central de la gare Massy Opéra sera réalisé à ciel ouvert et les extrémités de la gare sont réalisées en souterrain.

Durant la phase de travaux, le trafic routier de l'avenue du Noyer Lambert sera dévié. La partie sud de l'avenue de France sera également fermée.

L'impact sonore du chantier de la gare Massy Opéra est considéré comme fort en raison de la proximité des riverains, du centre Hospitalier Jacques Cartier et des déviations prévues.



Carte de sensibilité des voies d'accès à la gare Massy Opéra (fond de plan IGN)



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Riverains les plus proches	20	55
Centre hospitalier le plus proche	40	60

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Riverains les plus proches	20	50
Centre hospitalier le plus proche	40	50

Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Massy Opéra sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Massy Opéra

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (centre hospitalier et habitations)
Terrassement Fondation	
Gros œuvre	
Second œuvre	
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-dessus)	

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Massy Opéra – Périodes Lden et Ln Night (Bruitparif.fr)

Gare Massy-Palaiseau :

La gare Massy-Palaiseau est implantée au cœur du faisceau de voies ferroviaires existantes entre l'avenue Raymond au nord-ouest et l'avenue Carnot au sud-est à Massy. Cette gare fait partie d'un important pôle multimodal comportant trois gares ferroviaires (RER B, RER C et gare TGV), 2 gares routières (Vilmorin et Atlantis) et elle sera aussi le terminus du tram Massy-Evry à l'horizon 2018.

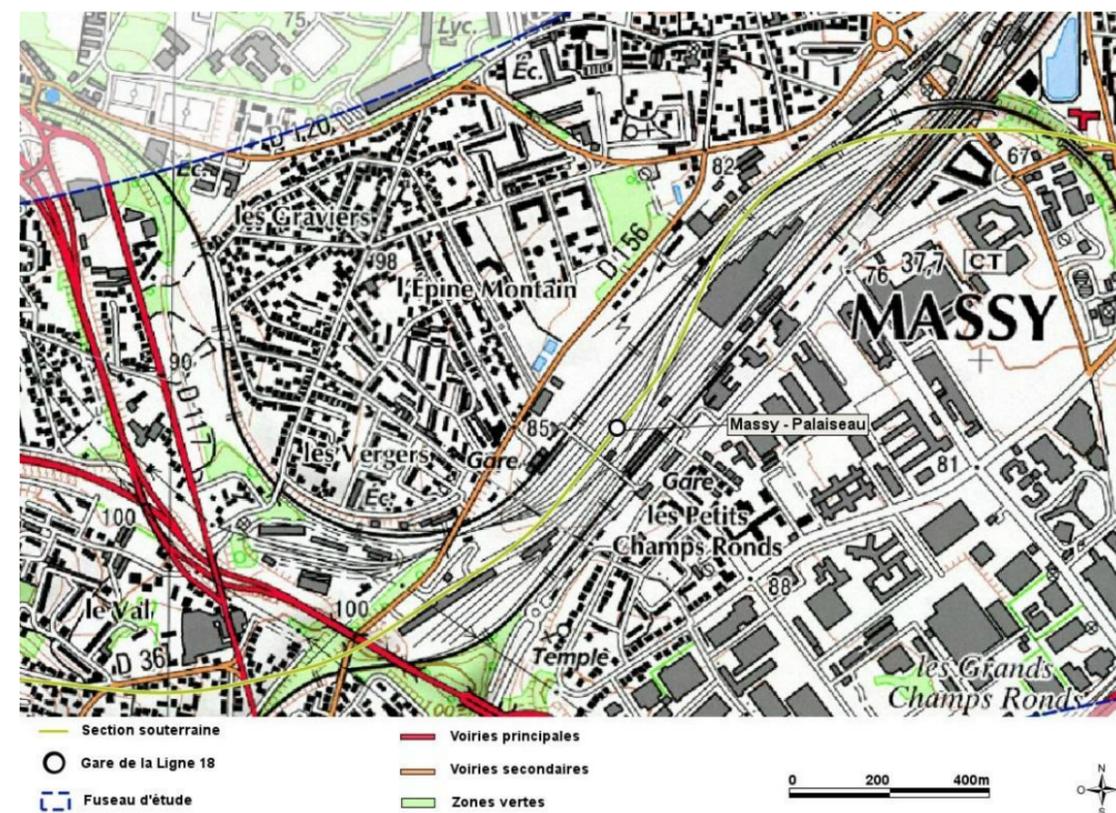
L'environnement sonore actuel du secteur est donc très impacté par le bruit ferroviaire mais aussi par le bruit routier de la RD156 à l'ouest, de l'avenue Carnot à l'est et de l'A126 au sud.

Les riverains sont situés à environ 150m de part et d'autre des voies ferrées mais le chantier est proche de la gare de Massy-Palaiseau et donc de ses usagers.

La gare souterraine Massy-Palaiseau est construite en tranchée couverte par la méthode dite de « couverture première » au milieu du faisceau de voies ferrées. Ce choix réduit les nuisances sonores et permet de limiter les perturbations au niveau des voies ferrées.

Lors de la phase travaux les voies 17 à 33 de la gare actuelle seront fermées, ce qui pourra induire un impact temporaire, à priori plutôt positif, sur le bruit ferroviaire. L'évacuation des déblais sera effectuée par voie routière, ce qui pourrait engendrer une faible augmentation du bruit routier.

L'impact sonore du chantier de la gare Massy-Palaiseau est faible pour les habitations qui sont éloignées à modéré pour les usagers de la gare, notamment lors des phases les plus bruyantes de terrassement et de gros œuvre.



Carte de sensibilité des voies d'accès à la gare Massy-Palaiseau (fond de plan IGN)

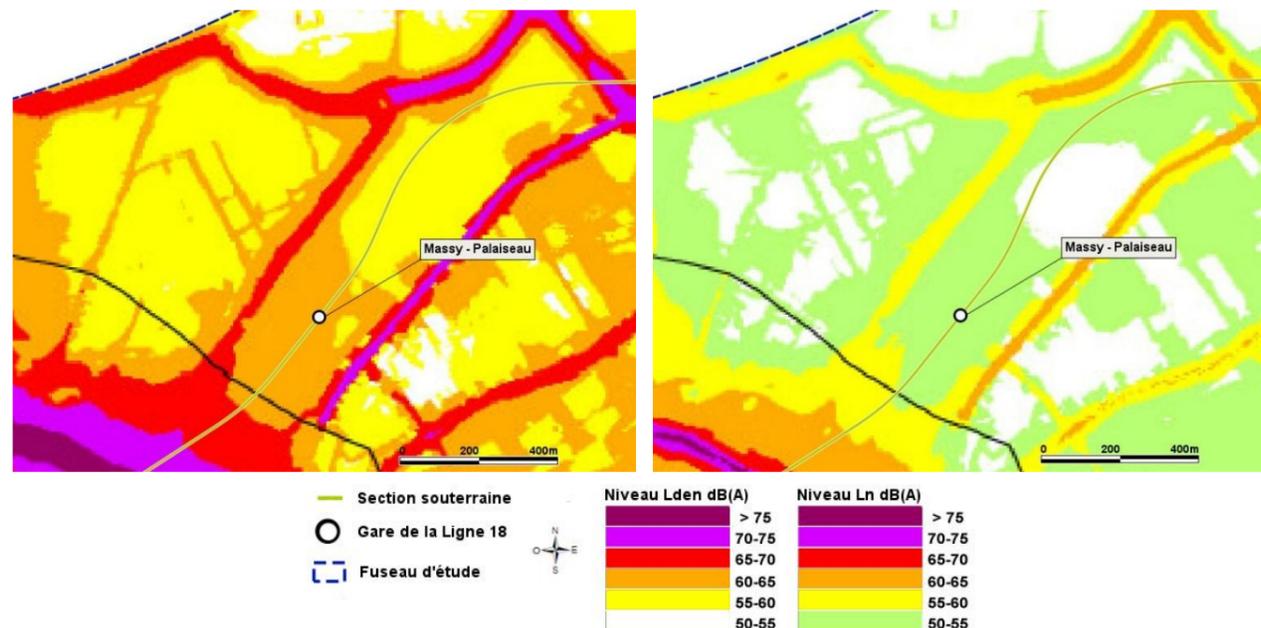
Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Massy-Palaiseau sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Massy-Palaiseau

Incidences sonores des phases de chantier		
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (habitations et bureaux)	Usagers de la gare
Terrassement Fondation		
Gros œuvre		
Second œuvre		
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-dessus)		

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A) (hors bruit ferroviaire)
Riverains les plus proches	150	60

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A) (hors bruit ferroviaire)
Riverains les plus proches	150	50

Extraits des cartes de bruit routier existant pour la gare Massy Palaiseau- Périodes Lden et Ln Night (Bruitparif.fr)

Gare Palaiseau :

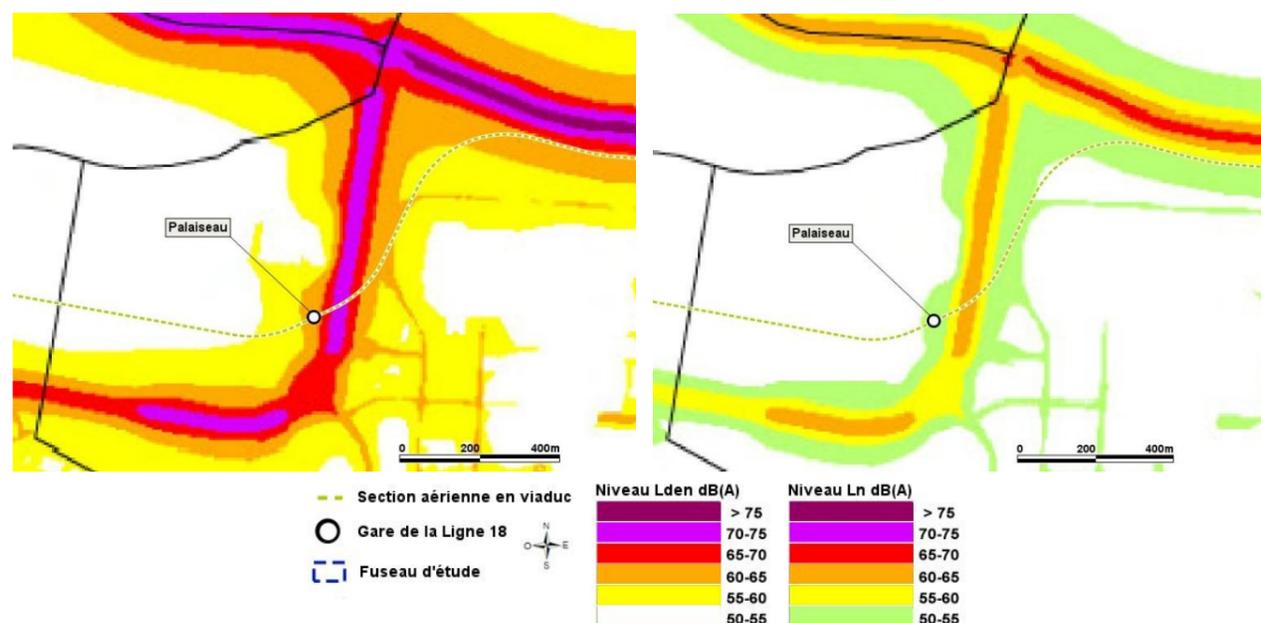
La gare Palaiseau est située sur le parking du centre de recherche de Danone à Palaiseau, le long l'avenue de la Vauve. Le centre de recherche Danone et SOFRADIR qui est à l'intérieur du bâtiment de Danone (à environ 30m du chantier de la gare et 18m du viaduc) et le bâtiment de Thalès (à environ 80m du chantier de la gare et 17m du viaduc) qui aura été au préalable déménagé sont les bâtiments les plus proches du chantier.

L'environnement sonore dans le secteur est calme sauf à toute proximité de l'avenue de la Vauve, de la RD36 et la RD128 qui constituent les principales sources sonores, notamment en journée car la nuit le trafic local est très réduit et l'environnement sonore encore plus calme.

Il s'agit d'un quartier en pleine mutation, avec des projets actuellement en cours de construction comme à l'ouest de Danone Research, le centre de recherche d'EDF qui viendront rejoindre à court terme les institutions /centre de recherche déjà installées, ce qui pourrait contribuer à augmenter les impacts sonores locaux du chantier sur ces bâtiments en cours de construction ainsi que sur les futurs bâtiments de la ZAC du quartier de l'Ecole Polytechnique qui seront construit avant la fin des travaux de la gare Palaiseau.

La gare aérienne Palaiseau est réalisée à ciel ouvert, ce qui engendrera des nuisances sonores qui seront néanmoins en partie compensées par une phase de terrassement plus courte et un charroi de chantier moins important du fait que la gare n'est pas souterraine et nécessite donc moins d'excavation de matière. Du fait de la localisation de la gare, le chantier n'aura pas d'impacts sur la circulation (pas de déviation prévue). L'évacuation des déblais correspond aux volumes excavés pour la réalisation des fondations et sera effectuée par voie routière via la RD128 puis la RD36.

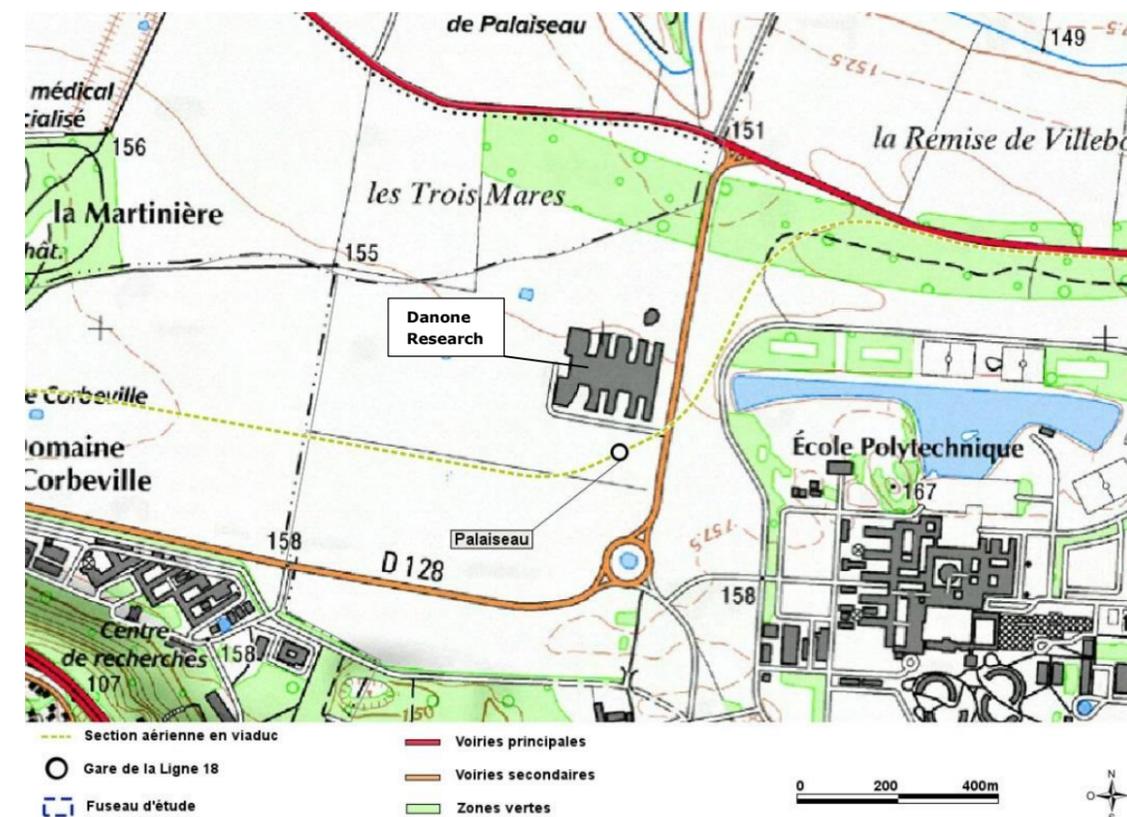
L'impact sonore du chantier de la gare Palaiseau est considéré comme fort du fait de son implantation à proximité directe de la ZAC Polytechnique et de centres de recherches.



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Centre de recherche le plus proche	30	55

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Centre de recherche le plus proche	30	<50

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Palaiseau - Périodes Lden et Lnight (Bruitparif.fr)



Carte de sensibilité des voies d'accès à la gare Palaiseau (fond de plan IGN)

Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Palaiseau sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier - Palaiseau

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	ZAC Polytechnique / bâtiment sensible le plus proche (centre de recherche Danone)
Terrassement Fondation	Impact fort
Gros œuvre	Impact fort
Second œuvre	Impact modéré
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-dessus)	Impact modéré

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Gare Orsay-Gif :

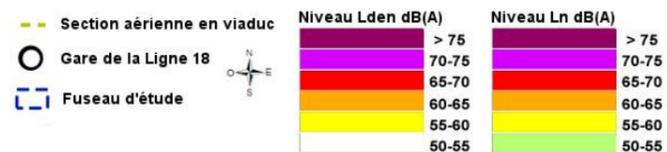
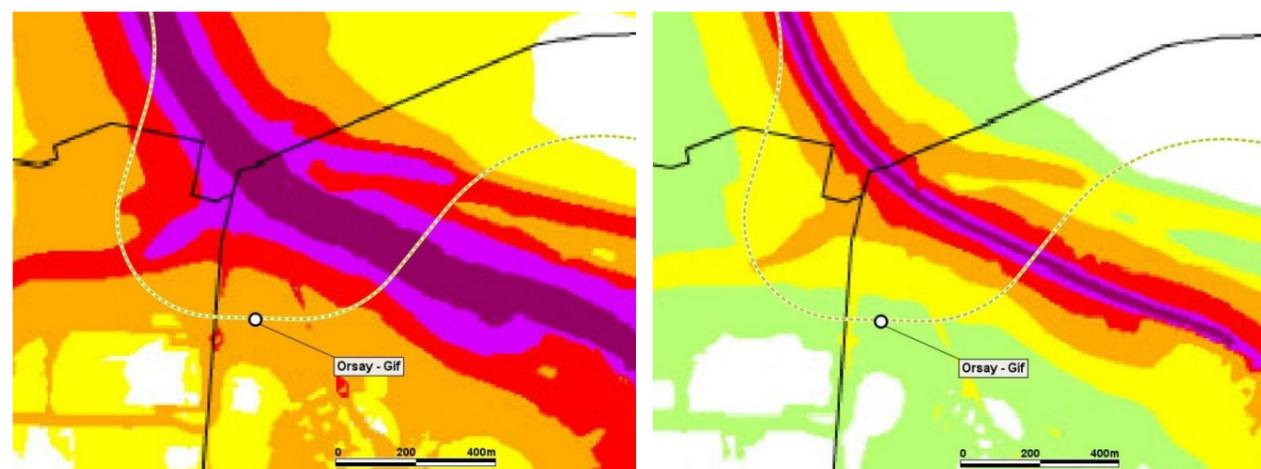
La gare Orsay-Gif est située actuellement en zone agricole, à la limite des communes d'Orsay et de Gif sur Yvette, entre la rue Noetzelin et la rue Nicolas Appert. Le sud de la zone d'implantation de la gare est urbanisé avec de nombreux établissements d'enseignement supérieur, de centres de recherche et d'activités économiques. Les bâtiments de l'Université de Paris Sud actuellement les plus proches sont à environ 100 m au sud de la base chantier mais le campus est amené à se développer à court terme, ce qui pourrait augmenter les nuisances sonores en phase chantier notamment pour les salles d'enseignement.

L'environnement sonore de cette zone est modéré et principalement impacté par le trafic routier de la RN118 située à 300m au nord de la gare mais aussi par la RD128 située plus à l'ouest.

La gare aérienne Orsay-Gif est réalisée à ciel ouvert, ce qui engendrera des nuisances sonores qui seront néanmoins en partie compensées par une phase de terrassement plus courte et un charroi de chantier moins important du fait que la gare n'est pas souterraine et nécessite donc moins d'excavation de matière.

L'évacuation des déblais sera effectuée via la RN118, soit un impact sonore négligeable du fait de la charge de trafic déjà importante de cette voirie.

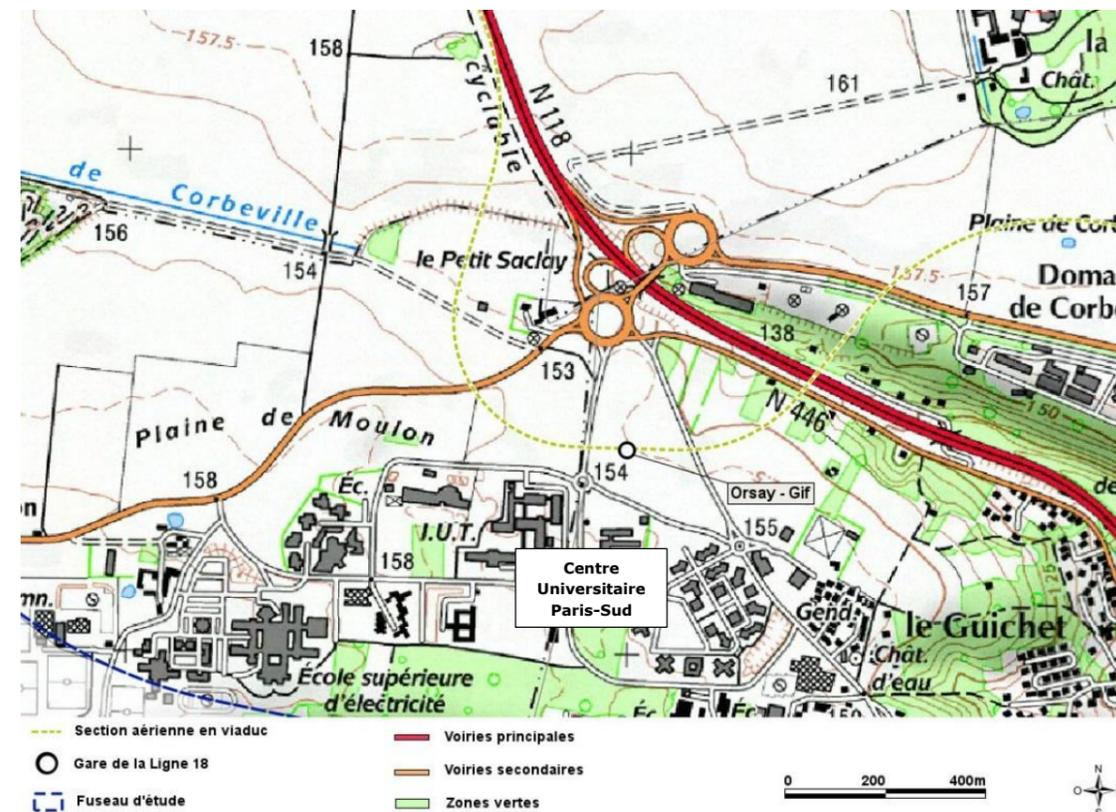
L'impact sonore du chantier de la gare Orsay-Gif est considéré comme modéré en raison de la proximité avec le campus de l'Université de Paris Sud.



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Centre universitaire le plus proche	100	60

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Centre universitaire le plus proche	100	50

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Orsay-Gif-Périodes Lday et Lnight (Bruitparif.fr)



Carte de sensibilité des voies d'accès - gare Orsay-Gif (fond de plan IGN)

Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Orsay-Gif sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier - Orsay-Gif

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (université)
Terrassement Fondation	Impact modéré
Gros œuvre	Impact modéré
Second œuvre	Impact faible
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-dessus)	Impact faible

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Gare CEA Saint-Aubin :

La gare CEA Saint-Aubin ne fait pas partie du périmètre du présent projet soumis à l'enquête publique, c'est pourquoi elle ne fait pas l'objet d'une étude dans le présent dossier.

Gare Saint-Quentin Est :

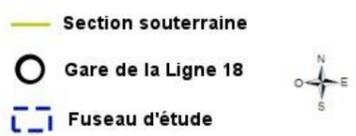
La gare Saint-Quentin Est est située sur l'ancien site de Thales, en zone industrielle sur la commune de Guyancourt, à l'intersection de deux axes importants : l'avenue de l'Europe et l'avenue Léon Blum (RD91).

L'environnement sonore dans cette zone est assez bruyant (ambiance sonore non modérée) à cause du bruit généré par ces deux avenues.

Les riverains les plus proches sont situés à environ 65 m au nord-ouest du site, de l'autre côté de la RD91. Le bruit généré par cette route va donc au moins partiellement couvrir les bruits induits par le chantier, ce qui réduira les impacts sonores.

La gare Saint-Quentin Est sera réalisée en tranchée ouverte par la méthode dite de « radier premier » en deux séquences. Aucun impact sur la circulation routière n'est à prévoir lors de la phase de construction de la gare.

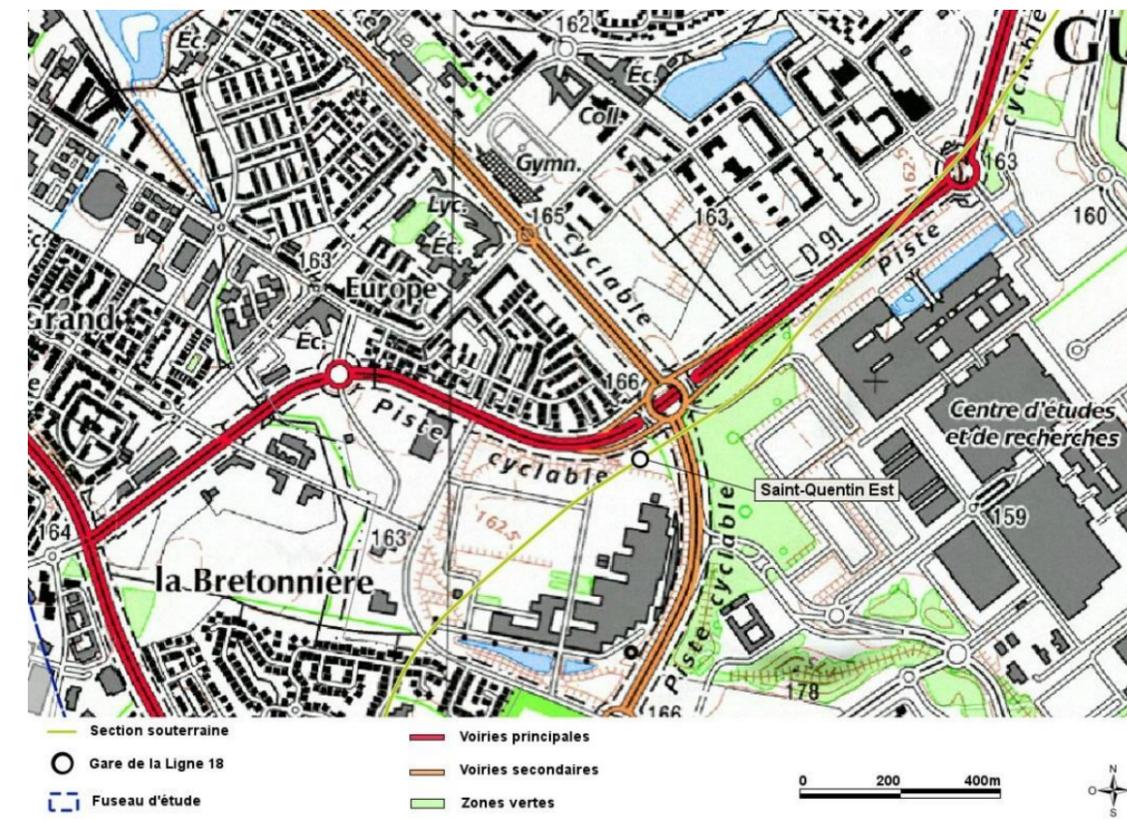
L'impact sonore du chantier de la gare Saint-Quentin Est est considéré comme modéré en raison des forts niveaux sonores relevés autour de la future gare en période de jour.



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Habitations les plus proches	65	65

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Habitations les plus proches	65	55

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Saint-Quentin Est – Périodes Lden et Lnigt (versaillesgrandparc.fr)



Carte de sensibilité des voies d'accès - gare Saint-Quentin Est (fond de plan IGN)

Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Saint-Quentin Est sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Saint-Quentin Est

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (habitations)
Terrassement Fondation	Impact modéré
Gros œuvre	Impact modéré
Second œuvre	Impact faible
Charroi (impacts sur les voies d'accès au site, voir figure ci-dessus)	Impact modéré

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Gare Satory :

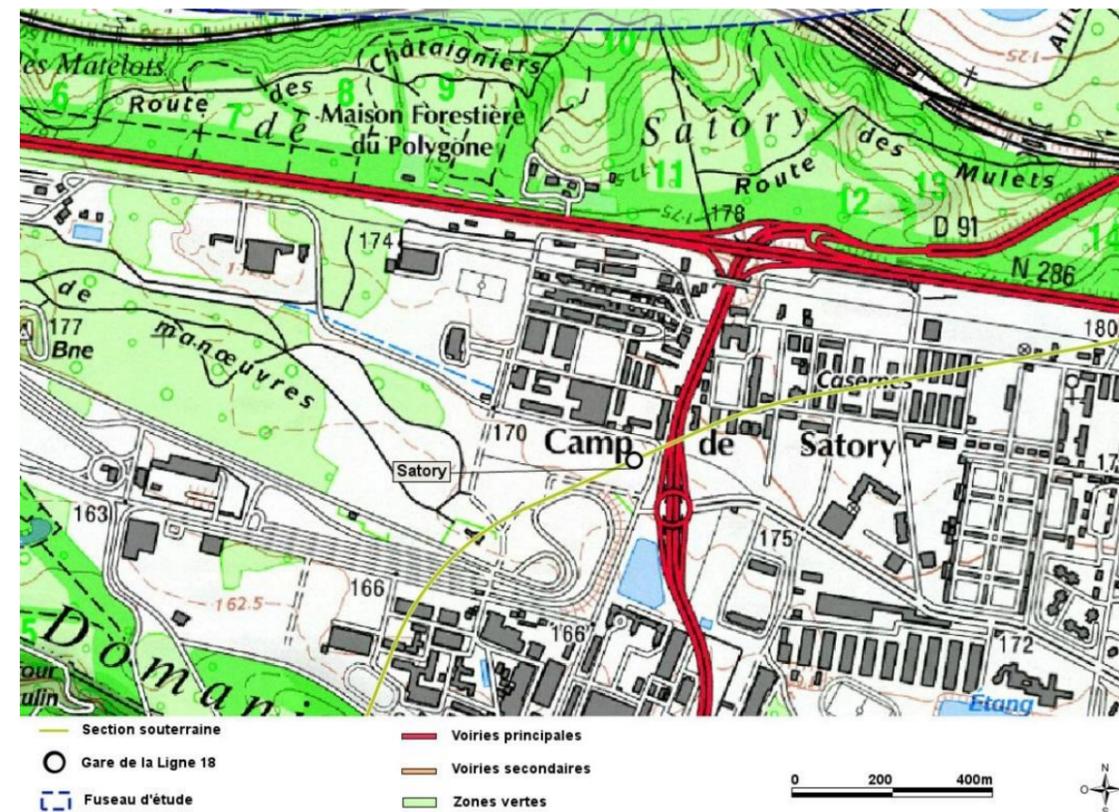
La gare Satory est située le long de la RD91 sur la zone du Camp Militaire de Satory, au sud de la RN12. Elle est située sur une emprise aujourd'hui occupée par une décharge et s'insère dans le projet de réaménagement du secteur aujourd'hui très marqué par l'activité militaire.

L'environnement sonore du secteur est assez bruyant (zone d'ambiance sonore non modérée) et principalement impacté par le bruit de la RD91 et de la RN12.

Les bâtiments les plus proches sont des bureaux situés à environ 70m au nord de la gare mais seulement à 15m de la base chantier, dans la zone militaire. Les premières habitations sont également dans la zone militaire mais à une distance d'au moins 80m par rapport au chantier et séparées du site par la RD91 qui couvrira donc en partie le bruit engendré par les travaux.

De plus la gare de Satory sera réalisée en tranchée ouverte dite de « radier premier ». Néanmoins cette gare sert de puits de départ de tunnelier, soit des nuisances sonores potentiellement plus fortes et une durée de travaux plus longue. Malgré un charroi de chantier important attendu à cause des tunneliers, celui-ci n'engendrera cependant que peu d'augmentation de bruit routier car le site est déjà desservi par des axes routiers importants.

Malgré l'environnement sonore bruyant de la zone, **l'impact sonore du chantier de la gare Satory est considéré comme modéré** en raison de la proximité du chantier avec les bâtiments militaires.



Carte de sensibilité des voies d'accès - gare Satory (fond de plan IGN)

Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Satory sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Satory

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (bâtiments militaires)
Terrassement Fondation	
Gros œuvre	
Second œuvre	
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-dessus)	

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------



LDEN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Bâtiments les plus proches (militaires)	15	65

LN		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Bâtiments les plus proches (militaires)	15	55

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Satory- Périodes Lden et Lnigt (versaillesgrandparc.fr)

Gare Versailles Chantiers

La gare Versailles Chantier est située le long de la rue de la Porte de Buc à Versailles, au sud d'un environnement urbain dense. La gare s'insère également dans un pôle multimodal existant constitué de la gare SNCF accueillant le RER C, les lignes N et U du transilien, les TER, les trains inter cité et les TGV ainsi qu'un pôle Bus avec plus de 20 lignes.

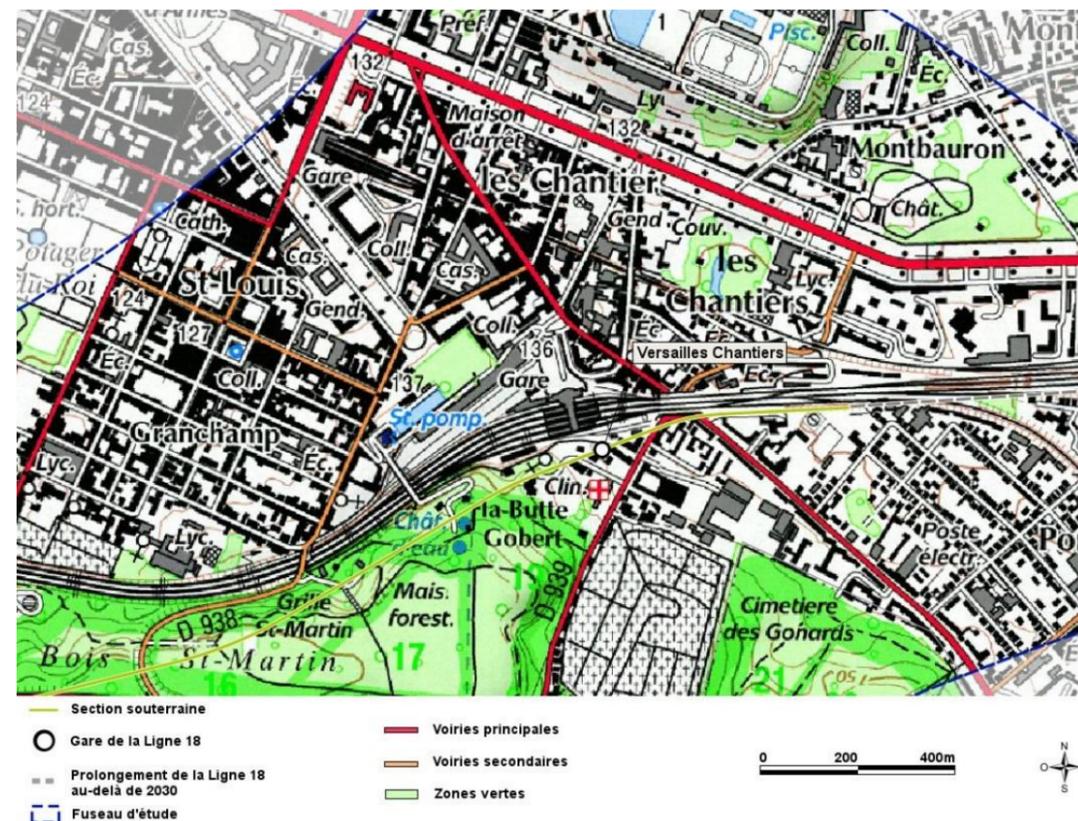
Le secteur sud de la gare est quant à lui constitué du Bois Saint Martin et du Cimetière des Gonards qui sont des zones à protéger du bruit.

L'environnement sonore est assez bruyant (zone d'ambiance sonore non modérée), principalement impacté par le bruit ferroviaire mais également par le bruit de la RN12 et de la RD939.

Les riverains les plus proches se situent à environ 40 m à l'est et à 10m au sud de la base chantier où un établissement de santé y est installé (Maison de santé Claire Demeure).

A ce stade des études, il est envisagé de réaliser la gare Versailles Chantiers en tranchée couverte par la méthode dite « couverture première » en deux séquences. Une réalisation en tranchée ouverte est également envisagée. Le choix sera effectué à la suite des études de maîtrise d'œuvre. Le charroi chantier n'induirait que peu d'augmentation de bruit du fait que le site est bien desservi par la RD939.

Malgré un environnement sonore plutôt bruyant, **l'impact sonore du chantier de la gare Versailles Chantiers est considéré comme fort** car les premiers riverains sont très proches.



Carte de sensibilité des voies d'accès - gare Versailles Chantiers (fond de plan IGN)

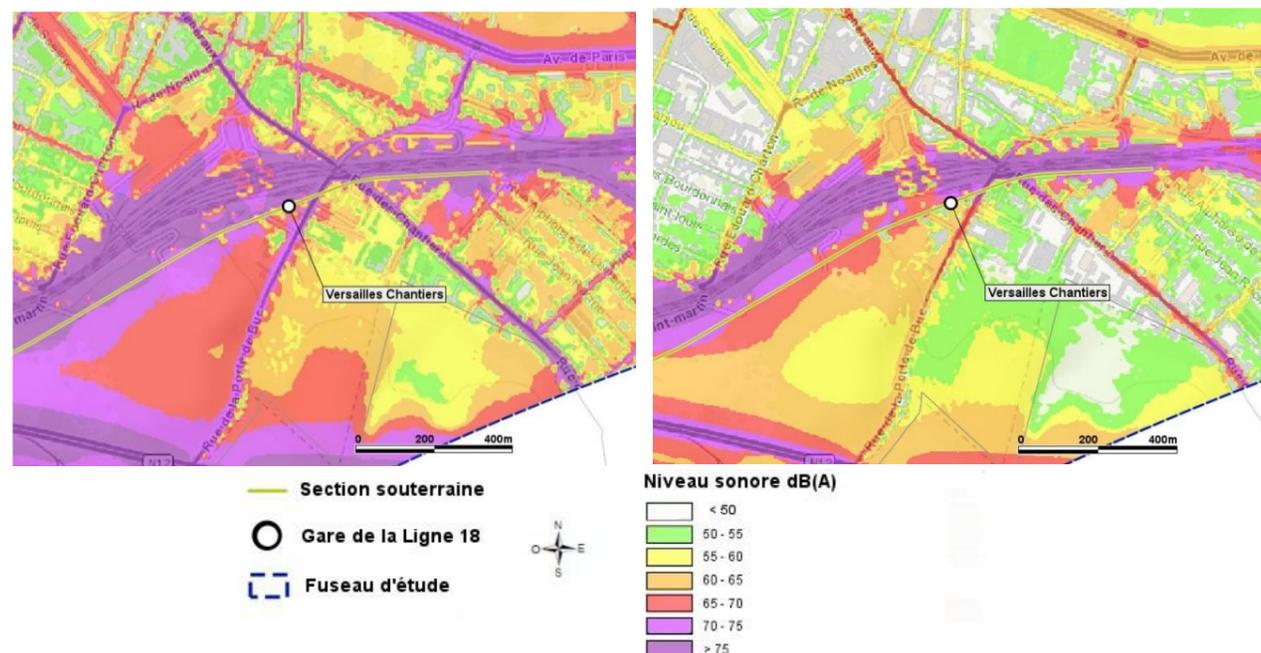
Les incidences sonores du chantier de réalisation de la gare Versailles Chantiers sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – Versailles Chantiers

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Riverains / bâtiment sensible le plus proche (habitations)
Terrassement Fondation	
Gros œuvre	
Second œuvre	
Charroi (impacts sur les voies d'accès au site, voir figure ci-après)	

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------



Lden		
Riverains	Distance à la gare (m)	Lden initial en dB(A)
Habitations les plus proches	10	65

Ln		
Riverains	Distance à la gare (m)	Ln initial en dB(A)
Habitations les plus proches	10	60

Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour la gare Versailles Chantiers- Périodes Lden et Lnigt (versaillesgrandparc.fr)

Conclusion :

Les chantiers des gares généreront des nuisances sonores. L'impact attendu le plus important sera pour la gare Massy Opéra où les habitations et sites sensibles sont nombreux et plus proches.

Les chantiers des gares Antony-pôle, Versailles Chantiers et Palaiseau auront également un impact fort en raison de la proximité des habitations pour les deux premières et en raison de l'environnement sonore particulièrement calme observé actuellement au niveau du secteur de Palaiseau qui se caractérise par le développement de projets.

Les chantiers des autres gares auront un impact sonore modéré en raison de l'éloignement des habitations, du caractère économique des zones ou d'un environnement sonore déjà bruyant à cause des axes routiers importants situés à proximité.

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

Mesures générales mises en place pour tous les chantiers

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase. Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction du bruit prises, les impacts résiduels seront réduits.

MESURES DE SUIVI

Mesures de suivi générales prévues pour tous les chantiers

8.5.6.2 Construction des ouvrages annexes

Ouvrages annexes OA 1 à OA 7 :

Les ouvrages OA 1 à OA 3 sont implantés dans des zones de servitudes aériennes de l'aéroport d'Orly. Les riverains les plus proches sont situés à environ 120m au nord de l'OA 3.

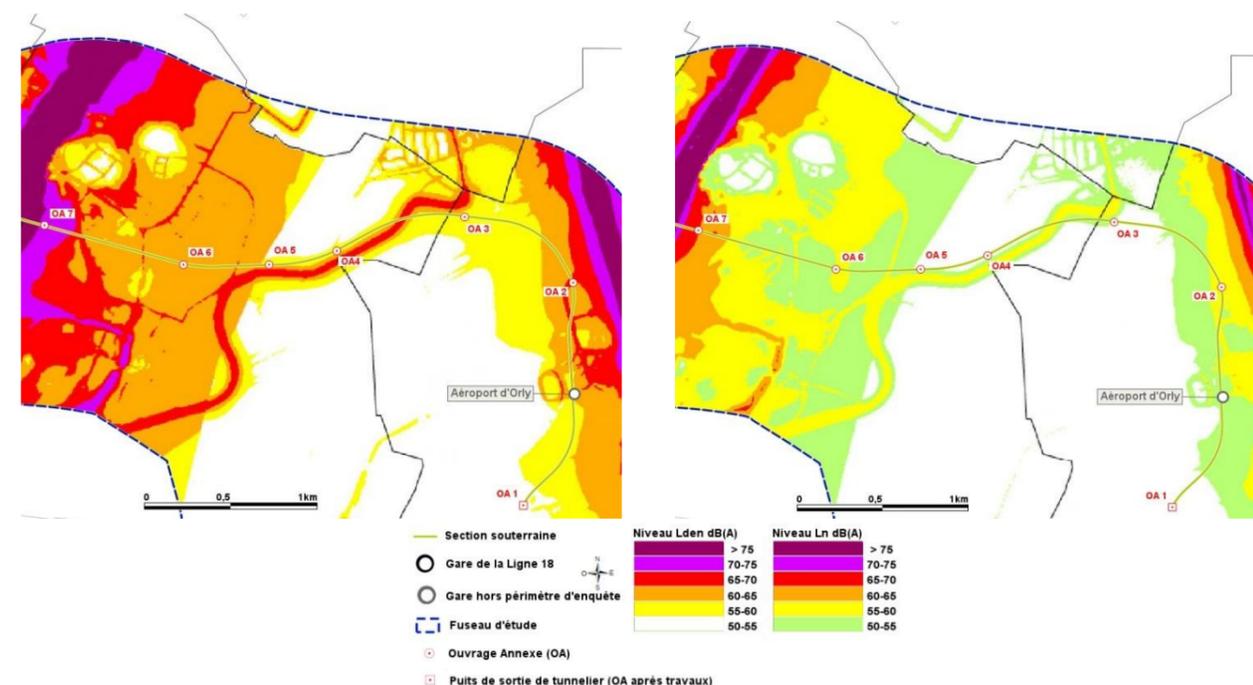
Les ouvrages OA 4 et OA 5 sont situés en zone agricole à Wissous, le long de la RD167 à une distance de plus de 130m par rapport aux premiers riverains.

L'environnement sonore des secteurs autour de ces ouvrages est principalement impacté par le bruit du trafic aérien de l'aéroport, de la RD167 (OA 3 à 5) et de l'A106 (OA2).

Les ouvrages OA 6 et OA 7 sont situés à Wissous, à proximité d'une zone d'habitation (pavillons) située respectivement à 95 m et 20m des chantiers des ouvrages. L'OA6 est plus éloigné des riverains mais il est voisin du parc de Wissous.

L'environnement sonore des secteurs autour des OA6 et 7 reste très impacté par le bruit du trafic aérien mais aussi par le bruit de l'A6, notamment pour l'OA7 qui est très proche de l'autoroute (moins de 150m).

BRUIT



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les OA 1 à 7 – Périodes Lden et Lnight (geoportail93.fr)

Les incidences sonores du chantier de réalisation des ouvrages annexes 1 à 7 sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores de la phase chantier – OA 1 à 7

Phase de travaux	Incidences sonores des phases de chantier						
	Puits considérés						
	OA 1	OA 2	OA 3	OA 4	OA 5	OA 6	OA 7
Démolition / Terrassement / Gros œuvre							
Second œuvre							
Charroi							

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Ouvrages annexes OA 8 à OA 14 :

L'OA 8 est situé le long de la RD920 au sud du Parc Descartes. Les habitations les plus proches se trouvent à environ 15m à l'ouest de la base chantier de l'ouvrage et celle-ci est également mitoyenne avec le parc Descartes. Les écoles primaires et maternelles René Descartes à environ 200m de l'ouvrage ainsi que de l'université AgroParis Tech. Il s'agit d'un puits d'attaque tunnelier, soit des nuisances sonores potentielles accrues (voir aussi chapitre spécifique).

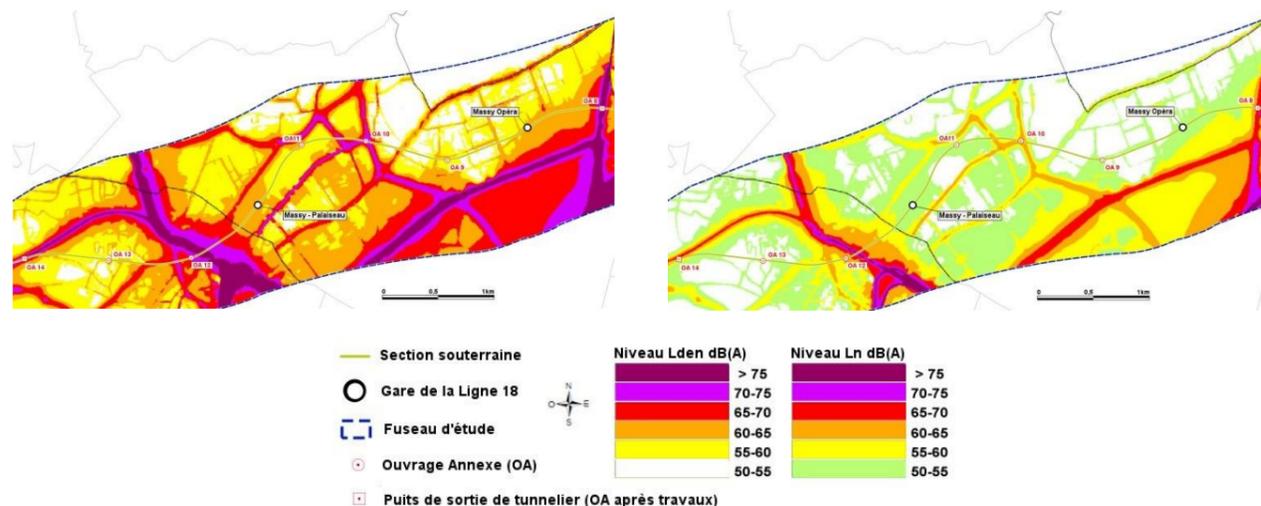
Les OA 9 et 10 se situent au cœur de zones d'habitations à Massy avec des distances aux premiers riverains de l'ordre de 10m par rapport aux bases chantier. Si l'OA 9 est relativement épargné par le bruit, l'OA 10 est quant à lui situé le long de la RD120 et de voies ferrées, soit un environnement sonore bruyant.

L'OA 11 est situé au nord de la gare RER existante de Massy Palaiseau en bordure de l'axe routier RD 120 et à environ 80m des riverains les plus proches mais la base chantier est déportée et seulement à 30m des riverains. L'environnement sonore autour de cet ouvrage est néanmoins bruyant à cause de la RD156 et du trafic ferroviaire. Il devrait couvrir au moins partiellement le bruit du chantier.

L'OA 12 est enclavée au centre de deux voies ferrées, au sud de l'A126 à Palaiseau. Sa base chantier est située à environ 20m des riverains. Le secteur est bruyant car fortement soumis au bruit ferroviaire mais aussi au bruit généré par l'A126.

L'OA 13 est localisée dans une zone résidentielle en plein cœur de Palaiseau, dans une zone relativement épargnée par le bruit. Les riverains les plus proches sont situés à moins de 10m de l'emprise chantier.

L'OA 14 est situé au sud de l'A126 à Palaiseau, dont la base chantier est à une distance de 160m par rapport aux riverains les plus proches. Le chantier est mutualisé avec la tranchée ouverte de transition entre le tunnel et le viaduc et servira aussi de sortie de tunnelier. Son environnement sonore est bruyant en raison de sa proximité avec l'A126.



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les OA 8 à 14 – Périodes Lden et Ln Night (bruitparif.fr)

Les incidences sonores du chantier de réalisation des ouvrages annexes 8 à 14 sont synthétisées dans le tableau ci-après

Incidences sonores de la phase chantier – OA 8 à 14

Incidences sonores des phases de chantier							
Phase de travaux	Puits considérés						
	OA 8	OA 9	OA 10	OA 11	OA 12	OA 13	OA 14
Démolition / Terrassement / Gros œuvre							
Second œuvre							
Charroi							

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Ouvrages annexes OA 15 à 19

L'OA 15 est situé à Magny les hameaux, le long de la RD36 et à l'est de l'Avenue de l'Europe à environ 240m des habitations les plus proches. L'environnement sonore est bruyant et principalement impacté par le bruit de la RD36 ainsi que le survol des avions de l'aérodrome de Toussus le Noble. Ce chantier sera mutualisé avec la tranchée ouverte de transition entre le tunnel et le viaduc et servira aussi de sortie de tunnelier.

Le OA 16 et 17 sont situés au nord et au sud d'une zone pavillonnaire de Magny les Hameaux. Les bases chantier sont situées à une distance d'environ 20m par rapport aux habitations les plus proches. L'environnement sonore dans cette zone est calme et relativement préservé du bruit.

L'OA 18 se situe à l'ouest du rondpoint Georges Besse à Guyancourt. Les habitations les plus proches sont à environ 115m à l'ouest de l'ouvrage annexe. L'environnement sonore de ce secteur est bruyant car impacté par le bruit de la RD91.

L'OA 19 se situe à Guyancourt, sur le parking de l'IFCA à l'est de l'axe routier RD91. Les habitations sont plus proches sont à environ 280m à l'ouest mais la base chantier est située à seulement 30m de l'institut de formation. L'environnement sonore est soumis au bruit de la RD91 mais reste modéré.



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les OA 15 à 19 – Périodes Lden et Ln Night (geoportail93.fr)

Les incidences sonores du chantier de réalisation des ouvrages annexes 15 à 19 sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores de la phase chantier – OA 15 à 19

Incidences sonores des phases de chantier					
Phase de travaux	Puits considérés				
	OA 15	OA 16	OA 17	OA 18	OA 19
Démolition / Terrassement / Gros œuvre					
Second œuvre					
Charroi					

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

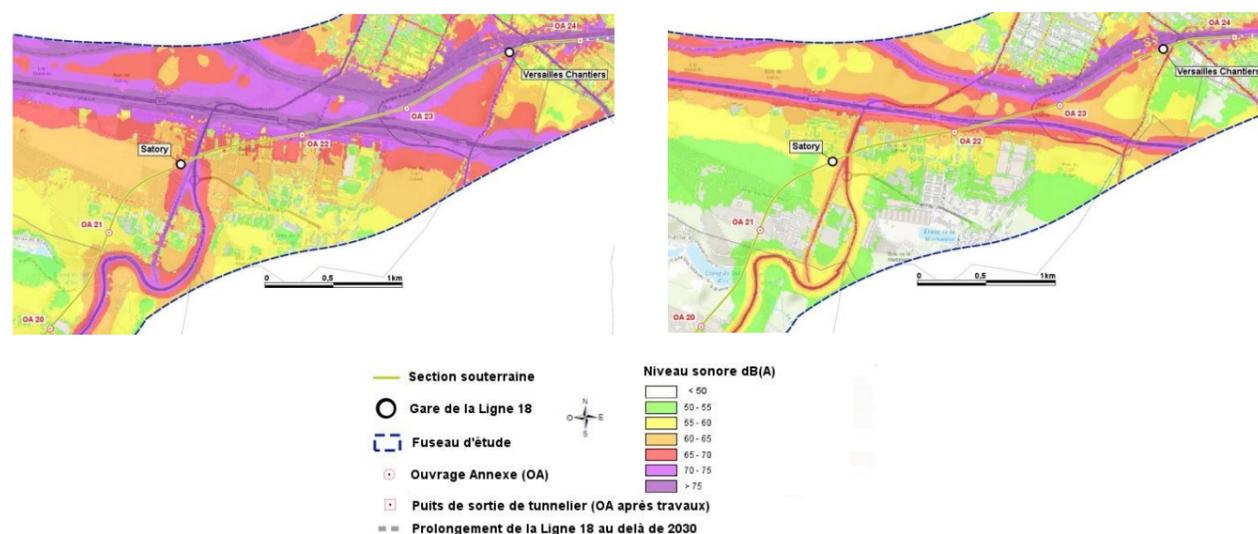
Ouvrages annexes OA 20 à 24 :

L'OA 20 se situe à Guyancourt, au sud de l'étang du Val d'Or, à 100m de la RD91 mais à proximité directe d'habitations (10 à 20m). L'environnement sonore de ce secteur est calme grâce à l'éloignement avec la RD91 mais aussi aux bâtiments qui font écran par rapport au bruit.

L'OA 21 se situe dans une zone à caractère économique et industriel à Versailles, au sud de la zone militaire de Satory et à environ 140m au nord de la RD91. La zone est calme du fait de l'éloignement avec la RD91 et aucune habitation n'est située à proximité de l'ouvrage.

Les OA 22 et 23 sont situés au nord du camp militaire de Satory, de part et d'autre de la RN12. Il s'agit de zones très bruyantes car proches de la RN12. La base chantier de l'OA 22 est proche de logements et l'OA23 est implanté en plein cœur de la forêt de Versailles, ce qui augmente les impacts.

L'OA 24 est situé au sud de la ligne de RER C entre les gares de Versailles Chantiers et Porchfontaine. Les habitations les plus proches sont situées à environ 15m au sud-est de l'ouvrage. L'environnement sonore est assez bruyant et principalement impacté par le bruit du trafic ferroviaire de la ligne du RER C située au nord de l'ouvrage annexe.



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour les OA 20 à 24 – Périodes Jour et Nuit (ASM Acoustics)

Les incidences sonores du chantier de réalisation des ouvrages annexes 20 à 24 sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores de la phase chantier – OA 20 à 24

Incidences sonores des phases de chantier					
Phase de travaux	Puits considérés				
	OA 20	OA 21	OA 22	OA 23	OA 24
Démolition / Terrassement / Gros œuvre					
Second œuvre					
Charroi					

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

Conclusion :

Les chantiers des ouvrages annexes généreront surtout des nuisances sonores au niveau des zones densément peuplées comme à Wissous, Massy et Magny-les-Hameaux et ponctuellement à Guyancourt ou à Versailles. Les chantiers des autres ouvrages auront un impact sonore faible à modéré en raison de l'éloignement des habitations, du caractère économique des zones et/ou d'un environnement sonore déjà bruyant.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Mesures générales pour l'ensemble des chantiers.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

En raison du caractère variable des bruits inhérents à la phase de chantier, il n'est pas possible de totalement supprimer les impacts sonores durant cette phase. Néanmoins grâce aux mesures générales d'évitement et de réduction du bruit prises, les impacts résiduels seront nettement réduits.

MESURES DE SUIVI

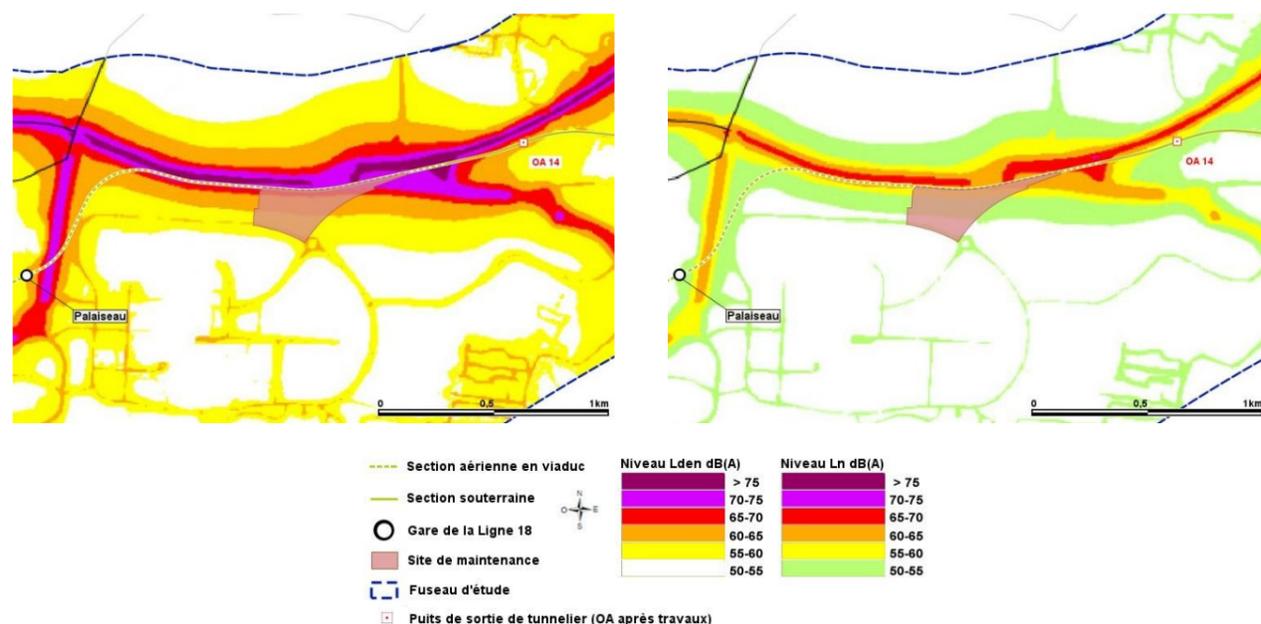
Mesures de suivi générales prévues pour tous les chantiers.

8.5.6.3 Construction du site de maintenance SMR / SMI / PCC Palaiseau

La Ligne 18 accueillera un site de maintenance situé sur la commune de Palaiseau au nord de l'École Polytechnique et au sud de la RD36, sur des terrains aujourd'hui occupés par des espaces naturels. Le site d'implantation correspond à la zone de transition entre le souterrain et l'aérien.

Du fait de sa localisation, l'environnement sonore actuel du site est principalement dominé par le bruit routier de l'axe RD36.

L'impact sonore du chantier du SMR / SMI / PCC de Palaiseau est considéré comme faible pour les bâtiments les plus proches situés à environ 500 m au sud du SMR (bâtiment du site Polytechnique) et modéré pour la Forêt Domaniale de Palaiseau située à quelques mètres au sud-est du SMR et qui doit être préservée du bruit.



Extraits des cartes de bruit routier et ferroviaire existant pour le site de maintenance SMR/SMI/PCC Palaiseau – Périodes Jour et Nuit (ASM Acoustics)

Les incidences sonores du chantier de réalisation du Site de Maintenance sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Incidences sonores des phases chantier – SMR/SMI/PCC Palaiseau

Incidences sonores des phases de chantier	
Phase de travaux	Forêt Domaniale de Palaiseau
Terrassement Fondation	
Gros œuvre	
Second œuvre	
Charroi (impacts sur les voiries d'accès au site, voir figure ci-après)	

Légende :

Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort
--------------	---------------	---------------	-------------

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

- Choix d'un site éloigné des habitations et déjà très impacté par le bruit routier (RD36) ;
- Proximité de voiries importantes pour l'évacuation des déblais.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

Mesures de suivi générales prévues pour tous les chantiers.

8.5.6.4 Synthèse des impacts lors de la construction des ouvrages émergents

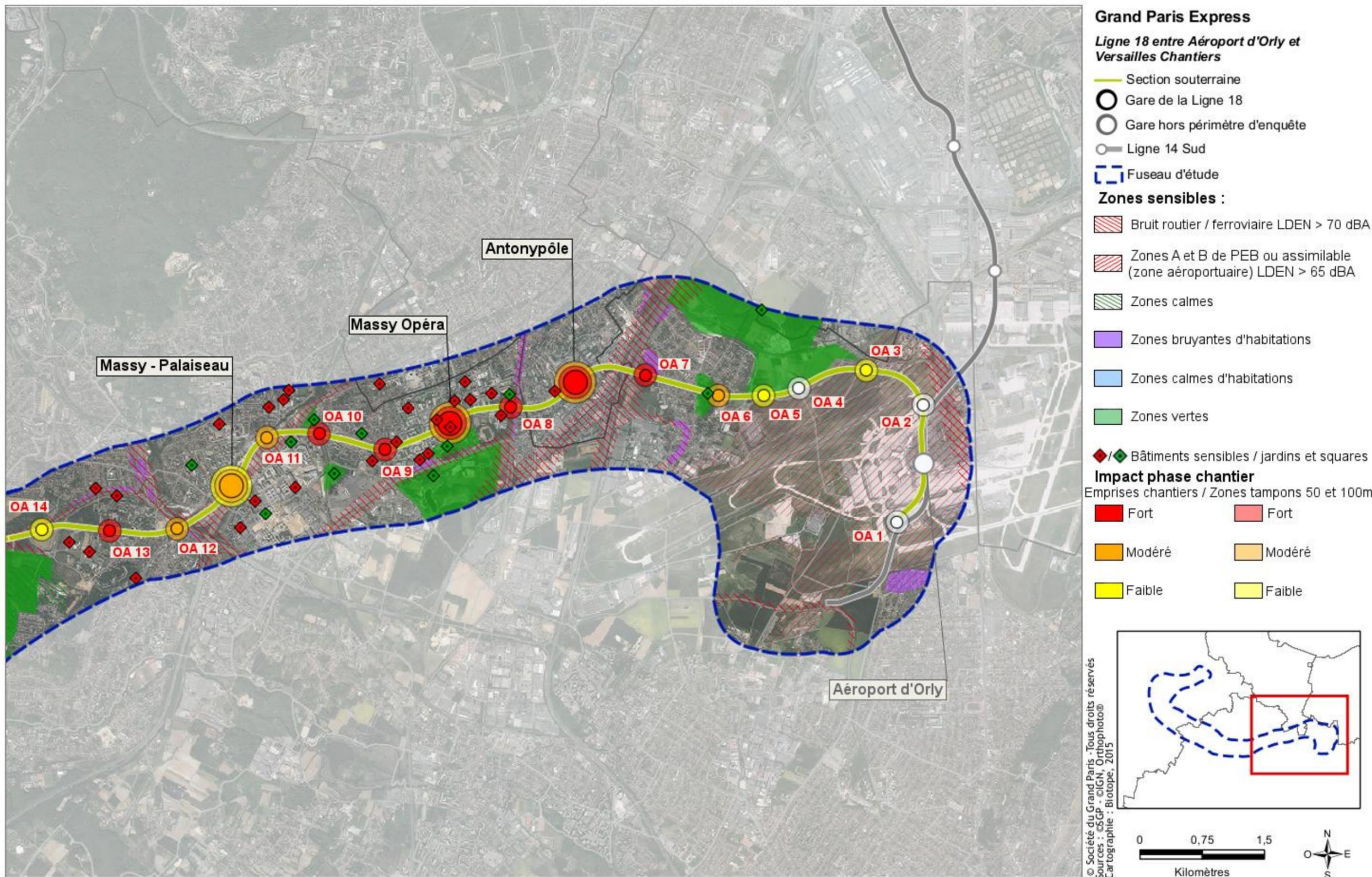
Niveaux d'impact lié à la construction des ouvrages émergents de la Ligne 18

Localisation, éléments concernés	Niveau d'impact base chantier
OA 1	Nul : zone aéroportuaire
OA 2	Nul : zone aéroportuaire
OA 3	Faible : zone aéroportuaire mais présence riverains à 120m
OA 4	Nul : zone agricole éloignée de tout riverain
OA 5	Faible : zone agricole mais présence riverains à 130m
OA 6	Modéré : proximité du parc de la ville de Wissous
OA 7	Fort : grande proximité avec les habitations (<10m)
Antony	Fort : Proximité d'habitations et d'immeubles de bureaux
OA 8	Fort : proximité avec les habitations, le parc Descartes et un établissement scolaire
Massy Opéra	Fort : proximité avec les habitations, l'opéra, le laboratoire Jacques Cartier et le parc de la Blanchette
OA 9	Fort : situé au cœur d'une zone d'habitation
OA 10	Fort : situé au cœur d'une zone d'habitation
OA 11	Modéré : proches habitations mais en zone bruyante
Massy - Palaiseau	Faible pour les riverains car assez éloigné des habitations et en zone bruyante à Modéré pour usagers de la gare
OA 12	Modéré : proches habitations mais en zone bruyante
OA 13	Fort : situé au cœur d'une zone d'habitation
OA 14	Faible : zone agricole mais riverains assez éloignés (>150m)
Palaiseau	Fort : grande proximité avec centres de recherche et bâtiments ZAC Polytechnique en zone calme
Orsay - Gif	Modéré : Présence centre universitaire et de recherches mais assez éloigné et zone impactée par le bruit routier
CEA Saint-Aubin	Non étudiée dans le cadre de l'étude
OA 15	Fort : riverains éloignés mais proximité du Golf de Guyancourt
OA 16	Fort : grande proximité avec les habitations
OA 17	Fort : grande proximité avec les habitations
Saint-Quentin Est	Modéré : zone industrielle bruyante mais proche zone d'habitations
OA 18	Faible : zone bruyante et riverains éloignés
OA 19	Fort : zone bruyante et riverains éloignés mais proche établissement scolaire
OA 20	Fort : grande proximité avec les habitations
OA 21	Modéré : zone à caractère militaire mais proximité Etang du Val d'Or
Satory	Modéré : zone bruyante mais proximité bureaux militaires
OA 22	Modéré : zone bruyante mais à proximité bureaux/ logements militaires
OA 23	Modéré : Zone bruyante mais implanté dans le Bois Saint Martin
Versailles Chantiers	Fort : grande proximité avec les habitations et un établissement de santé
OA 24	Fort : grande proximité avec les habitations

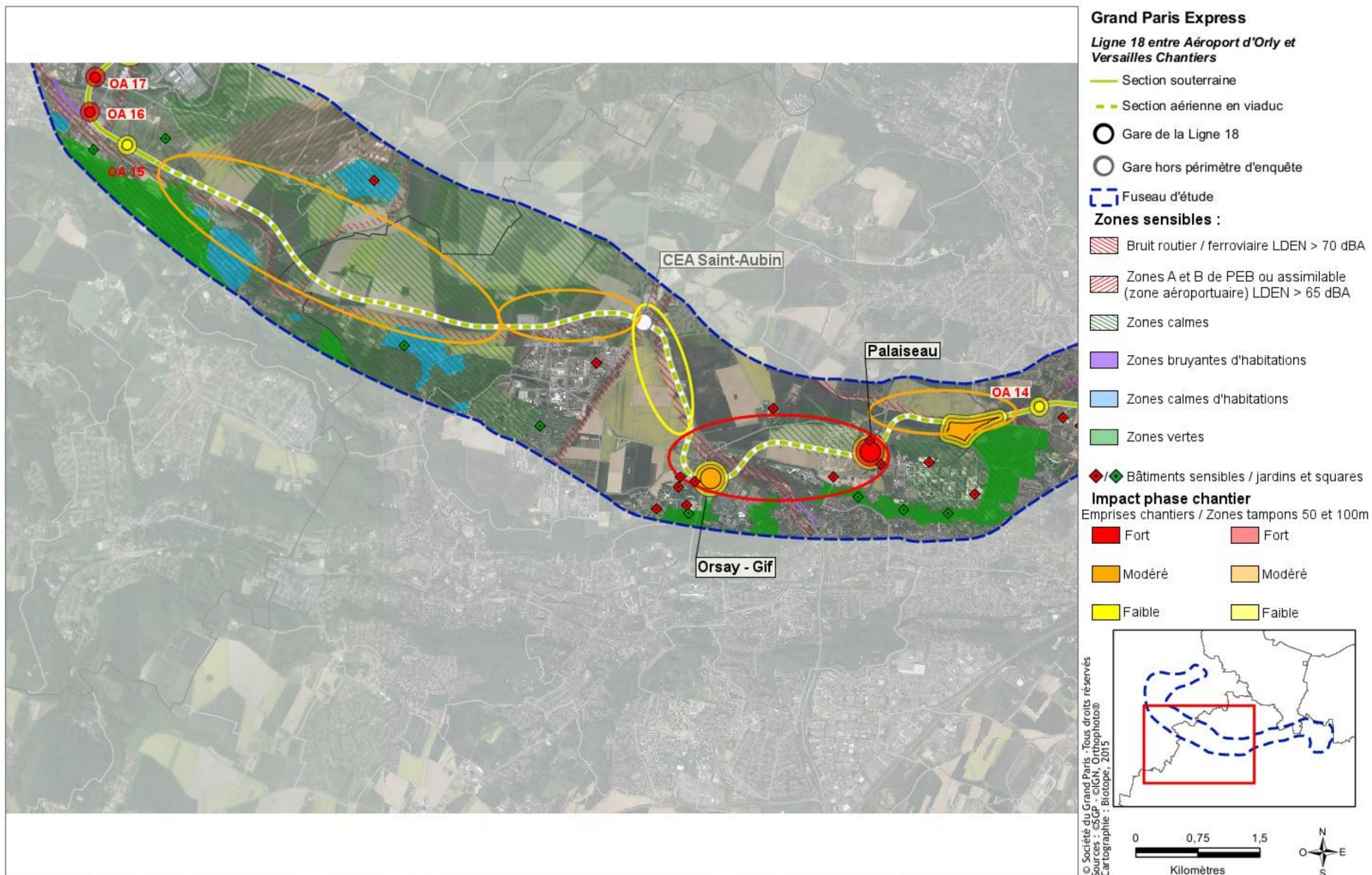
8.5.7. Synthèse des impacts de la phase chantier

Les cartes suivantes ont été établies en croisant les différents impacts sonores détaillés ci-avant avec la localisation des ouvrages de la Ligne 18 et la sensibilité des zones identifiées dans l'analyse de l'état initial (pièce G.1).

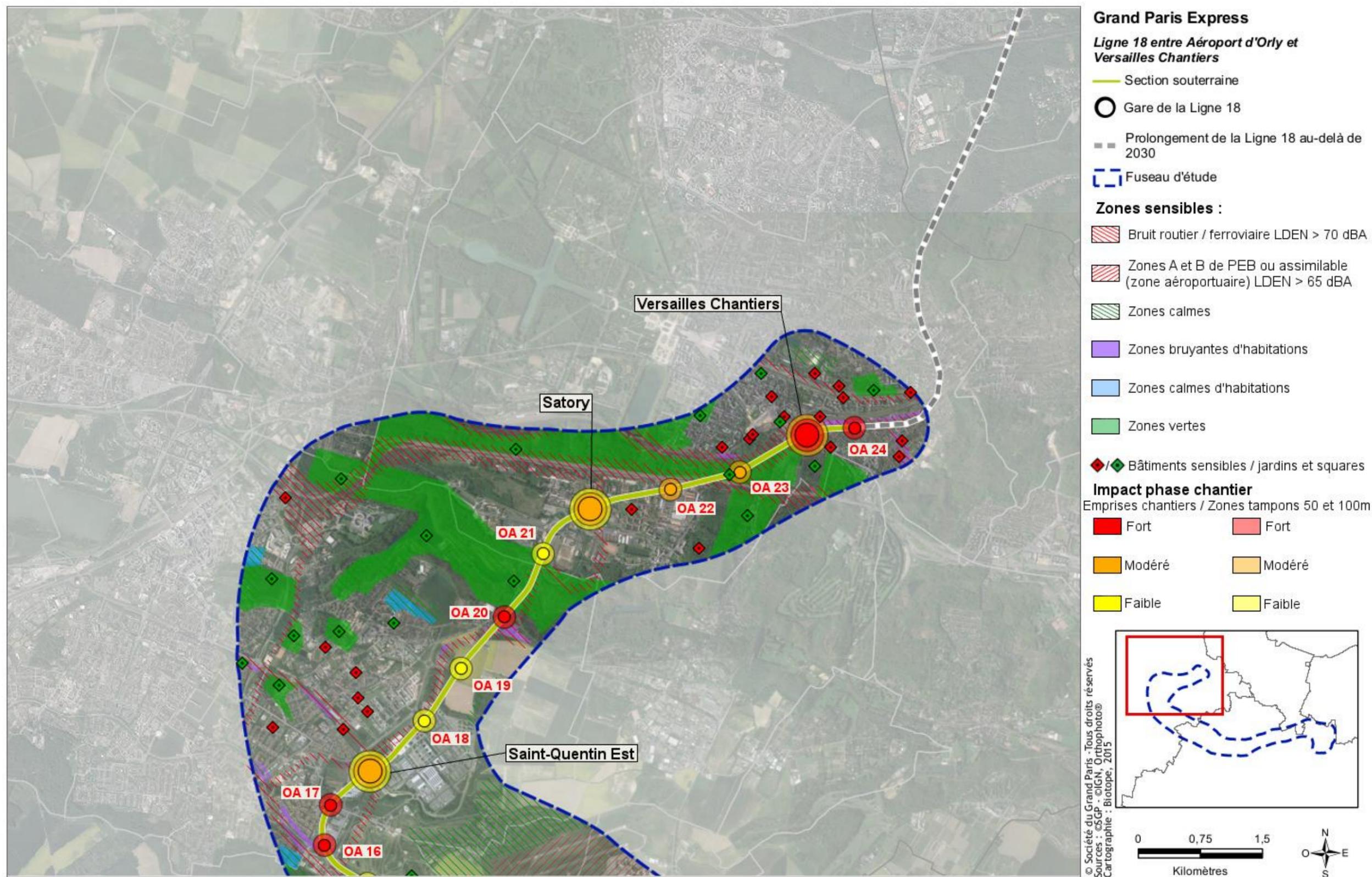
Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – Secteur Orly-Palaiseau



Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – Secteur Palaiseau-Magny-les-Hameaux



Synthèse des impacts sonores liés à la phase chantier sur les zones sensibles identifiées – Secteur Magny-les-Hameaux-Versailles



8.5.8. Impacts directs et mesures en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, les sources de bruit induites par le projet seront les suivantes :

- la circulation des métros sur les portions aériennes du tracé ;
- l'activité au niveau des gares de la ligne de métro ;
- le fonctionnement des équipements techniques au niveau des gares ;
- le fonctionnement de la ventilation au niveau des ouvrages de sécurité ;
- le fonctionnement du SMR/SMI/PCC à Palaiseau.
- Les impacts indirects liés au report modal du trafic routier sont quant à eux étudiés au point suivant.

Les impacts sonores directs en phase exploitation se traduiront principalement par une élévation ponctuelle des niveaux sonores lors du passage du métro au droit des portions à ciel ouvert ainsi qu'une détérioration possible des niveaux de bruit de fond LA90 préexistants²⁷ liée au bruit continu généré par les équipements techniques et les ouvrages annexes de ventilation.

Néanmoins la nouvelle ligne de métro, comme le bruit des équipements techniques, sont soumis à des réglementations strictes en matière de bruit, ce qui limitera la gêne sonore induite. En outre, l'ensemble de la partie aérienne de la Ligne 18 longe en grande partie des axes routiers d'importance tels que la RD36 ou la RN118 qui sont déterminant de l'environnement sonore actuel et futur. Le bruit des avions est également très présent au niveau des aéroports d'Orly et de Toussus-le-Noble. La portion souterraine traverse cependant des zones densément peuplées comme au niveau des communes de Wissous, de Massy, Magny-les-Hameaux et Versailles.

Les effets du bruit généré par le projet sur la santé seront réduits et se limiteront à :

- la perception ponctuelle du métro lors de son passage au niveau de la section aérienne ;
- une possible perception du bruit généré par les équipements techniques si les fenêtres sont ouvertes dans les habitations ou dans les bureaux.

Les chapitres suivants présentent plus en détail les impacts attendus liés au projet, notamment grâce à la modélisation acoustique développée lors de l'étude de l'état initial qui permet non seulement de comparer la contribution sonore calculée du métro avec les valeurs réglementaires mais également d'étudier l'impact du métro sur le niveau sonore global hors bruit des avions.

Les impacts et mesures liés aux équipements techniques et au site de maintenance sont quant à eux étudiés sur base d'éléments bibliographiques existants de Palaiseau.

8.5.8.1 Rappel des valeurs limites réglementaire applicables à la circulation du métro (arrêté du 8 novembre 1999)

Pour rappel, dans le cadre de la Ligne 18, les valeurs limites de l'Arrêté du 8 novembre 1999 sont applicables pour l'ensemble de la Ligne. Néanmoins pour les portions prévues en souterrain, ces limites ne sont pas adaptées car elles sont à la fois largement supérieures au bruit généré en environnement par la circulation du métro en tunnel et moins contraignantes que les valeurs d'émergence du décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre le bruit de voisinage.

C'est pourquoi il est prévu que ce soient les valeurs du décret du 31 août 2006 qui servent de base au dimensionnement des solutions anti-bruits à mettre en œuvre pour les ouvrages émergents. Ces exigences sont détaillées dans le chapitre suivant.

Le détail des exigences réglementaires est précisé dans la pièce G1 – chapitre « réglementations applicables au projet ». Néanmoins les valeurs limites de l'arrêté sont rappelées ci-après.

Valeurs limites pour le bruit ferroviaire (arrêté du 8 novembre 1999)

Usage et nature des locaux	LAeq (6h – 22h)		LAeq (22h – 6h)	
	Niveau de bruit ambiant (toutes sources confondues)	Contribution sonore maximale admissible de la voie nouvelle	Niveau de bruit ambiant (toutes sources confondues)	Contribution sonore maximale admissible de la voie nouvelle
Logements situés en zone modérée	< 65 dB(A)	63 dB(A)	< 60 dB(A)	58 dB(A)
Logements situés en zone modérée de nuit	≥ 65 dB	68 dB(A)	< 60 dB(A)	58 dB(A)
Logements situés en zone non modérée	≥ 65 dB	68 dB(A)	≥ 60 dB	63 dB(A)
Etablissements de santé, de soins et d'actions sociale*	Quel qu'il soit	63 dB(A)	Quel qu'il soit	58 dB(A)
Etablissements d'enseignements	Quel qu'il soit	63 dB(A)	-	-
Locaux à usage de bureaux en zone modérée	< 65 dB(A)	68 dB(A)	-	-

* Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour des malades, ce niveau est abaissé à 60 dB(A) sur la période 6h-22h.

²⁷ Niveaux de bruit dépassé pendant 90% du temps, voir notions acoustique du rapport G1

8.5.8.2 Caractérisation du bruit généré par les métros

Le bruit du métro provient des sources de bruits suivantes (de la plus gênante à la moins gênante) :

- **du contact roue/rail** (bruit de roulement, crissements, freinage, appareils de voie...).

Ces bruits sont principalement causés par la vitesse, la présence de déformation sur les roues, les traverses, les rails usés, les courbes trop serrées, les systèmes de freinage etc. ils varient de manière importante selon les facteurs suivants : le type de matériel roulant (boggie, systèmes de freinage, type de roue etc.), le type d'infrastructure (équipements de voie, état des rails, etc.) et la vitesse ;

- **du moteur de traction et boîte de vitesse.**

Cette source dépend de la vitesse et du régime moteur en tours/minute. Pour des vitesses faibles, le bruit du bloc de traction est prépondérant mais conserve une influence importante pour les vitesses élevées. En général, plus le métro est récent, plus le bruit du bloc moteur est silencieux ;

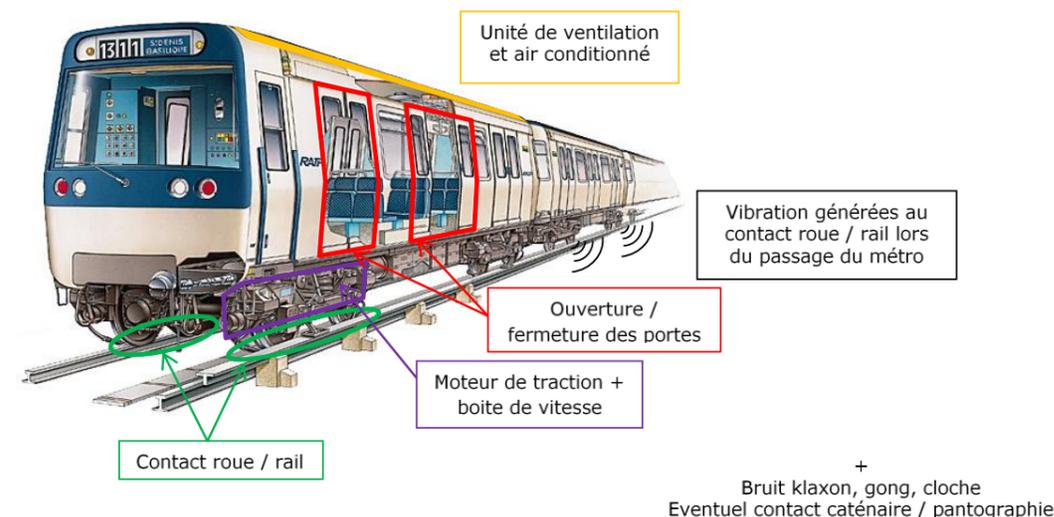
- **Des vibrations** (bruits solidiens).

Les bruits solidiens proviennent de la vibration des bâtiments sous l'effet du passage d'un métro et générées par le contact roue/rail, l'atténuation vibratoire de la plateforme, la propagation des vibrations dans le sol etc. Ces volets sont traités dans la partie vibration ;

- **autres sources sonores 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, soit dans le cas présent au niveau des gares Palaiseau, Orsay-Gif et CEA Saint-Aubin (gare cependant non traitée dans le cadre de cette étude d'impact à l'échelle du projet)

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...



Localisation des sources de bruit sur un métro-type
(www.larousse.fr /ASM Acoustics)

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 directivité du bruit : en effet, les métros comme les trains vont générer un bruit localisé au niveau des bogies qui se propage de manière verticale et de manière horizontale.

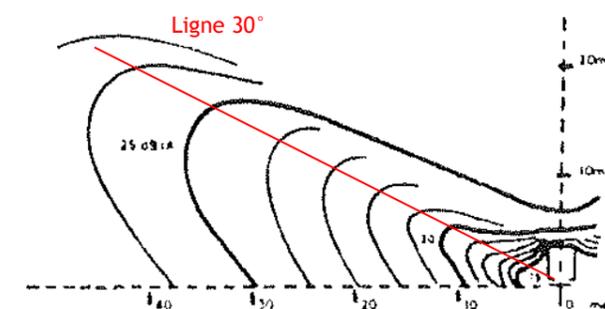
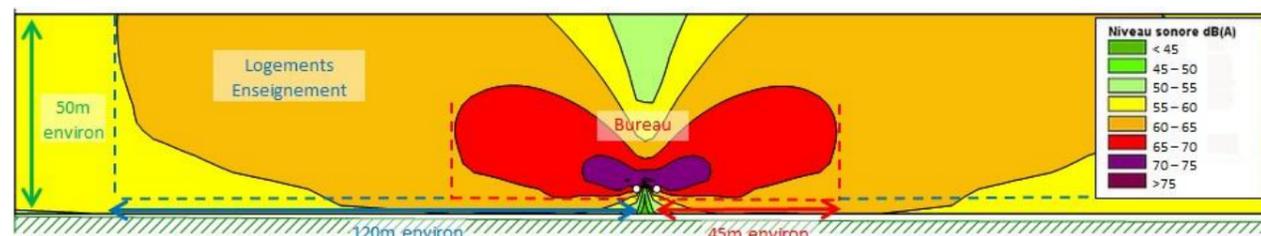
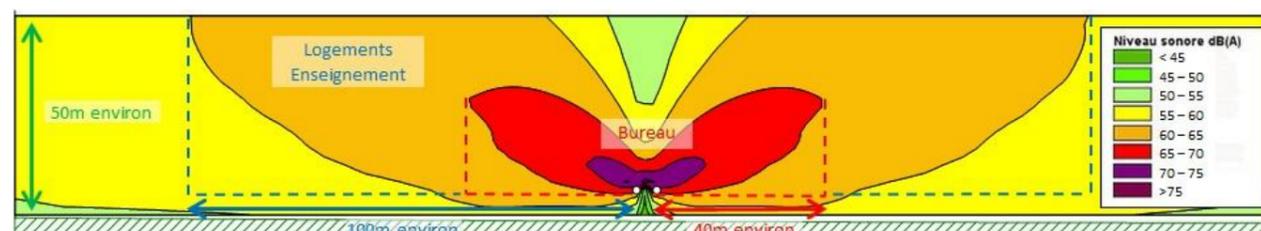


Diagramme de directivité des trains
(Guide du bruit des transports terrestres, CERTU, 1980)

Le diagramme ci-dessus représente les courbes d'iso-affaiblissement en dB(A) pour une circulation moyenne de trains voyageurs. La directivité du bruit émis par le matériel ferroviaire est bien visible : la zone principale de bruit est localisée pour un angle de l'ordre de 30° à partir du sol.



Cartographie en coupe verticale autour du viaduc sans muret périphérique pour une vitesse de 100km/h - 20 mètres / heure - ASM Acoustics



Cartographie en coupe verticale autour du viaduc avec muret périphérique pour une vitesse de 100km/h - 20 mètres / heure - ASM Acoustics

8.5.8.3 Contribution sonore liée à la circulation des métros en souterrain

La Ligne 18 se situe en souterrain :

- entre la gare Aéroport d'Orly et la fin de l'autoroute A126 à Palaiseau ;
- entre le golf national de Guyancourt et la gare Versailles Chantiers.

Pour les parties en souterrain, au vu des caractéristiques du tunnel (tunnel de béton situé à une profondeur d'environ 30 mètres), l'augmentation des nuisances sonores au niveau de la surface due à la circulation des métros peut être considérée comme nulle.

Les vibrations et le bruit solidien éventuels sont étudiés dans la rubrique dédiée à ce sujet dans la présente étude d'impact.

8.5.8.4 Contribution sonore liée à la circulation du métro sur les portions aériennes de la Ligne 18

La partie de la Ligne 18 prévue en aérien s'étend sur 13,9 km et comprend :

- Une **section centrale en viaduc** qui s'étend du nord du site de l'école Polytechnique sur la commune de Palaiseau jusqu'au sud du golf National sur la commune de Guyancourt. Le viaduc aura une hauteur au niveau du rail comprise entre 6 et 11m sur la totalité de la section sauf localement au niveau de l'ouvrage de franchissement de la RN118 qui est en contrebas. La hauteur du viaduc augmentera ainsi progressivement dans cette zone avec une hauteur culminant à 31,7m au-dessus de la RN118. L'insertion en viaduc est surtout contraignante pour les étages supérieurs des immeubles surplombant les voies car le bruit généré par le métro est alors maximal et ne rencontre pas d'obstacle ;
- Deux zones de transition à l'extrémité est et ouest prévues d'abord en rampe sur environ 100m puis en tranchée ouverte, sur une longueur 350m à Palaiseau et 160m à Magny les Hameaux, pour faire la transition entre la section aérienne du tracé et le tunnel. L'insertion en tranchée ouverte offre une protection naturelle contre la propagation du bruit du métro car les parois de la tranchée font obstacle au bruit.

Pour pouvoir définir l'impact de la circulation du métro de la ligne 18, un **modèle acoustique** a été réalisé prenant en compte les données topographiques, de bâti et de mobilités sur la section aérienne du fuseau d'étude comprise entre Palaiseau et Magny les Hameaux.

Le modèle est réalisé à l'aide du logiciel de cartographie sonore CadnaA XL qui utilise les méthodes de calculs recommandées par la directive 2002/49/CE pour le bruit des transports, soit la norme Française « Nouvelle Méthode de Préviation du Bruit » (NMPB) pour le bruit des routes et pour le bruit ferroviaire. Pour rappel ce modèle a été recalé grâce aux mesures effectuées in-situ (voir rapport G1).

Les cartes de bruits sont calculées avec la contribution seule du métro et pour une hauteur relative de 4 m au-dessus du sol (hauteur conseillée par la directive 2002/49/CE) mais aussi à une hauteur de 12 m afin de prendre en compte les bâtiments de plus grande hauteur et la directivité spécifique du métro (cas le plus défavorable).

Les contributions liées au métro sont également calculées aux points de référence définis comme étant les points correspondant aux bâtiments les plus proches (bureaux, entreprises et logements...), notés R1 à R37.

Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :

- les cartes de bruit sont calculées à 4 m et à 12 m de hauteur par rapport au sol. Le maillage est défini tous les 10 m ;
- les indices calculés sont les suivants Lday (6h-22h) et Lnight (22h-6h) ;
- le trafic du métro de la Ligne 18 provient des données fournis par le demandeur et est basé sur les trafics prévus en heure de pointe pour la situation 2030, soit environ un train toute les trois minutes en période de jour ;

- la vitesse d'exploitation de la ligne est de 60km/h avec des vitesses maximales en ligne droite de 100 km/h maximum. En outre il a été tenu compte des réductions de vitesses dans les courbes et aux abords des gares ;
- le type d'équipement roulant modélisé correspond à un métro sur roues de fer de type MI79 d'une longueur de 60 m ;
- le viaduc modélisé est un viaduc grand U avec écran bas périphérique de hauteur 1m au-dessus des rails ;



Schémas-type d'un viaduc Grand U (SGP)

- la topographie est prise en compte à partir de l'IGN-Bd-Alti-IdF ;
- les bâtiments sont pris en compte à partir de l'IGN-Bd-Topo et mis à jour à partir des orthophotoplans de 2011 ;
- la météorologie est prise en compte dans les calculs du modèle avec valeurs types : 50 % d'occurrences favorables en période de jour et 100 % d'occurrences favorables en période de nuit ;

Les conditions prises en compte sont donc des conditions homogènes pour la propagation du bruit en journée et des conditions favorables à la propagation du bruit la nuit (inversion du gradient de température). Ces conditions ont été choisies car elles correspondent parfaitement avec les mesures initiales de bruit et le modèle réalisé pour le bruit routier. Néanmoins selon la direction du vent, les niveaux sonores induits par le métro peuvent varier de manière assez significative, jusqu'à +/- 3 dB(A) en période de jour selon que le vent soit portant ou contraire. La variation du bruit ne se limite cependant pas au bruit du métro mais concerne l'ensemble des sources sonores présentes et dépend de la localisation du récepteur par rapport à la source. L'effet du vent peut donc aussi bien être positif que négatif et aura aussi un impact sur le bruit routier. Enfin, si la vitesse de vent s'élève (au-delà de 5m/s), le bruit du vent deviendra progressivement prépondérant par rapport au bruit des transports terrestres, même si celui-ci est « portant ».

- le modèle prend en compte un sol de type terrain naturel / agricole ;
- les cartes de bruit ne considèrent pas le trafic aérien.

Les cartes de bruit issues du modèle acoustique ainsi que les résultats aux points ponctuels sont présentées par zone ci-après.

Les cartes de bruit globales calculées sur la section aérienne de la Ligne 18 entre Palaiseau et Magny Les Hameaux sont tout d'abord présentées et font l'objet d'une analyse globale.

Les parties suivantes détaillent ensuite de manière plus précise la contribution sonore du métro aux points ponctuels pris comme référence mais aussi sous forme de cartes sous forme d'un découpage en trois secteurs : Palaiseau, Orsay-Gif et CEA-Magny les Hameaux.

Pour rappel, les valeurs réglementaires varient selon l'environnement sonore préexistant et le type de zone considérée (logements, établissement de santé ou d'enseignement, bureaux, etc.). Elles ont donc été adaptées en fonction de la localisation de chaque point de référence selon l'usage actuel ou la destination future des bâtiments auxquels ils se réfèrent.

Les étiquettes de résultats doivent se lire de la manière suivante :

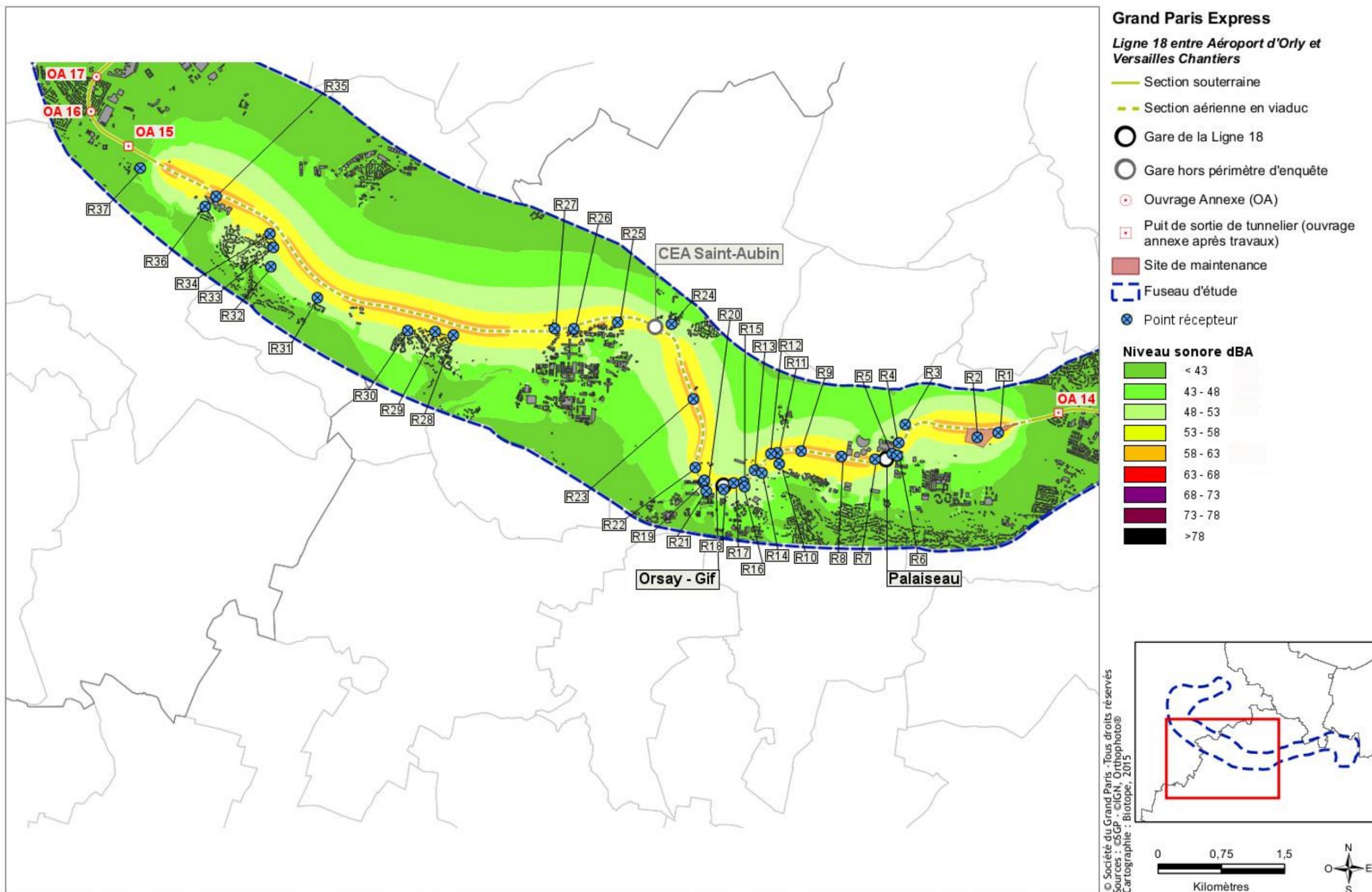
R1 <i>Référence du point</i>	- dB(A) - <i>Niveau sonore LAeq</i>	
	Jour <i>Niveau LAeq en période de jour (6-22h)</i>	Nuit <i>Niveau LAeq en période de nuit (22-6h)</i>
Ht <i>Hauteur du point / sol</i>		
1,5m <i>Hauteur assimilable à piéton ou niveau rez des habitations/bâtiments</i>		
4m <i>Hauteur recommandée par la directive 2002/49/CE - Assimilable au 1^{er} étage des habitations/bâtiments</i>		
Xm <i>Hauteur variable correspondant au dernier étage des immeubles existants et/ou prévus</i>		

• **Impact du métro sur la section Palaiseau – Magny-les-Hameaux**

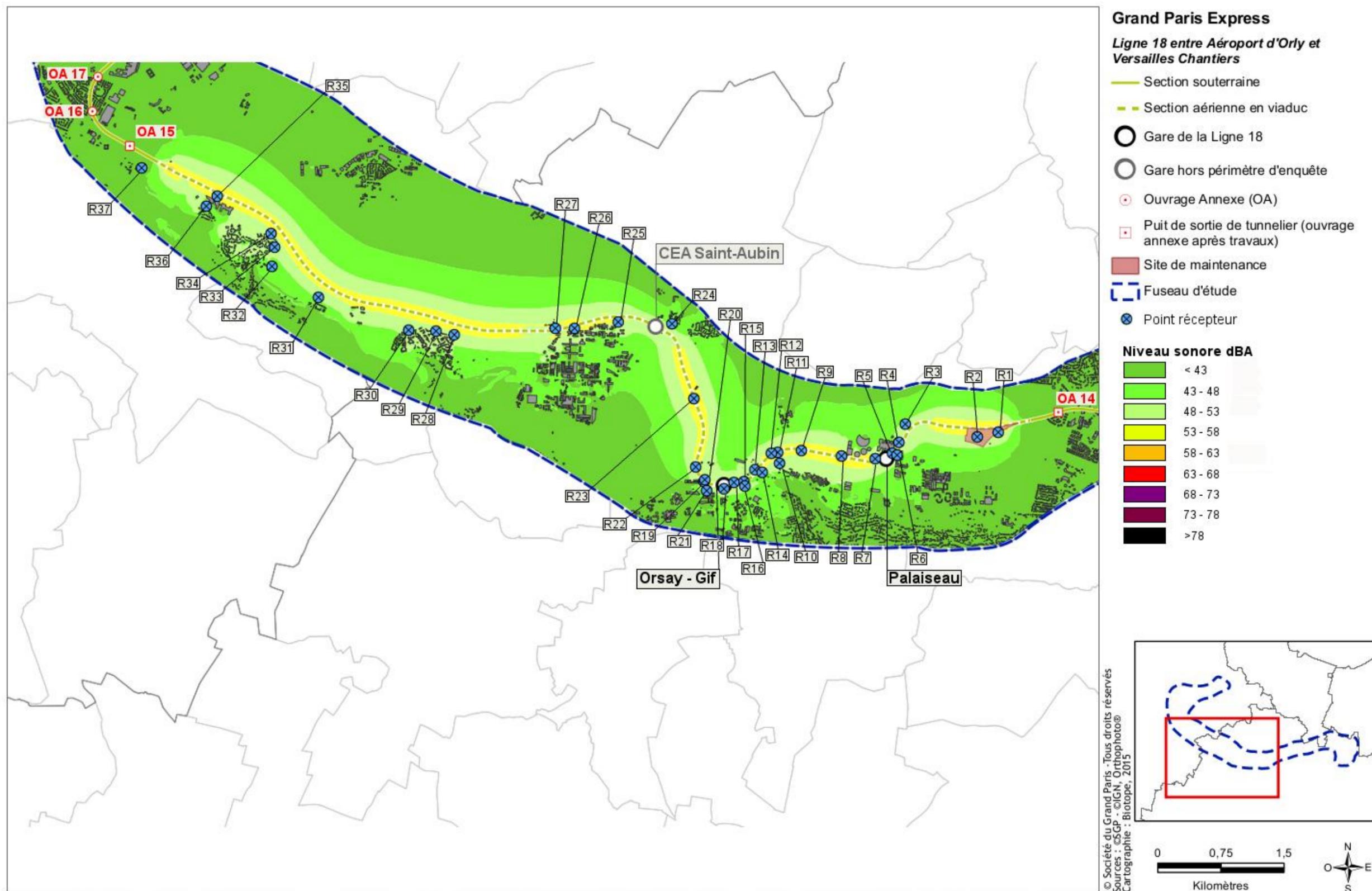
Les cartes générales calculées pour l'ensemble de la section aérienne de la Ligne 18 sont présentées ci-après. Les points à retenir sont les suivantes :

- Les modélisations réalisées pour l'ensemble de la section Palaiseau – Magny-les-Hameaux de la Ligne 18 montrent que le bruit généré par le métro sera plus fort pour une hauteur de 12 m qu'à une hauteur plus réduite de 4 m grâce à l'effet d'écran du tablier et des murets périphériques sur la propagation du bruit mais aussi de la directivité du métro (voir chapitre relatif aux sources sonores du métro) ;
- L'impact maximum du métro sera donc observé pour les étages situés au-dessus du viaduc car la contribution est alors maximale ;
- L'incidence de la vitesse sur les niveaux de bruit est visible avec des impacts moins étendus aux abords des gares et dans les virages, notamment à Palaiseau et à Orsay-Gif. Ces zones présentent cependant un risque plus fort d'apparition de crissement lié au freinage des métros et/ou à une usure des voies que le modèle ne prend pas en compte ;
- la contribution du métro devient particulièrement significative pour des distances inférieures à 100 m du viaduc (> 60 dB(A) en journée à 12m de hauteur) et l'impact est considéré comme fort pour des distances inférieures à 40m (> 65 dB(A) en journée à 12m de hauteur).

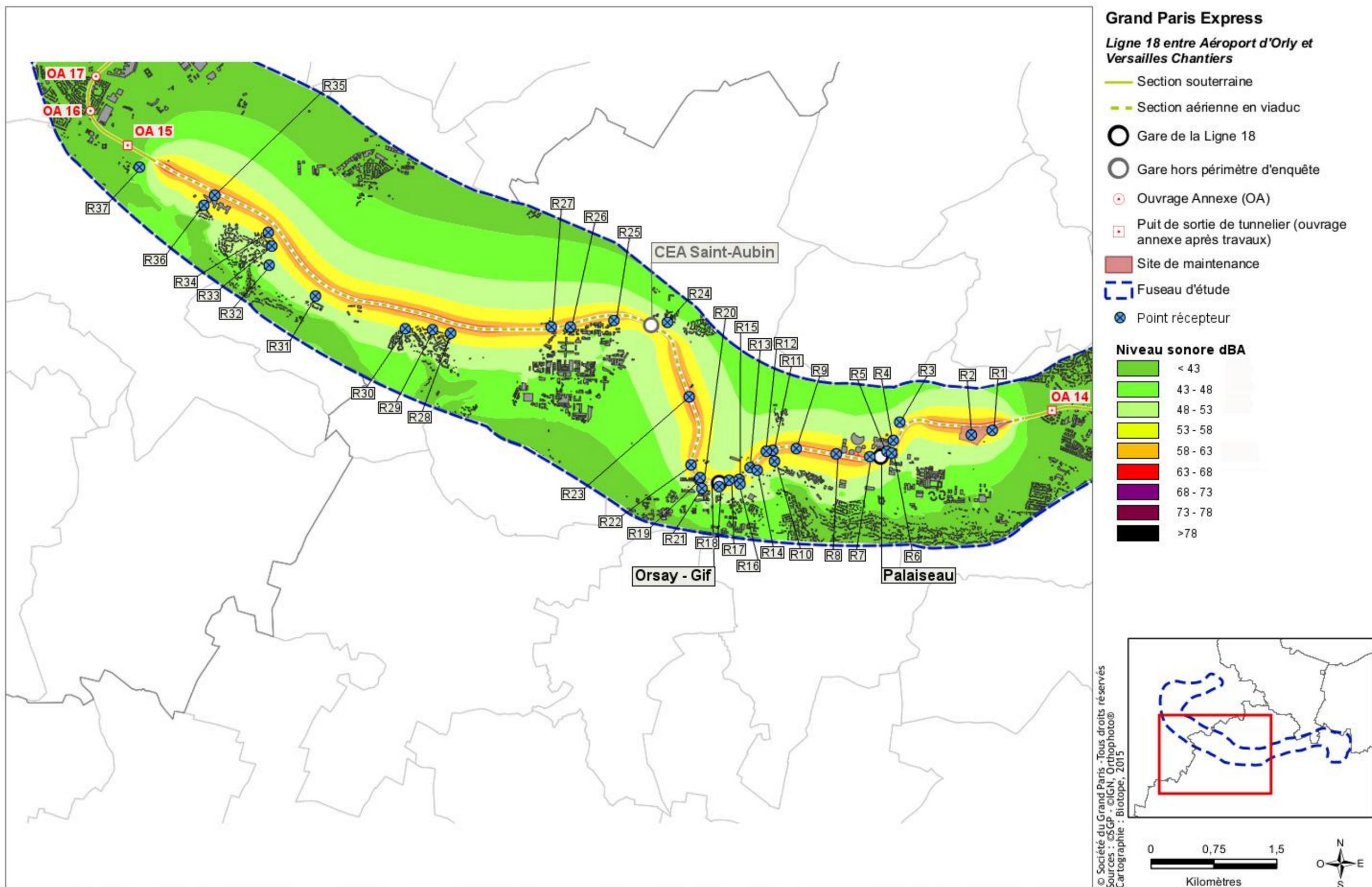
Carte de bruit métro seul réalisée en heure de pointe de jour - section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 4m (ASM Acoustics)



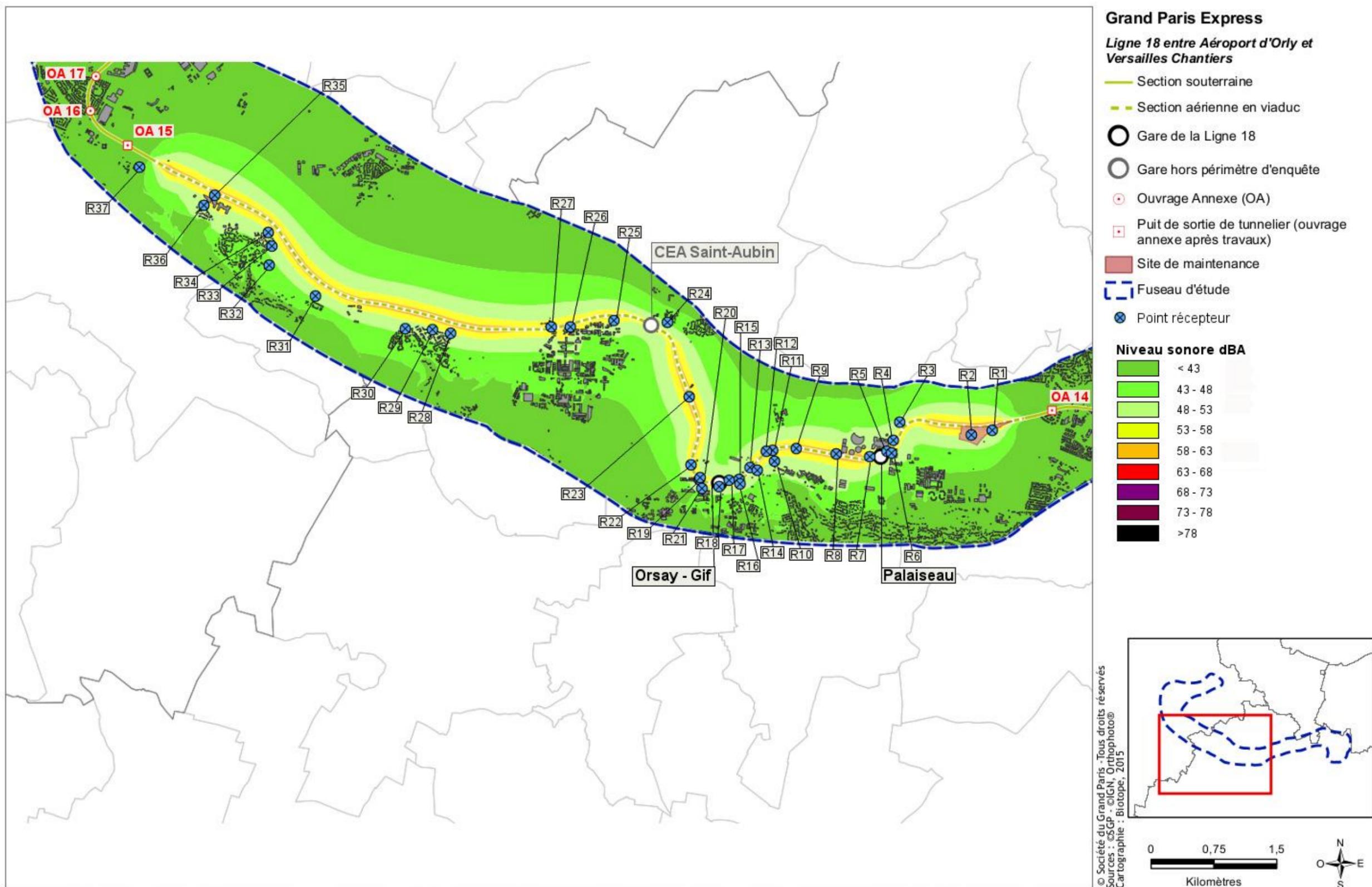
Carte de bruit métro seul réalisée en heure de pointe de nuit - section Palaiseau - Magny-les-Hameaux - Hauteur 4m (ASM Acoustics)



Carte de bruit métro seul réalisée en heure de pointe de jour - section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 12m (ASM Acoustics)

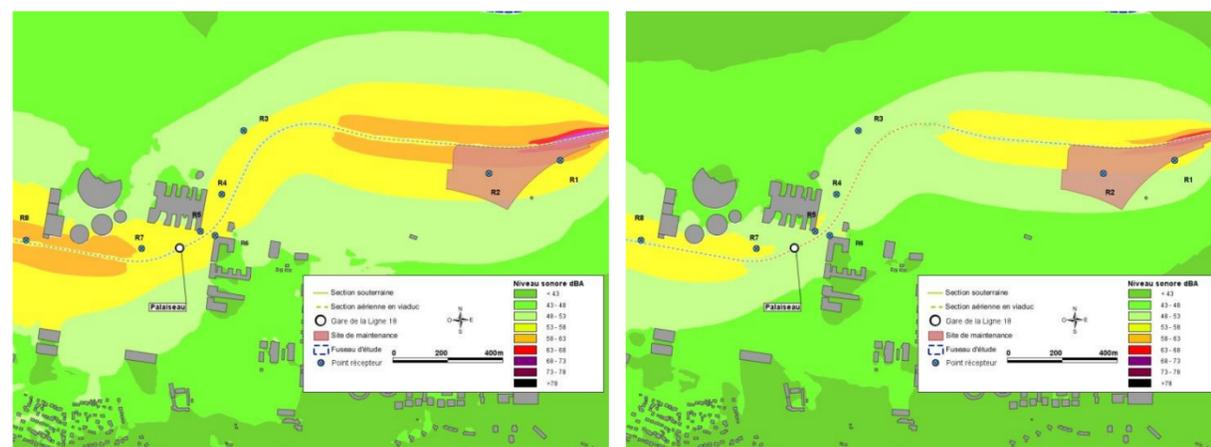


Carte de bruit métro seul réalisée en heure de pointe de nuit - section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 12m (ASM Acoustics)

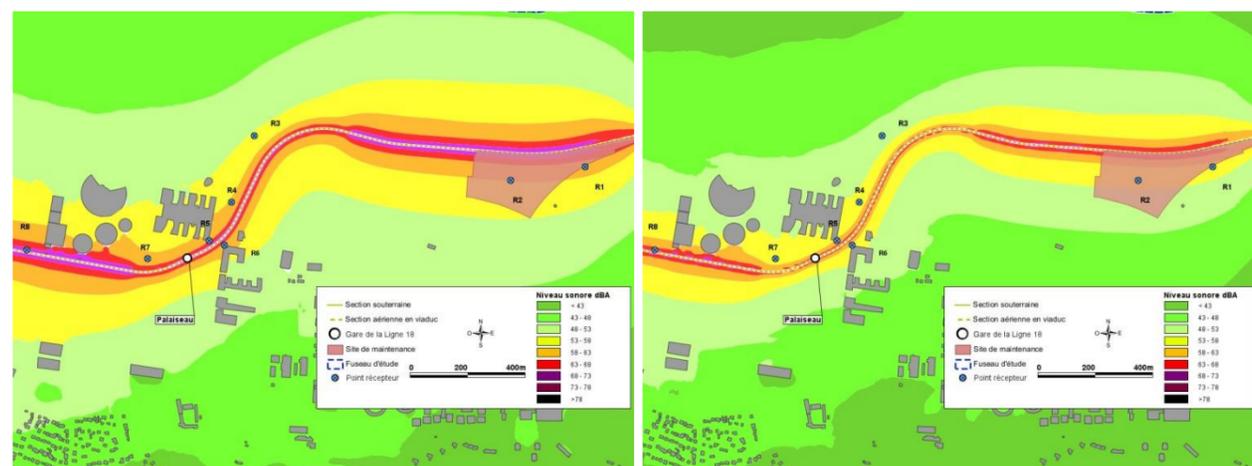


Afin de mieux appréhender les impacts, les chapitres suivants reprennent des extraits des cartes de bruit calculées à la hauteur de 4m et de 12m pour les trois zones principales d'attention de la section aérienne du tracé avec pour chacune de ces zones un tableau présentant les contributions liées au fonctionnement du métro seul (hors bruit routier). Ces contributions sont ensuite comparées aux valeurs réglementaires de l'arrêté du 8 novembre 1999.

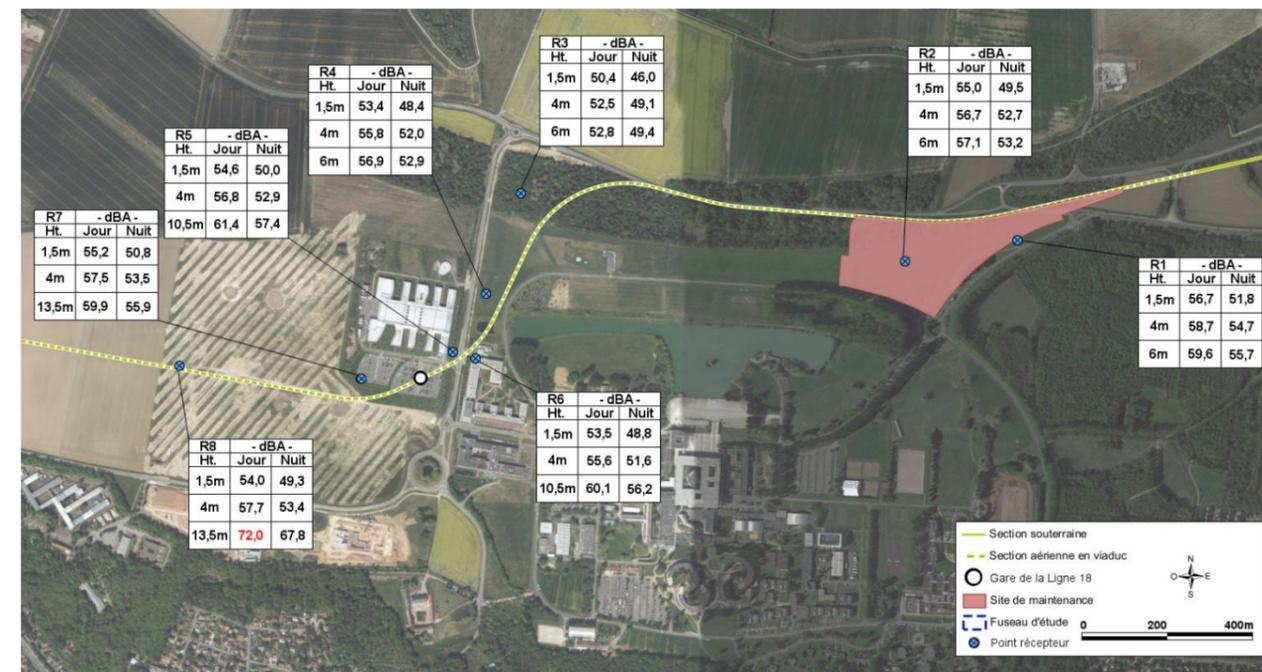
Secteur de Palaiseau – site de l'École Polytechnique



Zoom cartes de bruit – hauteur 4m – périodes jour/nuits - secteur de Palaiseau / site de l'École Polytechnique (ASM Acoustics)



Zoom cartes de bruit – hauteur 12m – périodes jour/nuits - secteur de Palaiseau / site de l'École / ZAC Polytechnique (ASM Acoustics)

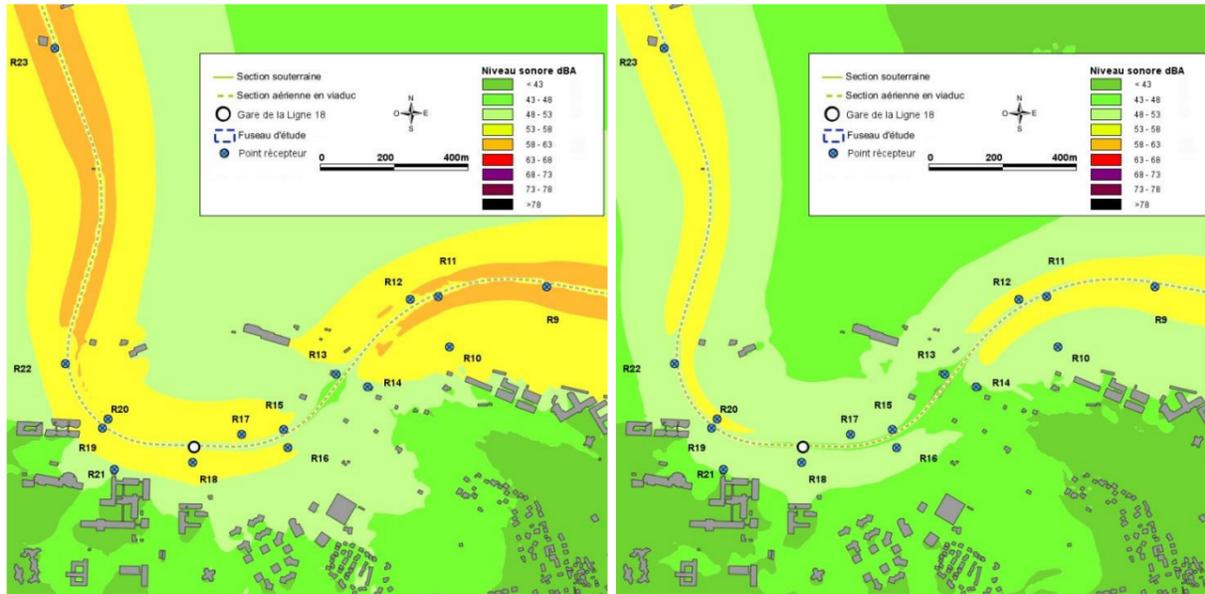


Résultats de calculs aux points de référence et pour différentes hauteurs - secteur Palaiseau (ASM Acoustics)

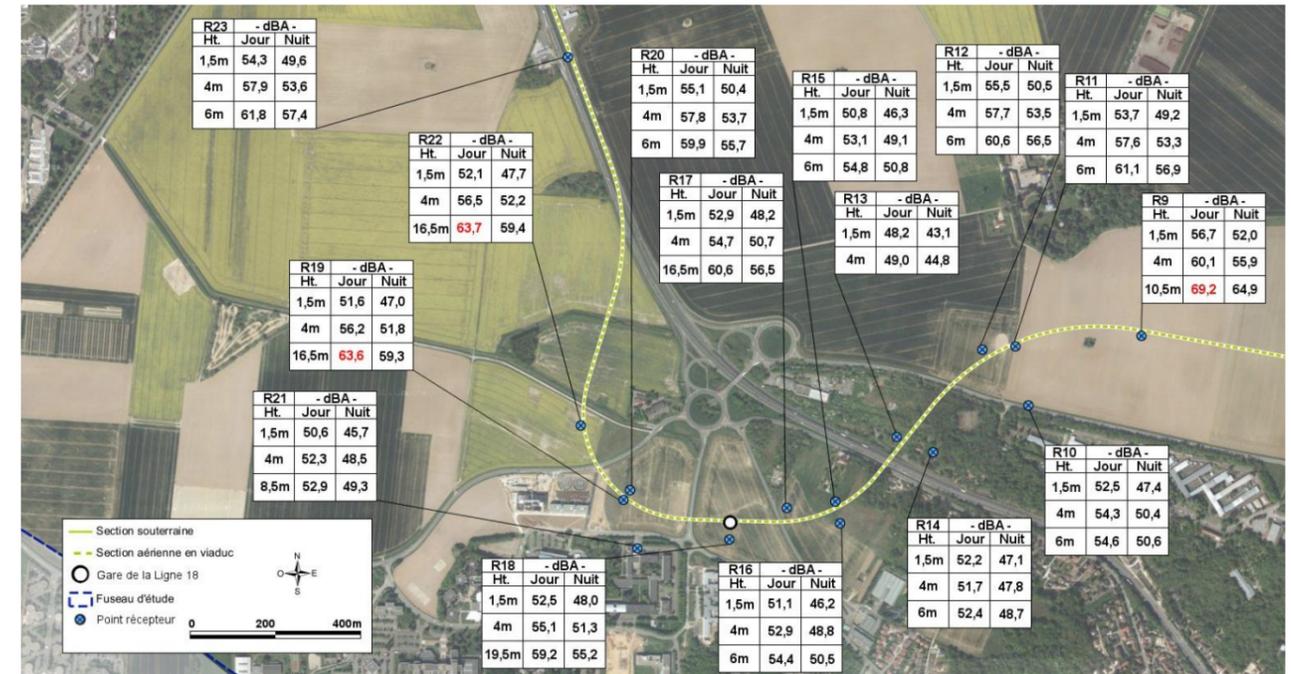
Analyse de conformité – secteur de Palaiseau (ASM Acoustics)

Secteur concerné	Point de réf.	Distance au métro en m	Hauteur en m	Niveau de bruit calculé en situation initiale (dB(A))		Contribution sonore maximale admissible du métro (dB(A))		Contribution sonore calculée du métro (dB(A))	
				LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)
Palaiseau / Ecole Polytechnique	R1	65	1,5	56,9	54,0	63	58	56,7	51,8
			4	59,2	55,8	63	58	58,7	54,7
			6	60,0	56,2	63	58	59,6	55,7
	R2	95	1,5	54,5	51,4	63	58	55,0	49,5
			4	56,4	53,2	63	58	56,7	52,7
			6	57,4	53,7	63	58	57,1	53,2
	R3	85	1,5	56,3	50,2	63	-	50,4	46,0
			4	58,8	52,3	63	-	52,5	49,1
			6	59,5	52,6	63	-	52,8	49,4
	R4	40	1,5	62,3	53,2	63	-	53,4	48,4
			4	63,9	54,3	63	-	55,8	52,0
			6	64,1	54,4	63	-	56,9	52,9
R5	20	1,5	60,4	51,8	68	-	54,6	50,0	
		4	62,6	53,2	68	-	56,8	52,9	
		10,5	63,4	53,7	68	-	61,4	57,4	
R6	25	1,5	62,0	53,0	68	-	53,5	48,8	
		4	63,6	54,1	68	-	55,6	51,6	
		10,5	63,9	54,4	68	-	60,1	56,2	
R7	45	1,5	49,1	42,1	68	-	55,2	50,8	
		4	51,2	44,8	68	-	57,5	53,5	
		13,5	53,0	45,9	68	-	59,9	55,9	
Future ZAC polytechnique	R8	7	1,5	47,4	40,6	68	-	54,0	49,3
			4	49,5	43,3	68	-	57,7	53,4
			19,5	51,6	44,9	68	-	72,0	67,8

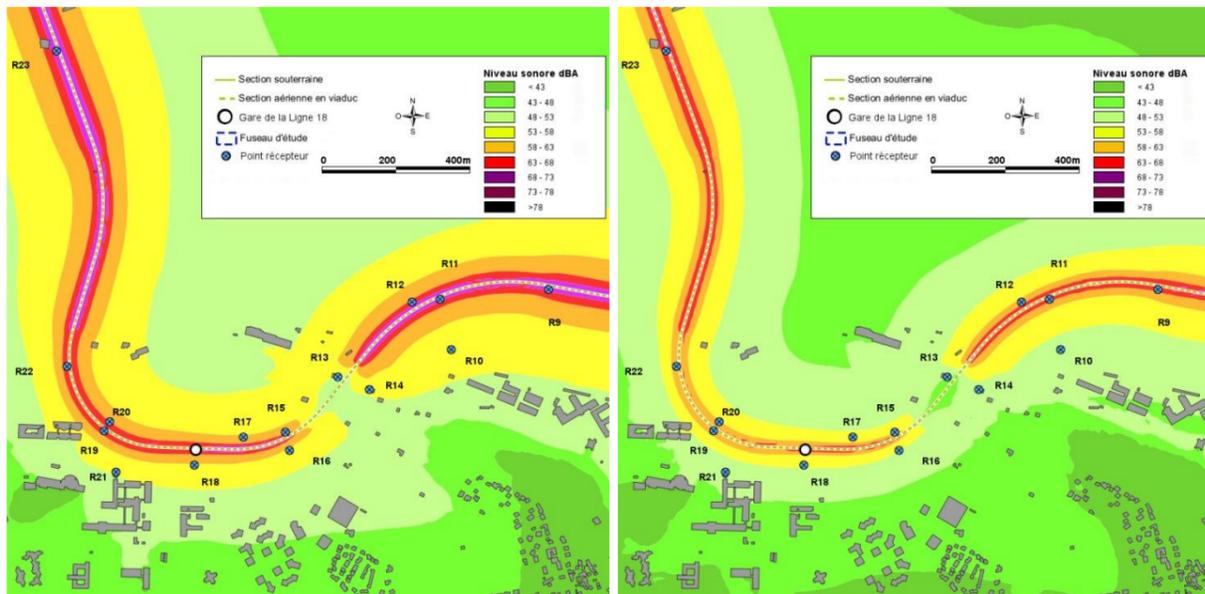
• Secteur d'Orsay-Gif



Zoom cartes de bruit – hauteur 4m – périodes jour/nuit - secteur d'Orsay-Gif (ASM Acoustics)



Résultats de calculs aux points de référence et pour différentes hauteurs - secteur Orsay-Gif (ASM Acoustics)

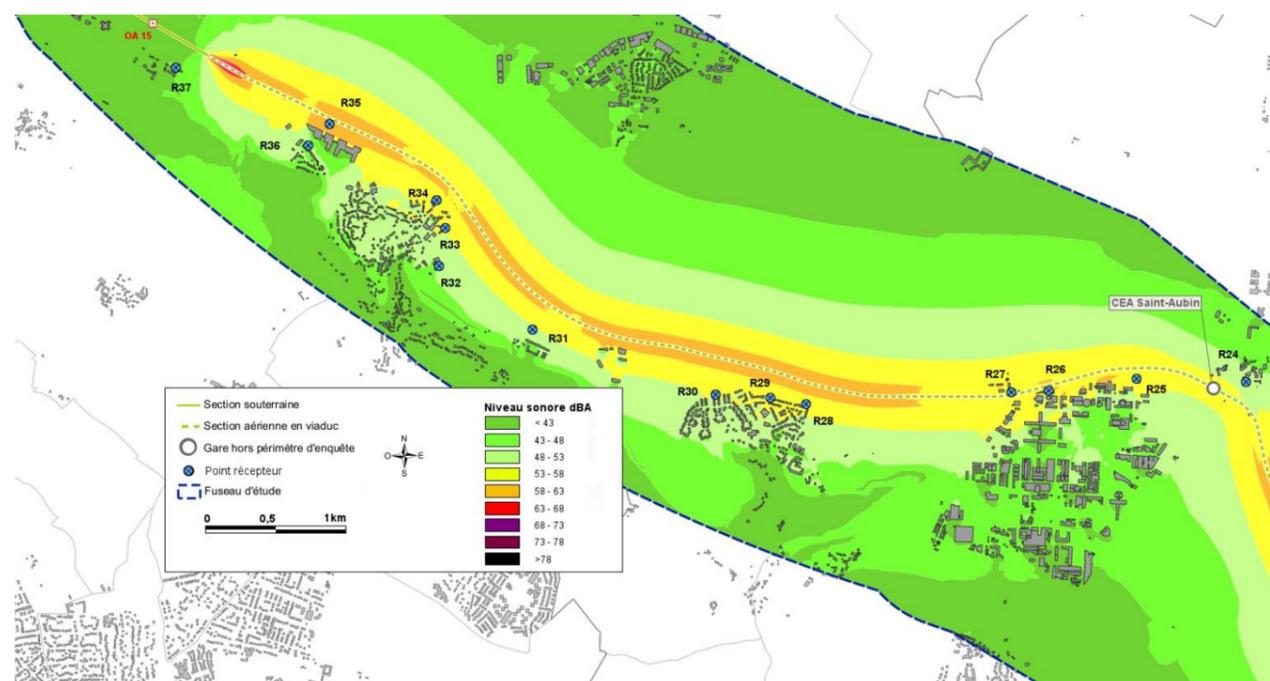


Zoom cartes de bruit – hauteur 12m – périodes jour/nuit - secteur d'Orsay-Gif (ASM Acoustics)

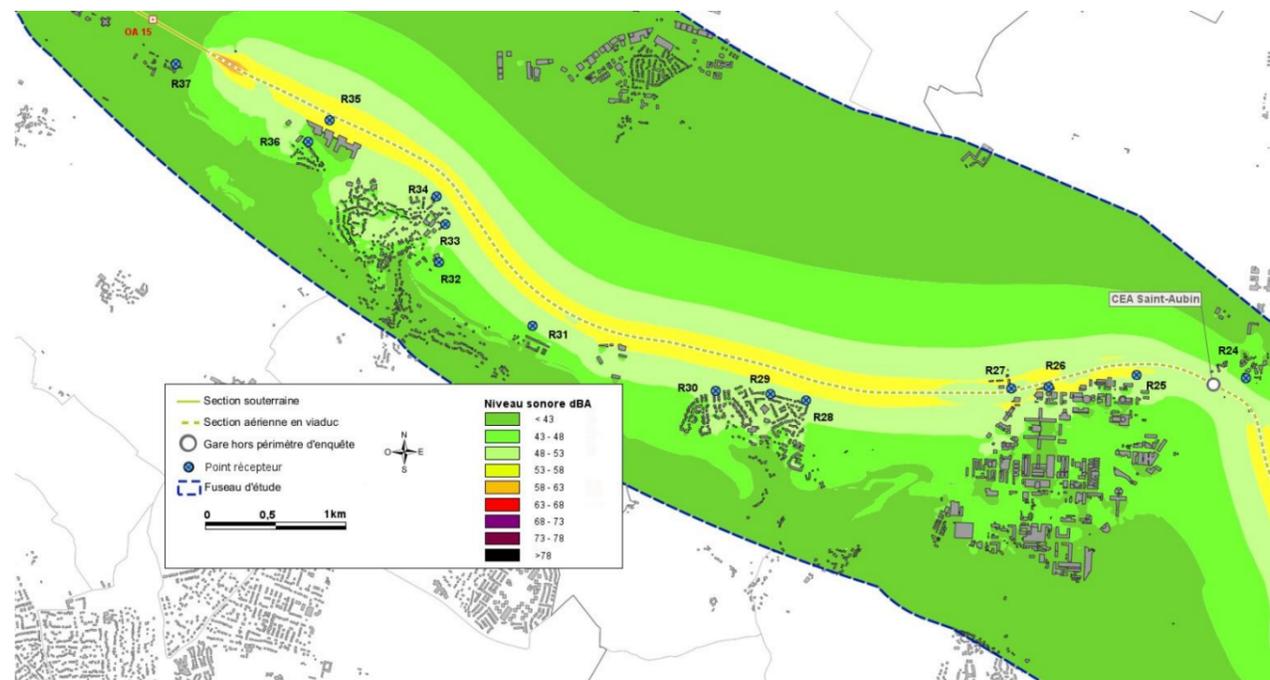
Analyse de conformité – secteur de l'Orsay-Gif (ASM Acoustics)

Secteur concerné	Point de réf.	Distance au métro en m	Hauteur en m	Niveau de bruit calculé en situation initiale (dB(A))		Contribution sonore maximale admissible du métro (dB(A))		Contribution sonore calculée du métro (dB(A))	
				LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)
ZAC Polytechnique	R9	12	1,5	47,9	41,2	68	-	56,7	52,0
			4	49,9	43,4	68	-	60,1	55,9
			10,5	52,8	46,4	68	-	69,2	64,9
Domaine de Corbeville	R10	145	1,5	68,9	58,9	68	58	52,5	47,4
			4	68,8	58,7	68	58	54,3	50,4
			6	68,2	58,3	68	58	54,6	50,6
	R11	7	1,5	51,6	44,7	63	58	53,7	49,2
			4	53,7	47,0	63	58	57,6	53,3
			6	55,1	48,5	63	58	61,1	56,9
	R12	20	1,5	52,9	46,0	63	58	55,5	50,5
			4	55,1	48,0	63	58	57,7	53,5
			6	56,2	49,0	63	58	60,6	56,5
	R13	20	1,5	69,3	62,7	68	63	48,2	43,1
			4	71,0	64,2	68	63	49,0	44,8
			6	70,5	63,5	68	63	52,2	47,1
R14	70	1,5	70,6	63,5	68	63	51,7	47,8	
		4	71,3	64,2	68	63	52,4	48,7	
		6	71,3	64,2	68	63	52,4	48,7	
Orsay-Gif / Centre universitaire / ZAC du Moulon	R15	14	1,5	61,9	56,0	63	-	50,8	46,3
			4	63,5	57,3	63	-	53,1	49,1
			6	64,2	57,9	63	-	54,8	50,8
	R16	35	1,5	58,7	53,4	63	-	51,1	46,2
			4	61,1	55,5	63	-	52,9	48,8
			6	61,9	56,0	63	-	54,4	50,5
	R17	30	1,5	70,0	65,1	63	-	52,9	48,2
			4	67,4	62,5	63	-	54,7	50,7
			16,5	65,7	59,6	63	-	60,6	56,5
	R18	45	1,5	54,8	49,0	63	-	52,5	48,0
			4	56,5	50,5	63	-	55,1	51,3
			19,5	60,7	54,2	63	-	59,2	55,2
	R19	7	1,5	55,1	49,0	63	-	51,6	47,0
			4	57,3	51,2	63	-	56,2	51,8
			16,5	59,8	52,7	63	-	63,6	59,3
	R20	20	1,5	56,3	50,3	63	-	55,1	50,4
			4	58,2	52,0	63	-	57,8	53,7
			6	58,9	52,3	63	-	59,9	55,7
R21	90	1,5	53,8	46,3	63	-	50,6	45,7	
		4	55,9	48,6	63	-	52,3	48,5	
		8,5	56,9	49,4	63	-	52,9	49,3	
R22	7	1,5	55,1	49,2	63	-	52,1	47,7	
		4	57,7	51,9	63	-	56,5	52,2	
		16,5	60,5	53,8	63	-	63,7	59,4	
Saclay / le long RN118	R23	7	1,5	73,1	66,5	-	-	54,3	49,6
			4	75,0	67,9	-	-	57,9	53,6
			6	75,3	68,1	-	-	61,8	57,4

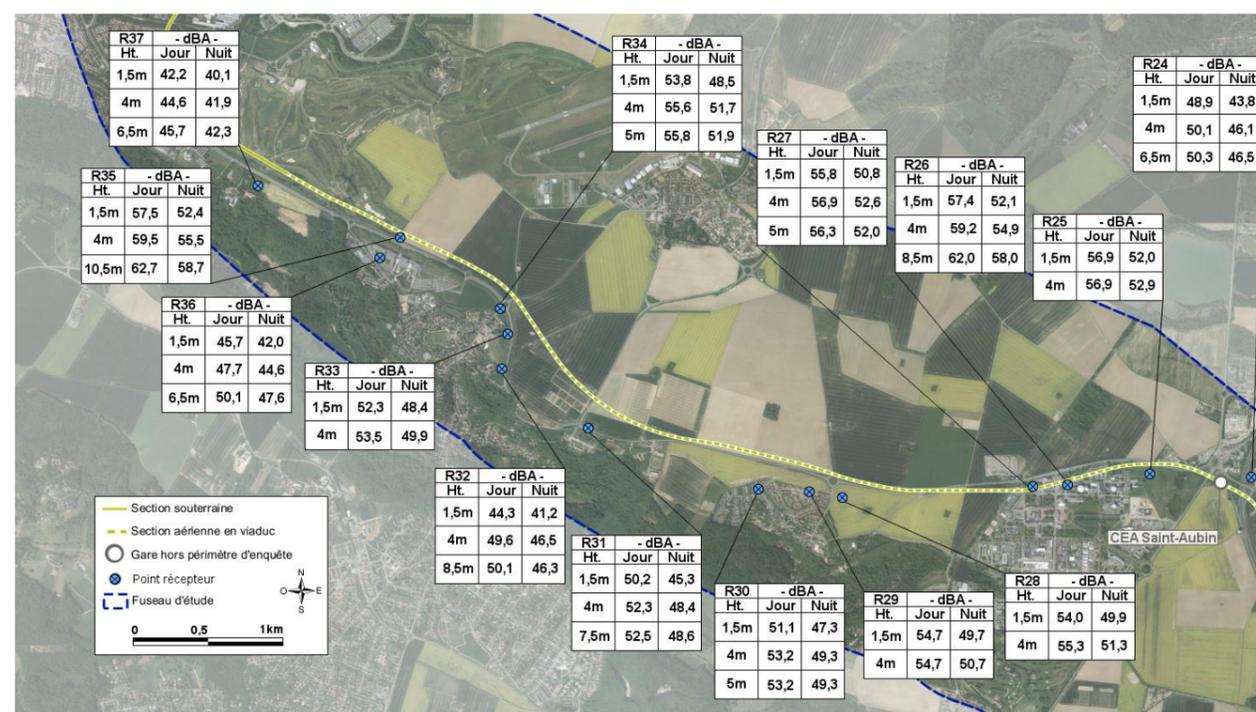
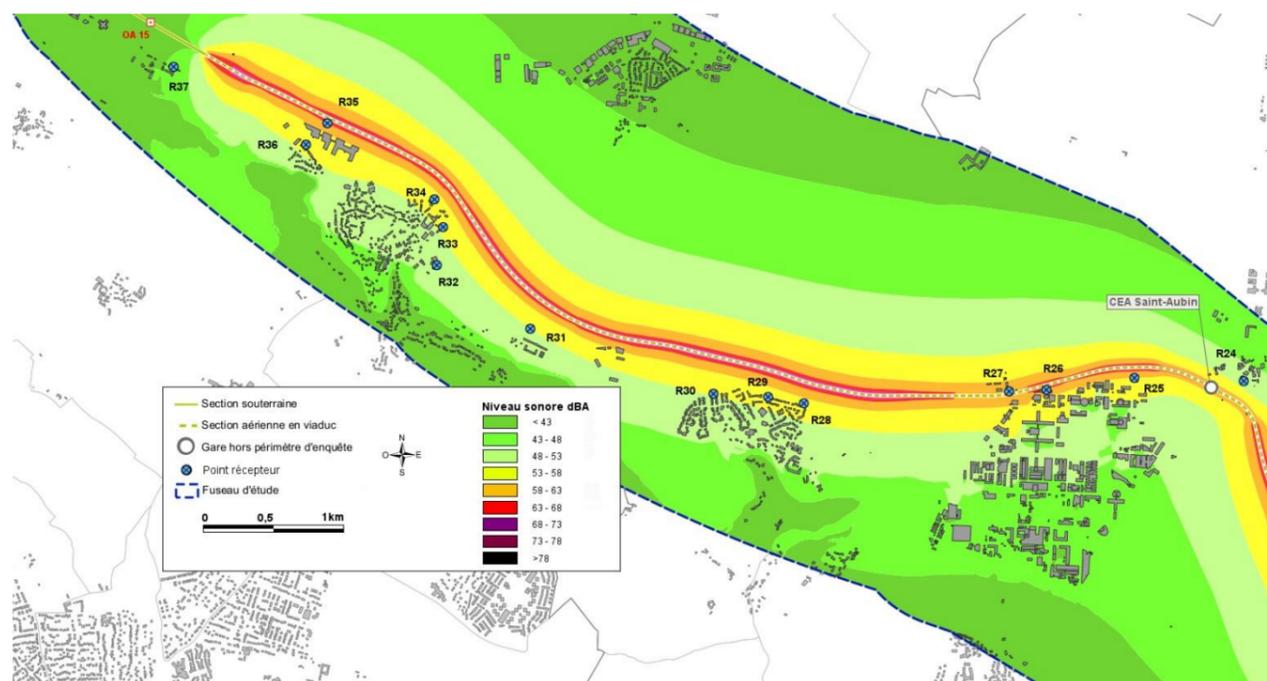
Section CEA – Magny-les-Hameaux



Zoom cartes de bruit – hauteur 4m – période jour - secteur CEA – Magny-les-Hameaux (ASM Acoustics)

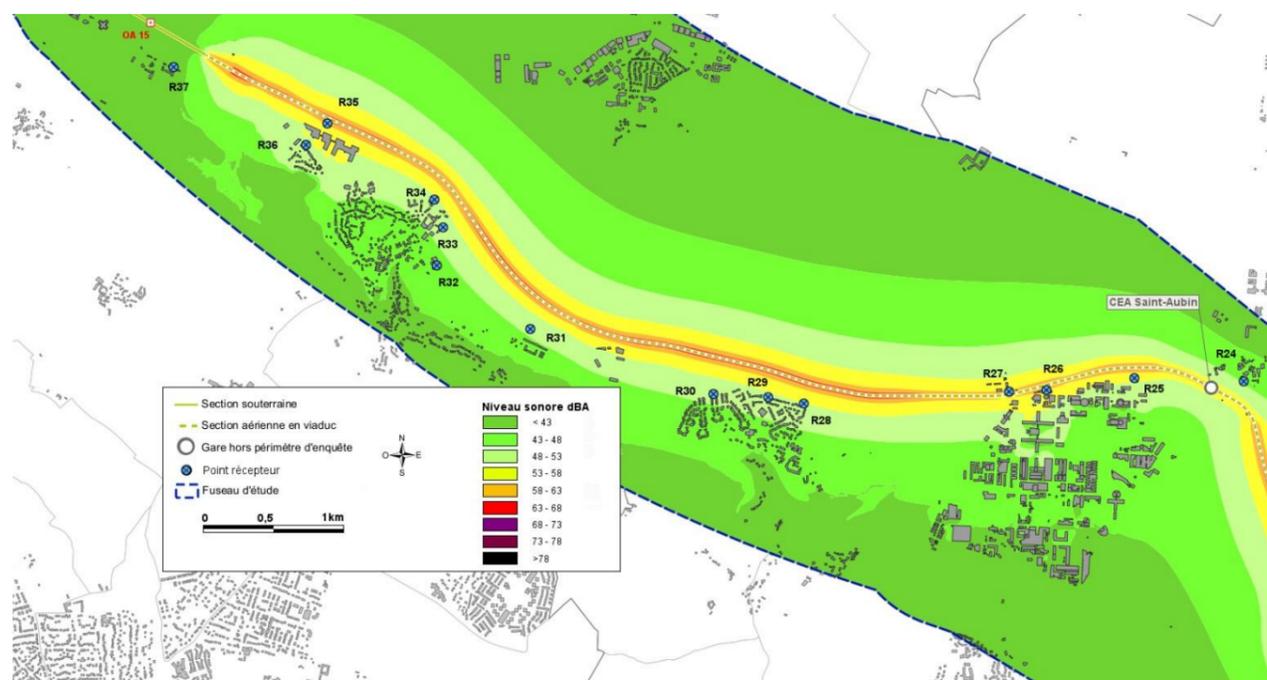


Zoom cartes de bruit – hauteur 4m – période nuit - secteur CEA – Magny-les-Hameaux (ASM Acoustics)



Zoom cartes de bruit – hauteur 12m – période jour - secteur CEA – Magny-les-Hameaux (ASM Acoustics)

Résultats de calculs aux points de référence et pour différentes hauteurs - secteur CEA – Magny-les-Hameaux (ASM Acoustics)



Zoom cartes de bruit – hauteur 12m – période nuit - secteur CEA – Magny-les-Hameaux (ASM Acoustics)

Analyse de conformité – section CEA – Magny les Hameaux (ASM Acoustics)

Secteur concerné	Point de réf.	Distance au métro en m	Hauteur en m	Niveau de bruit calculé en situation initiale (dB(A))		Contribution sonore maximale admissible du métro (dB(A))		Contribution sonore calculée du métro (dB(A))	
				LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)
Saclay / le long RN118	R24	130	1,5	66,4	60,1	68	63	48,9	43,8
			4	68,3	61,6	68	63	50,1	46,1
			6,5	69,0	62,1	68	63	50,3	46,5
Saclay / CEA	R25	62	1,5	60,9	53,3	68	-	56,9	52,0
			4	61,7	53,6	68	-	56,9	52,9
	R26	28	1,5	64,9	56,6	68	-	57,4	52,1
			4	66,6	57,5	-	-	59,2	54,9
	R27	18	8,5	66,8	57,6	-	-	62,0	58,0
			1,5	66,6	58,1	68	58	55,8	50,8
Villiers le Bâcle / agglomération	R28	130	4	67,9	58,9	68	58	56,9	52,6
			5	68,0	58,9	68	58	56,3	52,0
			1,5	54,5	45,4	63	58	54,0	49,9
Villiers le Bâcle / agglomération	R29	160	4	57,2	47,3	63	58	55,3	51,3
			1,5	48,4	41,2	63	58	54,7	49,7
			4	50,2	42,6	63	58	54,7	50,7
Villiers le Bâcle / agglomération	R30	225	1,5	48,0	41,3	63	58	51,1	47,3
			4	49,2	42,5	63	58	53,2	49,3
			5	50,3	43,6	63	58	53,2	49,3
Villiers le Bâcle / agglomération	R31	185	1,5	67,2	59,2	68	58	50,2	45,3
			4	68,2	59,8	68	58	52,3	48,4
			7,5	68,1	59,7	68	58	52,5	48,6
Château-fort / agglomération	R32	340	1,5	53,2	46,2	63	58	44,3	41,2
			4	55,9	48,7	63	58	49,6	46,5
			8,5	57,7	50,0	63	58	50,1	46,3
Château-fort / agglomération	R33	180	1,5	55,3	48,6	63	58	52,3	48,4
			4	57,5	50,4	63	58	53,5	49,9

	R34	123	1,5	50,3	43	63	58	53,8	48,5
			4	53,3	46	63	58	55,6	51,7
			5	54,5	47,2	63	58	55,8	51,9
Magny les Hameaux / Le Bois des Roches	R35	32	1,5	69	61,2	-	-	57,5	52,4
			4	70	61,7	-	-	59,5	55,5
			10,5	69,7	61,2	-	-	62,7	58,7
	R36	210	1,5	61,5	43,3	63	58	45,7	42,0
			4	61,4	43,9	63	58	47,7	44,6
			6,5	60,7	43,9	63	58	50,1	47,6
Magny les Hameaux / Le Mérantais	R37	165	1,5	52,8	44,5	63	58	42,2	40,1
			4	54,7	46,2	63	58	44,6	41,9
			6,5	55,7	46,8	63	58	45,7	42,3

• Analyse par secteur identifié

- Les zones les plus critiques sont principalement localisées au niveau de la ZAC Polytechnique (R1 à R9) qui est actuellement une zone calme. En outre de nouveaux bâtiments, dont des logements, sont en cours de construction ou sont prévus à court terme dans cette zone. Un certain nombre seront positionnés à proximité directe du métro (moins de 50m) ce qui les rend particulièrement sensibles.
- La zone du Domaine de Corbeville et d'Orsay-Gif (R10 à R23) est également concernée par le bruit du métro même si celle-ci est déjà bien impactée par le bruit de la RN118 et de la RD128. L'absence actuelle de bâtiment réduit les impacts mais du fait du développement urbain, dont de nombreux logements prévus, il s'agit d'une zone sensible dont il faut tenir compte ;
- La section comprise entre la gare du CEA et Magny les Hameaux est moins critique car les riverains actuels sont assez éloignés de la ligne, à plus de 120m, et il n'y a pas de projets de développement urbain prévu à l'heure actuelle. Les impacts induits sont donc modérés pour cette section sauf localement au niveau du Golf de Guyancourt et de la forêt de Rambouillet qui est une zone particulièrement sensible (zone Natura 2000)

• Analyse aux points ponctuels de référence

Les contributions liées au fonctionnement du métro seul de la ligne 18 sont conformes aux valeurs réglementaires définies par l'arrêté du 8 novembre 1999 à l'exception de :

- Point R8 en période de jour (futurs bureaux de la ZAC Polytechnique) où un dépassement de 4 dB(A) est constaté à une hauteur de 16,5m (hauteur des futurs bâtiments de la ZAC). En outre les calculs, sans prendre en compte la réverbération du bruit sur le futur bâtiment car celui-ci n'est pas modélisé. Il est d'usage d'estimer cet impact à 3 dB(A) supplémentaire, soit un dépassement prévisible potentiel après construction des bâtiments de 7 dB(A).
- Point R9 en période de jour (futurs bureaux de la ZAC Polytechnique) où un dépassement de 1,2 dB(A) est constaté à une hauteur de 16,5m (hauteur des futurs bâtiments de la ZAC). Le dépassement prévisible après construction des bâtiments est donc de 4,2 dB(A).
- Point R19 et R22 en période de jour (futur pôle d'enseignement de la ZAC du Moulon) pour lesquels un dépassement compris entre 0,6 et 0,7 dB(A) est constaté à une hauteur de

16,5m. Les dépassements prévisibles dans cette zone après construction des bâtiments sont donc compris entre 3,6 et 3,7 dB(A).

Enfin il est rappelé que certains points de référence ont été positionnés au droit de futures zones d'implantations de bâtiments. Ces derniers ne sont cependant pas pris en compte dans la modélisation et ne montre pas l'effet de la réverbération du bruit sur ces bâtiments. Cela signifie que certains points qui sont actuellement conformes aux valeurs limites applicables présenteront un risque de non-conformité une fois les bâtiments construits. Il s'agit notamment du point R1, R11, R12 et R17.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Choix des équipements de voie les moins générateurs de bruit** (revêtement de type ballast, limitation du nombre d'aiguillage, joints de rail soudés et non collés, etc.) ;
- **Action sur le matériel roulant** avec le choix de freins à disques ou à semelle en matériau composite (gain jusqu'à 10 dB(A) sur le bruit de roulement) et d'un matériel roulant sur roue en fer moins bruyant que sur pneu ;
- **Limitation de la vitesse du métro** dans les courbes, au niveau des ZAC Polytechnique et du Moulon où de nombreux développements urbains sont prévus (bureaux, enseignements et logements) ;

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. Des mesures compensatoires de réduction du bruit ont été étudiées par la SGP. Elles seront mises en œuvre si nécessaires.

MESURES DE SUIVI

- **Réalisation de mesures *in situ* du niveau de bruit**, pour évaluer le respect des émissions sonores après mise en exploitation de la ligne dans les secteurs les plus sensibles. En cas de dépassement, un réajustement des dispositifs de protection permettra l'atteinte des valeurs limites ;
- **Entretien régulier du matériel roulant et des équipements de voie** : notamment par le meulage des rails ou des roues qui permet une diminution temporaire du bruit (env. 6 mois) de l'ordre de 2 dB(A).

8.5.8.5 Augmentation générées par le métro sur les niveaux de bruit globaux

En complément à l'analyse réglementaire effectuée ci-dessus, des cartes de bruit ont été calculées avec le bruit routier et le bruit ferroviaire. En effet en dehors des considérations réglementaires, la gêne sonore réelle perçue dépend principalement de l'augmentation des niveaux de bruit observés avant/après projet (notion d'émergence), c'est pourquoi il est important d'étudier également l'impact du métro sur les niveaux de bruit actuels, notamment au droit des logements situés en zone calme.

La situation considérée est la situation de référence de 2030. Celle-ci tient compte de l'augmentation naturelle de trafic routier prévisible entre 2015 et 2030 mais aussi des conséquences du projet de métro du Grand Paris dans son ensemble sur le trafic routier, dont le charroi supplémentaire généré par les différents projets en cours de développements dans la zone d'étude. Les nouvelles voiries spécifiques aux projets connexes ne sont néanmoins pas prises en compte car non directement lié au projet de métro à l'exception de la nouvelle bretelle de la RD36 au nord du CEA à Saclay.

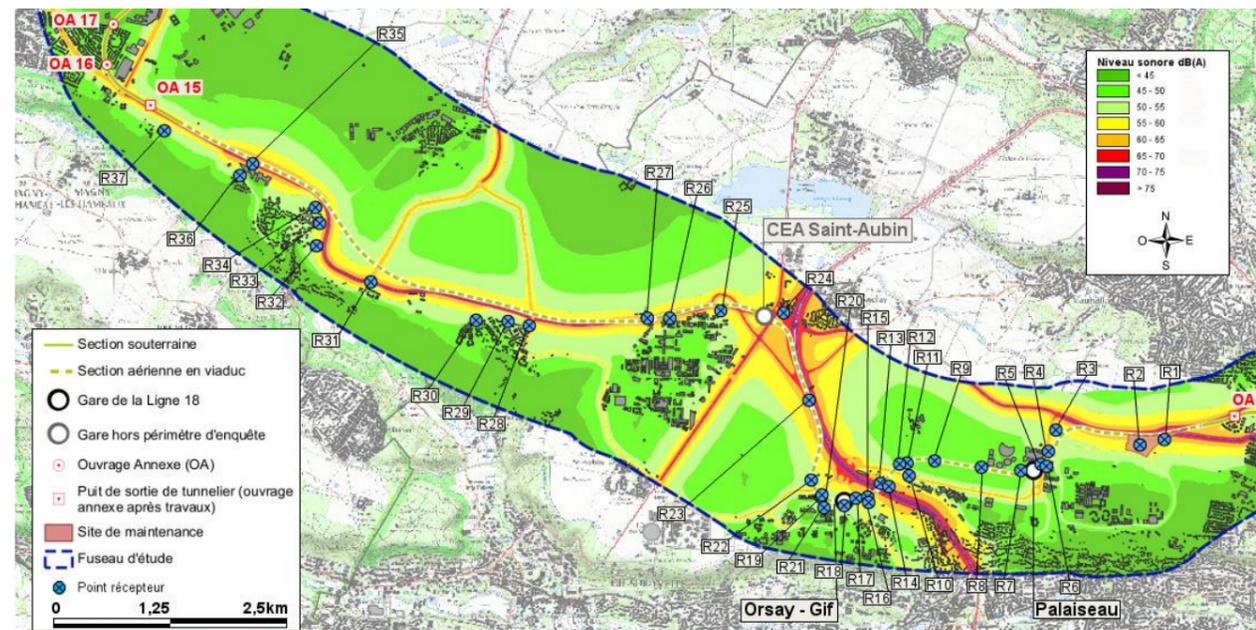
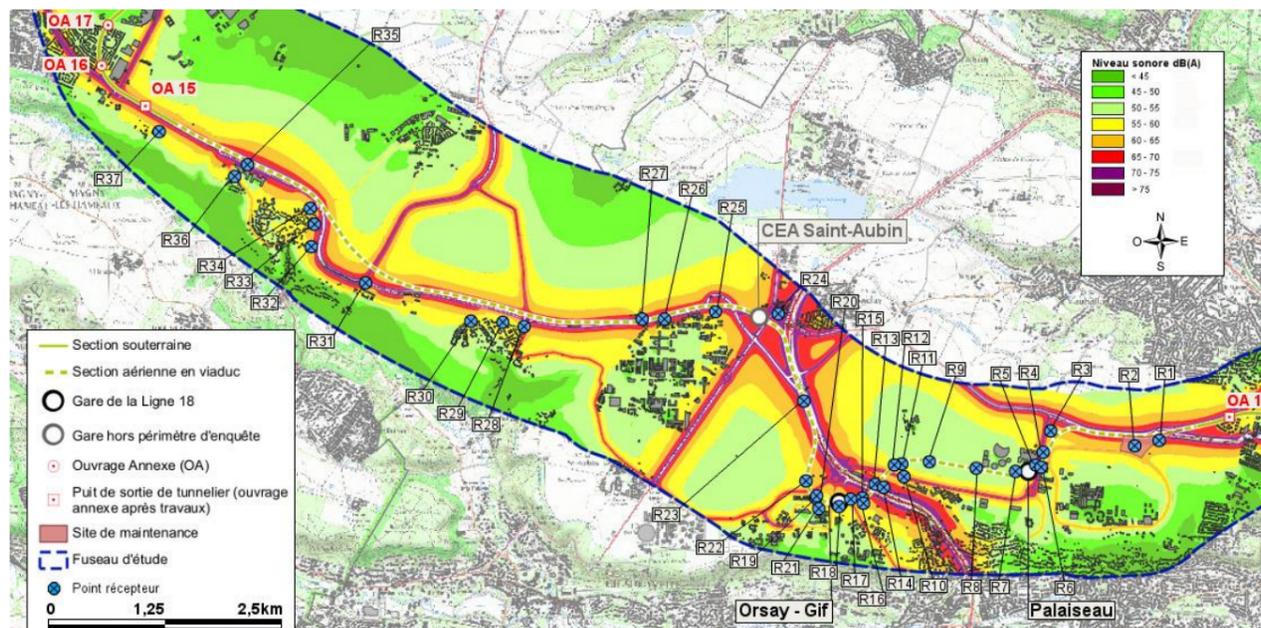
Les hypothèses de modélisation sont similaires à celles décrites dans le chapitre précédent sauf en ce qui concerne les points suivants :

- Les cartes de bruit sont calculées à 4 m de hauteur par rapport au sol uniquement (hauteur conseillée par la directive 2002/49/CE) ;
- Les données de trafic routier proviennent des flux MODUS 2030 ;

Les cartes de bruit issues du modèle acoustique sont présentées ci-après.

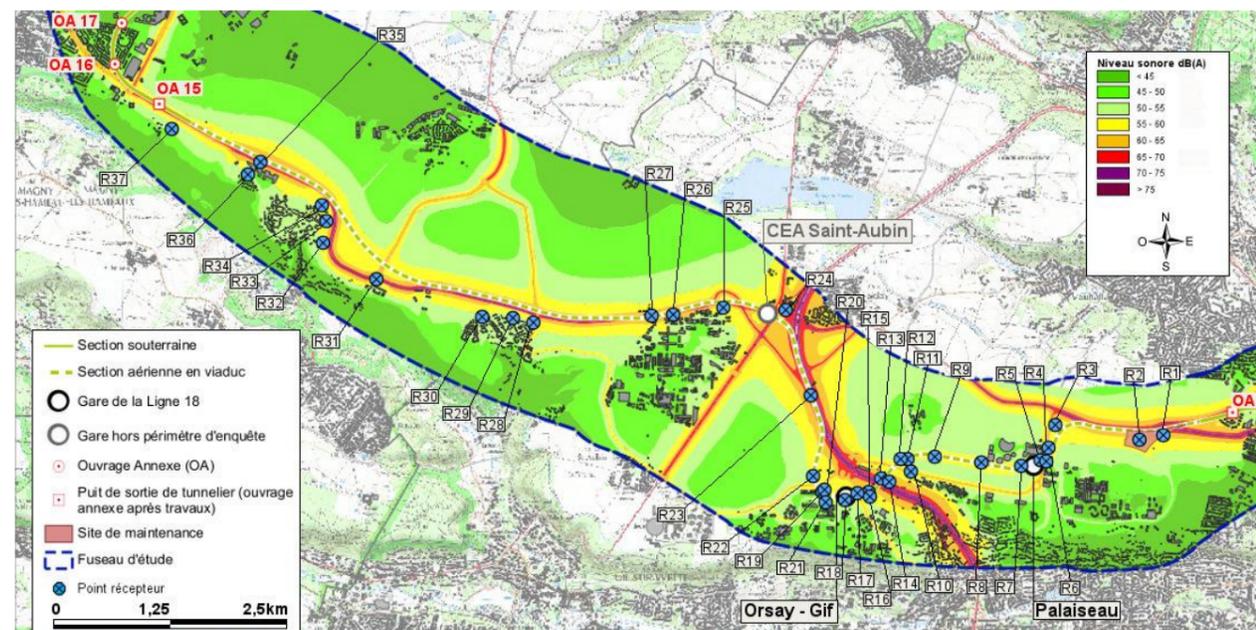
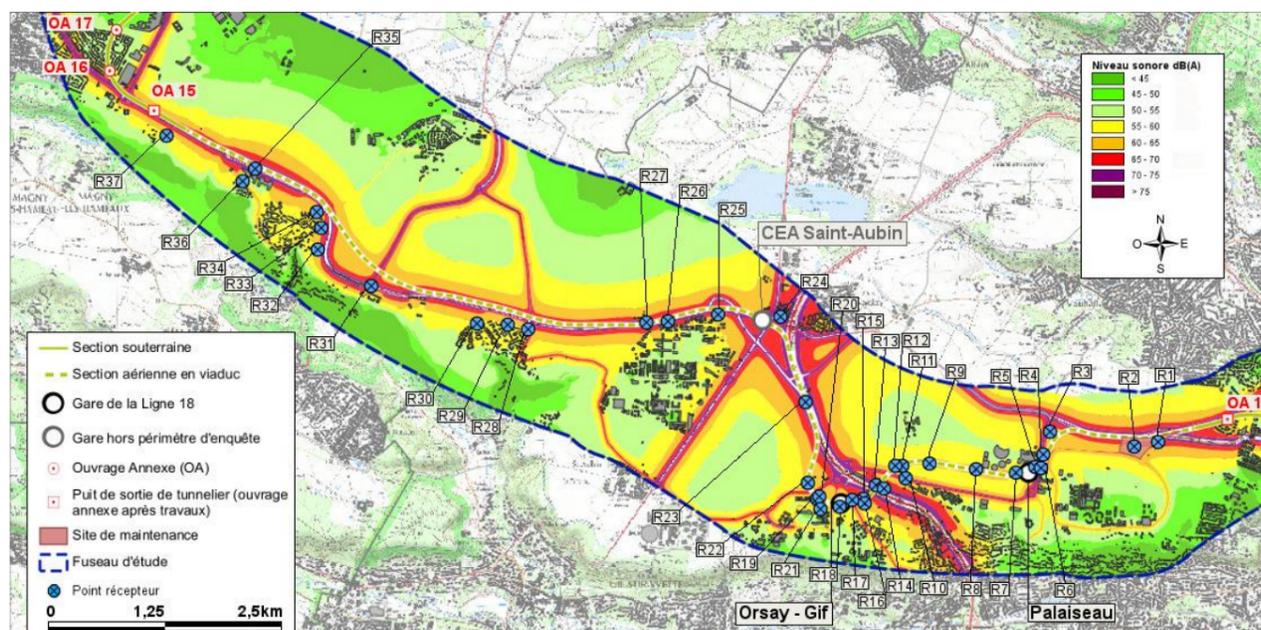
Afin de prendre en compte la sensibilité des zones calmes d'habitats à Villiers le Bâcle et Châteaufort, des zooms sont également présentées dans ce chapitre

• Section Palaiseau – Magny-les-Hameaux



Carte de bruit situation de référence (bruit routier) - période de jour - section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 4m (ASM Acoustics)

Carte de bruit situation de référence (bruit routier) - période de nuit - section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 4m (ASM Acoustics)



Carte de bruit situation projetée (bruit routier + métro) - période de jour section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 4m (ASM Acoustics)

Carte de bruit situation projetée (bruit routier + métro) - période de nuit section Palaiseau – Magny-les-Hameaux – Hauteur 4m (ASM Acoustics)

Le tableau suivant présente l'impact de la phase d'exploitation du métro de la ligne 18 sur les niveaux sonores dus au bruit routier prévisibles en 2030 (référence).

Impact sonore lié à la phase d'exploitation de la Ligne 18 (ASM Acoustics)

Secteur concerné	Point de référence (hauteur 4m)	Niveau de bruit calculé situation projetée (référence + projet) en dB(A)		Niveau de bruit calculé en situation de référence (hors métro) en dB(A)		Différence	
		LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	LAeq jour (6h - 22h)	LAeq nuit (22h - 6h)	Jour (6h - 22h)	Nuit (22h - 6h)
Palaiseau / Ecole Polytechnique	R1	68,2	62,3	67,7	61,5	0,5	0,8
	R2	64,3	59,1	63,4	57,9	0,9	1,2
	R3	63,5	57,3	63,1	56,6	0,4	0,7
	R4	67,4	59,5	67,1	58,6	0,3	0,9
	R5	66,4	58,8	65,9	57,6	0,5	1,2
	R6	67,2	59,2	66,9	58,4	0,3	0,8
	R7	59,2	54,7	54,2	48,3	5,0	6,4
Future ZAC polytechnique	R8	58,7	54,1	51,6	46,0	7,1	8,1
	R9	60,7	56,3	51,9	45,9	8,8	10,4
Domaine de Corbeville	R10	69,6	60,9	69,5	60,6	0,1	0,3
	R11	59,3	54,5	54,5	48,2	4,8	6,3
	R12	60,0	55,0	56,0	49,5	4,0	5,5
	R13	71,8	64,9	71,7	64,9	0,1	0,0
	R14	71,4	64,3	71,3	64,2	0,1	0,1
Orsay-Gif / Centre universitaire / ZAC du Moulon	R15	64,6	58,6	64,3	58,1	0,3	0,5
	R16	62,4	56,9	61,9	56,2	0,5	0,7
	R17	68,7	61,9	68,5	61,5	0,2	0,4
	R18	59,5	54,5	57,5	51,6	2,0	2,9
	R19	60,4	55,1	58,3	52,4	2,1	2,7
	R20	61,6	56,4	59,2	53,1	2,4	3,3
	R21	58,2	52,6	56,9	50,4	1,3	2,2
	R22	60,8	55,7	58,7	53,1	2,1	2,6
Saclay / le long RN118	R23	76,4	69,3	76,3	69,2	0,1	0,1
	R24	68,8	62,5	68,8	62,4	0,0	0,1
Saclay / CEA	R25	66,1	59,0	65,5	57,8	0,6	1,2
	R26	75,2	66,8	75,0	66,5	0,2	0,3
	R27	76,4	68,0	76,4	67,9	0,0	0,1
Villiers le Bâcle / agglomération	R28	62,7	56,6	61,8	55,0	0,9	1,6
	R29	59,0	53,7	57,0	50,7	2,0	3,0
	R30	58,4	53,2	56,9	50,9	1,5	2,3
Villiers le Bâcle / RD938	R31	75,7	67,7	75,7	67,7	0,0	0,0
Châteaufort / agglomération	R32	62,8	56,5	62,6	56,1	0,2	0,4
	R33	64,6	58,4	64,3	57,7	0,3	0,7
	R34	61,4	55,5	60,1	53,2	1,3	2,3
Magny les Hameaux / Le Bois des Roches	R35	77,7	69,1	77,6	68,9	0,1	0,2
	R36	62,4	53,2	62,2	52,5	0,2	0,7
Magny les Hameaux / Le Mérentais	R37	61,4	53,7	61,3	53,4	0,1	0,3

A Palaiseau (R1 à R12), les augmentations des niveaux sonores dues à l'exploitation de la Ligne 18 varient entre 0 et 6,3 dB(A), sauf localement pour les points R8, R9 et R11 (futurs bureaux et logements de la ZAC Polytechnique) pour lesquels les augmentations attendues sont comprises entre 5 et 10,4 dB(A).

L'impact sonore de la Ligne 18 dans la zone de Palaiseau est donc considéré comme fort, d'autant plus qu'il s'agit d'une zone majoritairement calme et que la réverbération du bruit sur les futurs bâtiments n'est pas prise en compte.

Dans le secteur d'Orsay-Gif (R13 à R22), les augmentations sont globalement plus faibles, entre 0 et 3,3 dB(A) du fait que le bruit routier de la RN118 et de la RD128 est plus important dans cette zone et couvrira partiellement le bruit du métro.

L'impact sonore de la Ligne 18 dans la zone d'Orsay-Gif est donc considéré comme modéré.

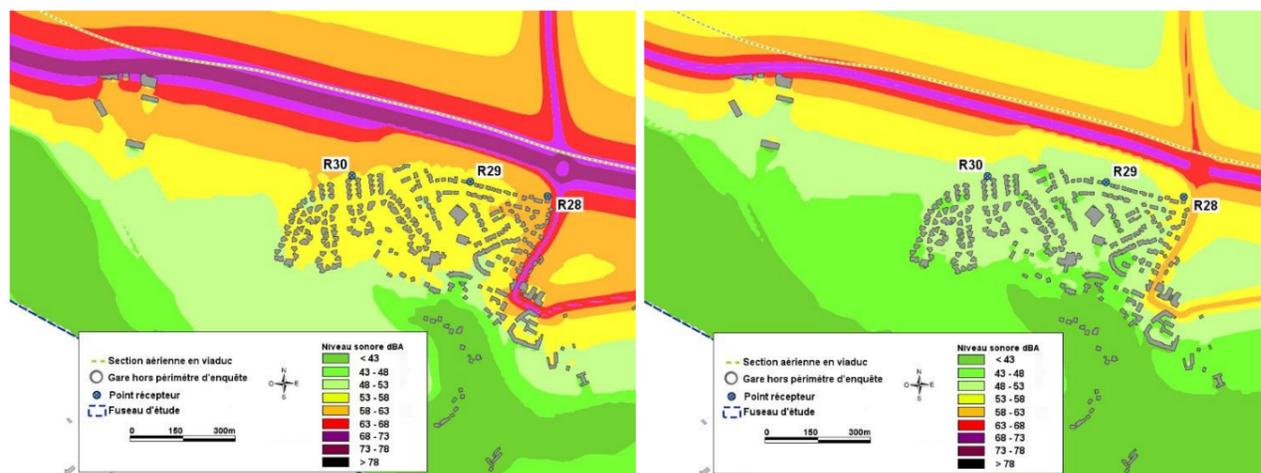
A partir du CEA de Saclay et jusque à la fin de la section aérienne de la ligne à Magny-les Hameaux, les augmentations de niveau sonore liées au métro sont globalement faibles avec de 0 à 3 dB(A) d'augmentation observée au droit des riverains actuels en raison de leur éloignement avec la ligne mais aussi du bruit généré par le RD36 qui masquera en grande partie le bruit du métro. De ce fait, les cartes de bruit montrent peu de différence au sud de la RD36. Néanmoins, localement l'impact du métro existe et induira donc un impact modéré, notamment :

- Au nord de la section CEA-Magny-les-Hameaux qui est une zone calme (hors zone impactée par l'aérodrome de Toussus-le-Noble) ;
- Au niveau de la zone résidentielle de Châteaufort et de Villiers le Bâcle qui est par ailleurs située en zone calme ;
- Au niveau du golf de Guyancourt.

L'impact sonore de la Ligne 18 est donc considéré comme modéré pour l'ensemble de la section CEA-Magny les Hameaux.

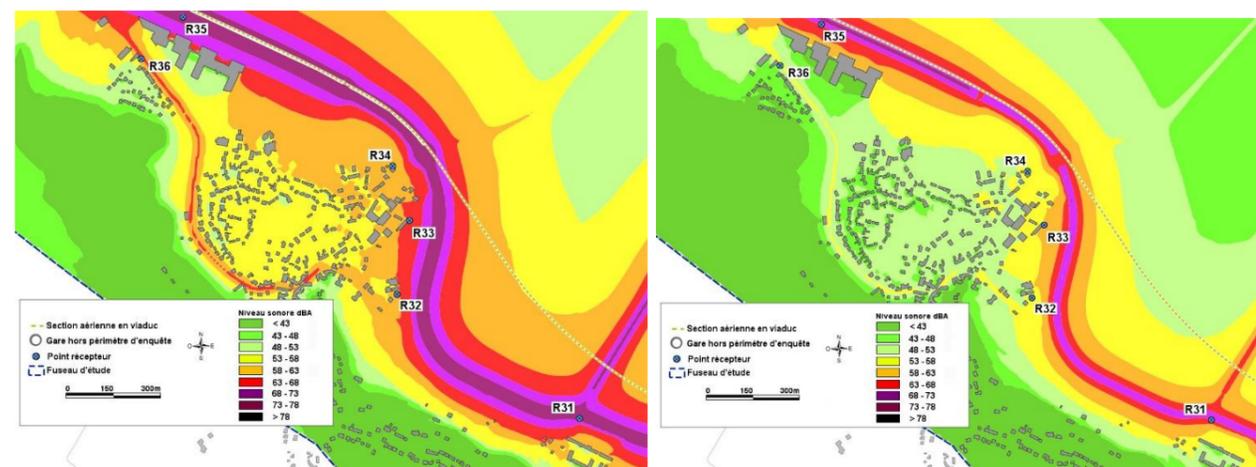
Afin de mieux appréhender les impacts attendus dans ces zones d'habitats calmes, les zooms suivants ont été extraits et présentent la situation avant/après projet.

Agglomération de Villiers le Bâcle

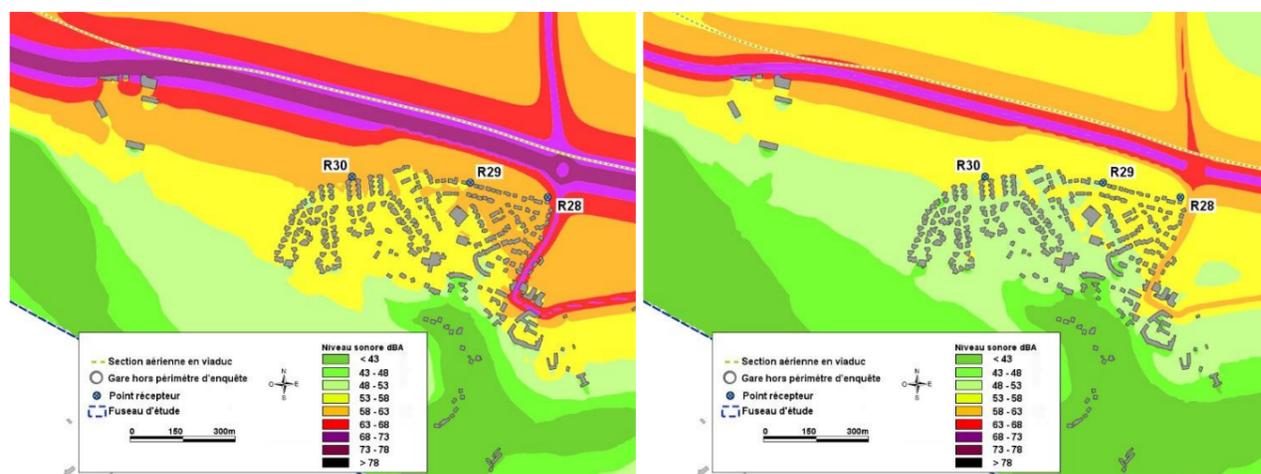


Zoom carte de bruit situation de référence (bruit routier) - période de jour et de nuit - Agglomération de Villiers le Bâcle - Hauteur 4m (ASM Acoustics)

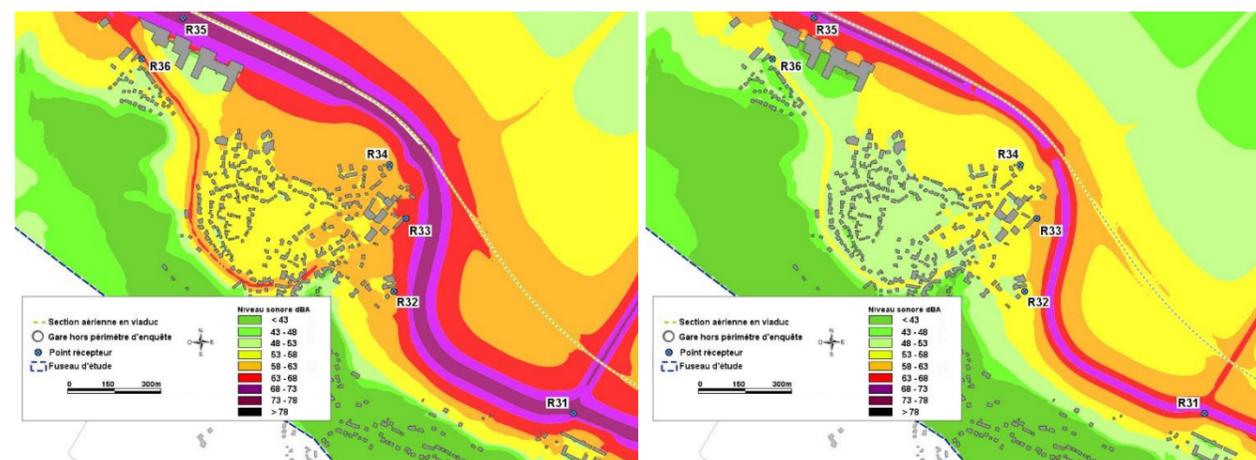
Agglomération de Châteaufort



Zoom carte de bruit situation de référence (bruit routier) - période de jour et de nuit - Agglomération de Châteaufort - Hauteur 4m (ASM Acoustics)



Zoom carte de bruit situation projetée (bruit routier + métro) - période de jour et de nuit - Agglomération de Villiers le Bâcle - Hauteur 4m (ASM Acoustics)



Zoom carte de bruit dB(A) situation projetée (bruit routier + métro) - période de jour et de nuit - Agglomération de Châteaufort - Hauteur 4m (ASM Acoustics)

Les cartes de zoom ci-dessus permettent de visualiser l'impact sonore du métro dans cette zone sensible. Le merlon situé au nord du lotissement atténue bien le bruit routier de la RD36 en revanche il n'a pas d'influence sur la propagation du bruit généré par le métro.

Le bruit du métro aura un impact sonore non négligeable sur le lotissement de Villiers le Bâcle et celui-ci sera légèrement plus fort en période de nuit en raison du faible niveau de bruit à cette période. L'impact reste cependant modéré (augmentation inférieure à 3 dB(A)).

Les cartes de zoom ci-dessus permettent de visualiser l'impact sonore du métro dans cette zone sensible.

Le bruit du métro aura un impact sonore faible sur les niveaux de bruit actuels en période de jour sur le lotissement de Châteaufort où peu de modifications sont constatées avant/après projet. En revanche l'impact sonore est plus visible, et donc plus fort, en période de nuit en raison du faible niveau de bruit initial à cette période. L'impact reste cependant modéré (augmentation inférieure à 3 dB(A)).

Conclusion :

La comparaison des niveaux sonores prévisibles en situation de référence 2030 avec et sans métro montre que celui-ci aura un impact globalement faible à modéré sur les bâtiments existants ou prévus à court terme sauf à Palaiseau où localement l'impact sera fort car il s'agit d'une zone particulièrement calme et sujet à des aménagements urbains importants.

Enfin, des augmentations importantes sont observées dans certaines zones agricoles mais l'absence de logements à proximité ou de sites sensibles réduit très fortement les enjeux.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Idem mesures décrites au point précédent.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue. Des mesures compensatoires de réduction du bruit néanmoins été étudiées par la SGP

8.5.8.6 Impacts et mesures liés au fonctionnement des gares

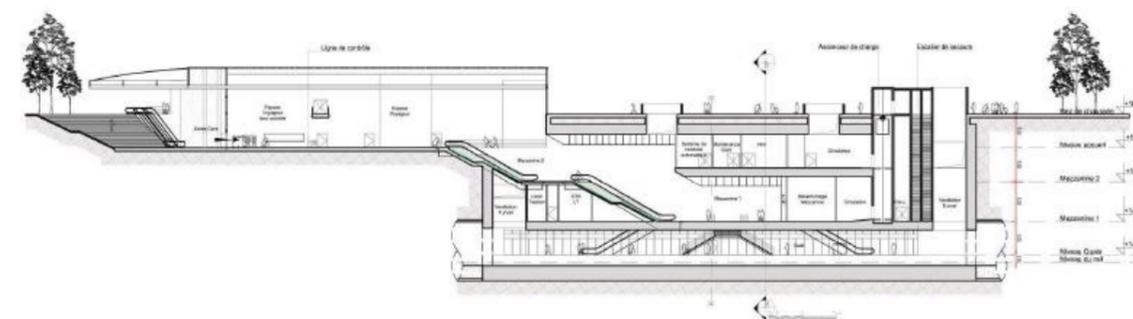
S'agissant des gares, les sources potentielles d'émission de bruit sont liées aux équipements techniques nécessaires à leur fonctionnement, et à leur fréquentation par les usagers.

Le bruit des équipements techniques des gares

Le fonctionnement des gares du réseau nécessitent l'installation d'un certain nombre d'équipements techniques. Il s'agit notamment :

- Des groupes de ventilation / désenfumage ;
- Des postes de redressement : transformateurs, etc. ;
- Des locaux d'entretien ;
- Des locaux de personnel ;
- Des postes Énergie Force.

Les équipements techniques nécessaires au fonctionnement des gares seront en général situés au sein de la gare, dans les niveaux souterrains ou dans des locaux techniques adaptés.



Coupe de la gare Saint-Quentin Est

Cette localisation des équipements techniques permettra de limiter de manière très importante les émissions sonores vers l'extérieur de l'ouvrage.

Les ouvrages de type ventilation sont présentés dans la rubrique dédiée sur les ouvrages de sécurité.

L'impact des équipements techniques internes aux gares pour les riverains est considéré comme négligeable.

S'agissant du bruit à l'intérieur de la gare, des dispositifs spécifiques sont nécessaires pour assurer le confort des usagers se déplaçant dans l'infrastructure.

Les annonces en gare

La perception des annonces en gare est possible mais chaque espace a été étudié de manière à optimiser l'acoustique interne et la compréhension des messages. Ceci réduit le risque de gêne sonore pour les riverains et les usagers, soit un impact sonore faible.

Les gares Palaiseau et Orsay-Gif sont néanmoins susceptibles de présenter un risque légèrement plus fort de perception des annonces en gare du fait que les quais seront extérieurs. Cette particularité a été prise en compte sur le niveau sonore des annonces, notamment en période nocturne.

Les escaliers mécaniques

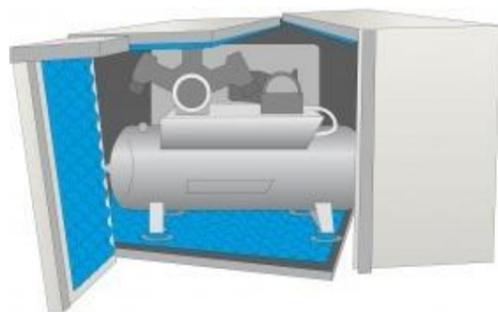
Le fonctionnement des escaliers mécaniques est susceptible d'induire un léger bruit mais l'impact sonore sera faible, et ce, d'autant plus que ceux-ci ne fonctionneront pas la nuit, hors service voyageur.

Conclusion :

A partir du moment où les silencieux et autres dispositifs antibruits sont dimensionnés de manière à respecter les exigences du décret relatif aux bruits de voisinage, **les équipements techniques des gares n'auront qu'un impact sonore direct négligeable à faible dans l'environnement.** L'impact lié au fonctionnement des équipements techniques des gares pour les usagers est également faible.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Conception de la structure des locaux techniques de manière à contenir les nuisances sonores** (parois isolantes, localisation des locaux techniques en sous-sol traitement des vibrations, ventilation traitée...);
- **Arrêt des équipements non nécessaires à l'activité en période de nuit, hors service voyageur ;**
- **Isolation des équipements techniques** : des dispositifs de capotage sont envisagés. Il s'agit d'isoler le système pour contenir le bruit dans la protection. Le gain apporté par un capotage peut varier de 10 à 40 dB(A) en fonction de sa composition et des contraintes techniques induites par l'appareil ;



Exemple de capotage envisageable (paulstra-industry)

- **Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation** : il s'agit de solutions anti-bruit mises en place au niveau des groupes de ventilation, des extracteurs ou de la ventilation naturelle des locaux techniques. Leur principe consiste à stopper le bruit tout en laissant passer l'air ;



Silencieux à baffles parallèles Silencieux de type circulaire

Exemple de silencieux acoustique pour gaines de ventilation (Trox)

- **Mise en place d'écrans antibruits permettant de réduire les niveaux de bruit** : il s'agit de solutions de type panneaux acoustiques qui se posent autour des équipements bruyants situés en extérieur de manière à faire obstacle au bruit ;



Exemple d'écrans antibruits autour d'un aéro-réfrigérant (ASM Acoustics)

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront nuls à faibles. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

Réalisation de mesures in situ du niveau de bruit, pour évaluer le respect des émissions sonores des équipements techniques des gares dans les secteurs les plus sensibles. Dans le cas de dépassement, un réajustement des dispositifs de protection permettra l'atteinte des valeurs limites.

8.5.8.7 Impacts liés à la fréquentation des gares

L'exploitation du réseau entrainera une augmentation de la fréquentation piétonne au niveau des gares de la ligne, qui risque d'induire une augmentation du niveau de bruit à proximité de l'infrastructure (déplacements des piétons, voix, activités liés aux commerces situés dans les gares, etc.).

Cette augmentation, à ce stade des études, est difficilement quantifiable car elle est susceptible de varier en fonction des sites d'implantation des gares (zones urbaines déjà constituées, zones d'activité ou zones agricoles en voie de développement).

Les échanges engagés par la Société du Grand Paris avec les collectivités locales permettront de prévoir de nouveaux aménagements urbains adaptés aux déplacements attendus en phase d'exploitation. Ces aménagements concernent notamment l'organisation des espaces publics, comme les parvis autour des gares.

Le fonctionnement du réseau sera également susceptible d'entraîner à proximité immédiate des gares une augmentation de la circulation routière. Cet impact est traité de manière plus approfondie dans la suite du chapitre.

Une étude spécifique²⁸ sur l'opportunité d'implanter des parkings relais voitures au niveau des gares a été réalisée. Les conclusions de cette étude mettent en évidence l'importance de mettre en place des aménagements qui limitent les impacts négatifs d'une augmentation de la circulation routière, en favorisant au maximum les modes actifs et les liaisons avec les réseaux de transports en commun existants ou à venir. Cela doit permettre d'éviter un rabattement trop important de la circulation au niveau des quartiers de gare et ainsi limiter l'augmentation des nuisances sonores liées à la circulation routière.

Néanmoins, afin d'assurer l'accès des usagers aux gares, un travail important a été engagé avec le Syndicat des Transports d'Ile-de-France, l'autorité organisatrice des transports de la région pour réaménager les lignes de bus actuelles. Il s'agit d'assurer la bonne desserte des futures gares.

Des pôles bus seront aménagés à proximité immédiate des gares, pour faciliter la descente et la montée des usagers. Cette solution permettra également de fluidifier la circulation des bus dans le quartier.

Conclusion :

Les aménagements des accès et des circulations seront prévus de manière à ce que les nuisances sonores soient faibles, **les gares auront donc, hors exception, par exemple en raison de la proximité avec une zone ou bâtiment particulièrement sensible, un impact sonore indirect faible dans l'environnement.**

²⁸ « Étude d'opportunité de création, reconfiguration ou reconstitution de parkings publics aux abords des gares du Grand Paris ».

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Élaboration d'une charte architecturale :** la Société du Grand Paris et les architectes désignés pour la conception des gares de la Ligne 18 élaborent une charte qui vise notamment à retenir une conception favorisant l'appropriation des espaces, l'accessibilité, l'accessibilité et l'efficacité des parcours pour les usagers ;
- **Concertation avec les acteurs locaux** pour définir des espaces publics adaptés au contexte local existant autour des gares ;
- **Aménagement de pôles bus et réaménagement des liaisons bus** avec le STIF au niveau des gares.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Ces mesures permettront de limiter les déplacements motorisés et donc l'impact sonore associé à l'augmentation du trafic à proximité des voies d'accès aux gares de la Ligne 18.

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

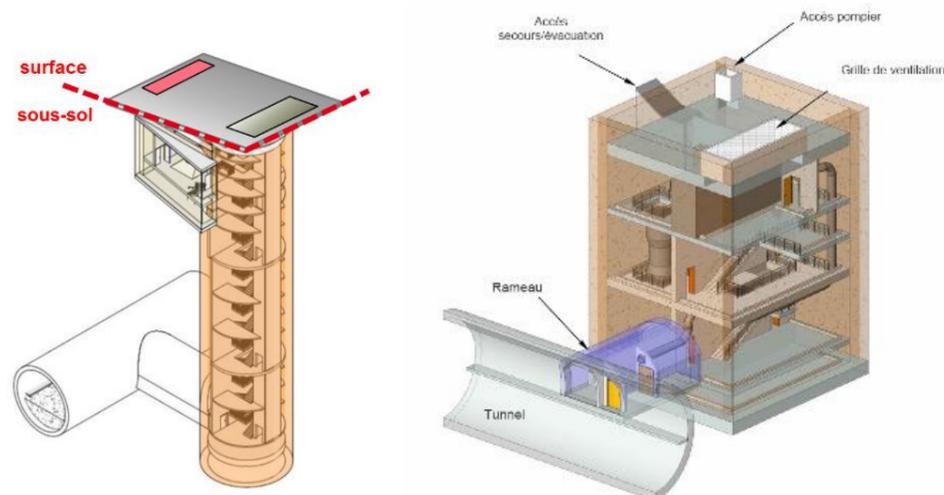
Aucune mesure de suivi n'est nécessaire.

8.5.8.8 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages de ventilation

Les ouvrages de sécurité prévus tous les 800 mètres du tracé assurent deux fonctions :

- En cas d'accidents dans le tunnel, permettre la pénétration des secours dans l'infrastructure, et permettre si cela est nécessaire l'évacuation des usagers vers l'extérieur ;
- Permettre le renouvellement de l'air en période normale d'exploitation, et en cas d'incendie dans le tunnel, le désenfumage de l'infrastructure ;

En surface, au niveau du sol, l'ouvrage de sécurité présente une grille pour la ventilation et une trappe d'accès pour les secours et éventuellement l'évacuation.



Exemples d'un ouvrage de sécurité et vue indicative d'un ouvrage en milieu urbain

Les fonctions liées à l'entrée des secours et l'évacuation éventuelle des usagers ne présentent aucun impact sur le niveau de bruit.

La ventilation fonctionne de deux façons. D'une manière passive grâce au déplacement de l'air entraîné par la circulation des trains, et d'une manière active grâce à des ventilateurs situés dans l'ouvrage, placés en souterrain. Les impacts éventuels sur le bruit sont liés au fonctionnement de ces ventilateurs.

Les gares peuvent également présenter ce type d'équipement en surface. La même démarche sera appliquée dans les deux cas.

La méthodologie suivante sera appliquée :

- L'identification des règles locales sur le bruit, de l'occupation des sols à proximité et des équipements sensibles existants (hôpital, école, zones résidentielles calmes...) permettra de définir le niveau maximal à respecter pour chaque ouvrage de sécurité ;
- Des mesures des niveaux sonores actuels sont prévues sur le territoire au niveau de l'implantation des ouvrages émergents.

La déclinaison précise des exigences réglementaires ne peut être faite à ce jour car elle nécessite de connaître le niveau de bruit ambiant existant avant-projet. C'est pourquoi, pour l'ensemble de la ligne, une étude acoustique spécifique, avec mesures initiales en période de nuit, période la plus contraignante, sera réalisée.

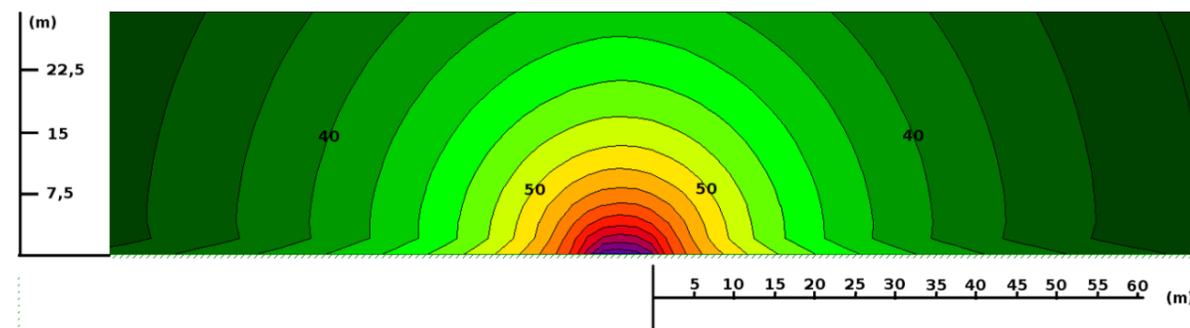
En attendant les résultats des études prévues par ouvrage, une première analyse des risques de gêne sonore a été effectuée à l'aide d'une modélisation simplifiée réalisée avec le logiciel CadnaA sur la base d'une valeur limite de 60 dB(A) à 1 mètre des grilles de ventilation²⁹. Le spectre utilisé dans les calculs est un spectre-type de ventilateur axial.

²⁹ Niveau sonore caractéristique d'une zone d'ambiance préexistante modérée pour la période de nuit (arrêtés du 8/11/1999 et du 5/05/1995)

Les hypothèses de calculs considérées dans le modèle sont les suivantes :

- Non-prise en compte de la topographie ou d'obstacle éventuel ;
- Cartes de bruit réalisées en coupe à partir d'une surface rayonnante au sol de 52 m² et pour un cas d'insertion en sol réverbérant (surface principalement bitumée) ;
- Maillage 2 x 2m, soit un point de calcul tous les 2m ;
- Aucun effet météorologique.

Profil de propagation de bruit d'un puits de ventilation générant un niveau sonore de 60 dB(A) à 1m - sol réverbérant



Distance en mètre des isophones 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation du bruit d'une grille de ventilation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2 mètre au-dessus du sol

Typologie de sol considéré	Isophones calculés pour un spectre-type de ventilateur axial pour un débit de l'ordre de 900 000 m ³ /h.				
	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Sol réverbérant	1	4,1	9,6	18,7	34,8

Cette première étude permet d'indiquer qu'à partir d'une distance de 35 mètres entre l'ouvrage de ventilation et une zone sensible au bruit, le risque d'impact sonore par rapport aux valeurs limite de la réglementation, est très faible. Pour des distances plus faibles, des dispositifs de protection comme présentés avant s'avéreront nécessaires.

Conclusion :

Le fonctionnement des ouvrages de ventilation ne présente pas d'enjeux forts. Une fois le niveau sonore à ne pas dépasser fixé, des dispositions techniques seront définies pour atteindre ces objectifs. Plusieurs actions sont possibles.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres ;**
- **Arrêt des ventilateurs en période de nuit lorsque les contraintes techniques le permettent ;**
- **Installation des ventilateurs sur des amortisseurs** pour réduire le bruit en phase de fonctionnement ;
- **Mise en place de traitement acoustiques pour réduire les niveaux de bruit :** il s'agit principalement de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques à baffles parallèles pour traiter le bruit de ventilation/désenfumage du tunnel mais aussi de solutions éventuelles au niveau des équipements ou locaux techniques (grilles acoustiques, silencieux, capotages, etc.) ;



Exemple de silencieux à baffles parallèles intégré dans un rameau de ventilation (puits de ventilation ligne métro 4 - <http://www.rendezvousavecla4.fr>)

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront nuls à faibles. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

Réalisation de mesures in situ du niveau de bruit, pour évaluer le respect des émissions sonores des ouvrages de sécurité dans les secteurs les plus sensibles. Dans le cas de dépassement, un réajustement des dispositifs de protection permettra l'atteinte des valeurs limites.

8.5.8.9 Impacts liés au fonctionnement du SMR / SMI / PCC de Palaiseau

La Ligne 18 accueillera 1 site de maintenance situé entre le site de l'école Polytechnique et la route RD36. La forêt Domaniale de Palaiseau quant à elle est située à quelques mètres au sud-est du SMR. Il regroupera en un même lieu :

- Le Site de Maintenance et de Remisage (SMR) du matériel roulant ;
- Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de la ligne ;
- Le Poste de Commande Centralisé (PCC) chargé de la direction et de l'exploitation de la ligne.

Ce site industriel est composé de différents ensembles fonctionnels susceptibles de générer des nuisances sonores dans l'environnement. Les ateliers de maintenance et les locaux et équipements techniques sont les sources sonores les plus bruyantes :

- A titre d'exemple, un atelier de maintenance peut accueillir un Tour en Fosses (matériel de maintenance des roues) présentant des niveaux sonores estimés autour de 95 dB(A) à 1 m, une station de nettoyage et/ou une station de lavage (77 à 90 dB(A) à 1 m), une ou plusieurs cabine(s) de peinture (87 à 100 dB(A) à 1 m) ;
- Les équipements de ventilation, également à l'origine d'émissions sonores dans l'environnement, seront équipés de dispositifs anti-bruit de type silencieux ou grilles acoustiques.

La localisation du site de maintenance, qui s'intègre dans une zone éloignée de tout bâtiment existant (>350m), permet de limiter de manière significative les nuisances sonores liées au fonctionnement de cette infrastructure.

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau, les activités se dérouleront en continu (jour et nuit). Les principales activités seront cependant réalisées à l'intérieur des bâtiments, ce qui limite ainsi les émissions sonores vers l'extérieur. En outre la zone est déjà très impactée par le bruit de la RD36 qui couvrira le bruit de l'activité.

Conclusions :

Dans la mesure où les dispositifs anti-bruit seront dimensionnés avec pour objectif de respecter les exigences de l'arrêté du 23 janvier 1997, **l'impact sonore relatif au fonctionnement du site de maintenance de Palaiseau est faible pour les bâtiments les plus proches dont le SIRTa pour le maintien de ses activités mais aussi la forêt Domaniale de Palaiseau.**

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

- **Choix du site d'implantation éloigné des habitations, sur un secteur à caractère industriel ;**
- **Construction d'un bâtiment insonorisé** pour assurer les activités de maintenance à l'intérieur sans que ces dernières génèrent des nuisances sonores pour les riverains ;
- **Confinement du bruit à l'intérieur des ateliers** à l'aide de panneaux absorbants pour respecter le confort des employés et réduire la transmission du bruit vers l'extérieur ;

- **Mise en place de traitements acoustiques pour réduire les niveaux de bruit** : il s'agit entre autres, de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques pour les groupes de ventilation, les extracteurs ou la ventilation naturelle des bureaux, ateliers et locaux techniques.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront nuls à faibles. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

MESURES DE SUIVI

Réalisation de mesures in situ du niveau de bruit, pour évaluer le respect des émissions sonores du SMR/SMI/PCC dans les secteurs les plus sensibles. Dans le cas de dépassement, un réajustement des dispositifs de protection permettra l'atteinte des valeurs limites.

8.5.8.10 Impacts du projet sur le réseau viaire

A l'échelle de l'Ile-de-France, la mise en exploitation de la Ligne 18 a pour conséquence une diminution du trafic sur les grands axes routiers, soit une réduction du bruit routier, ce qui constitue un impact à priori positif pour l'environnement sonore.

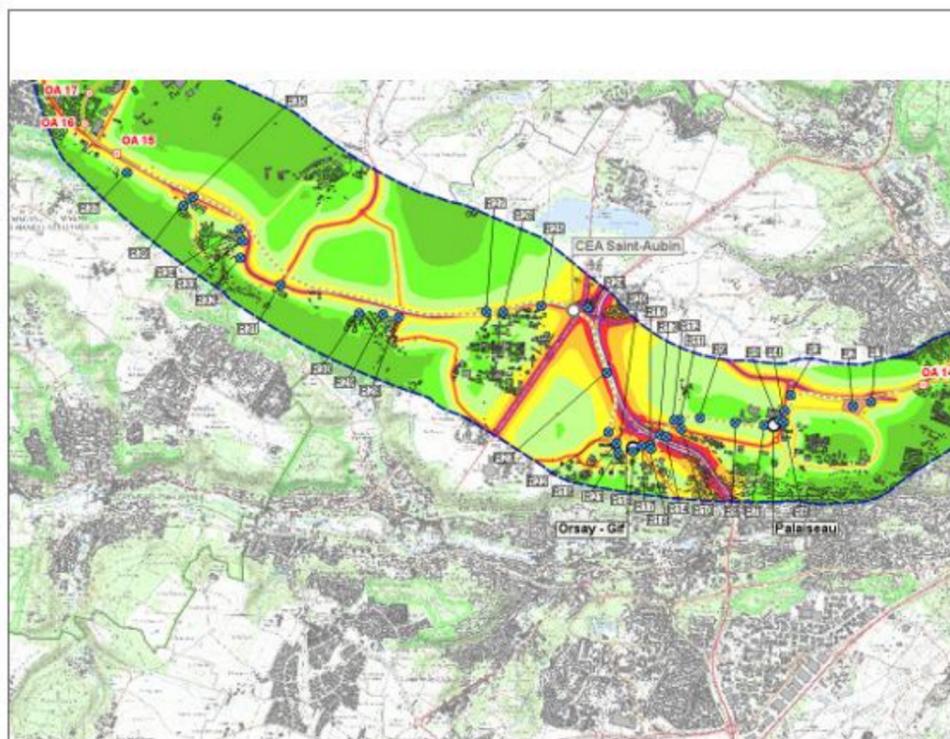
Néanmoins, il faut une variation de plus de 30% du trafic pour faire varier les niveaux sonores de 1 dB(A), ce qui n'est pas, sauf exception, de l'ordre des variations de trafic prévues sur les grands axes routiers.

Compte tenu qu'une différence de niveau sonore inférieure à 1 dB(A) est inaudible pour l'oreille humaine, cela signifie que le projet n'aura pas d'impact sonore perceptible par la population sur le bruit routier à l'échelle de l'Ile-de-France.

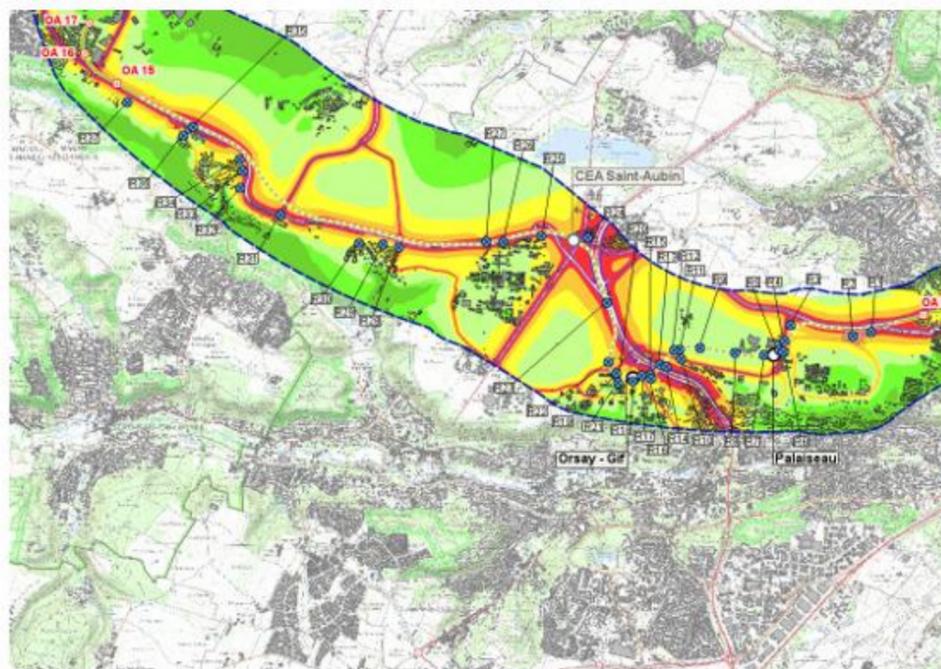
A l'échelle de la Ligne 18, la modélisation acoustique réalisée avec bruit routier permet de comparer l'évolution du bruit ambiant (hors avions) entre la situation actuelle 2015 et la situation de référence 2030 qui prend en compte les variations de trafic engendrées par le projet du Grand Paris Express dans son ensemble mais également l'évolution de trafic naturelle et le charroi induit par les projets prévus dans le fuseau, notamment la réalisation de l'infrastructure multimodale RD36, le prolongement de la construction du TCSP ainsi que les développements des ZAC Polytechnique et du Moulon.

Les cartes de bruit issues du modèle acoustique ainsi que les résultats aux points de référence (hauteur 4 m) sont présentées et analysées ci-après.

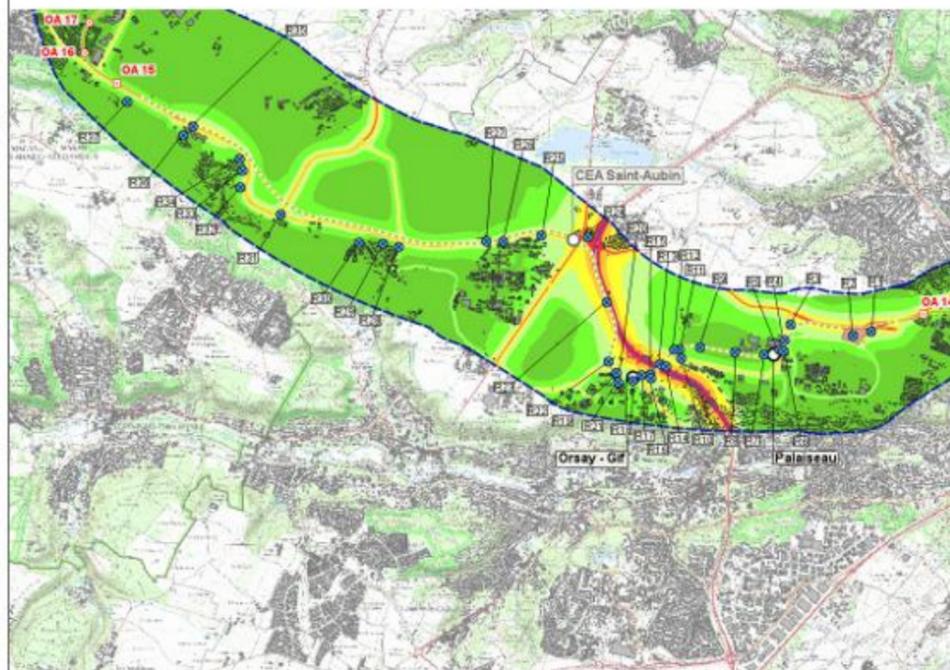
Comparaison entre les cartes de bruit routier établies pour la situation existante et la situation 2030 de référence (hors métro) - Ligne 18



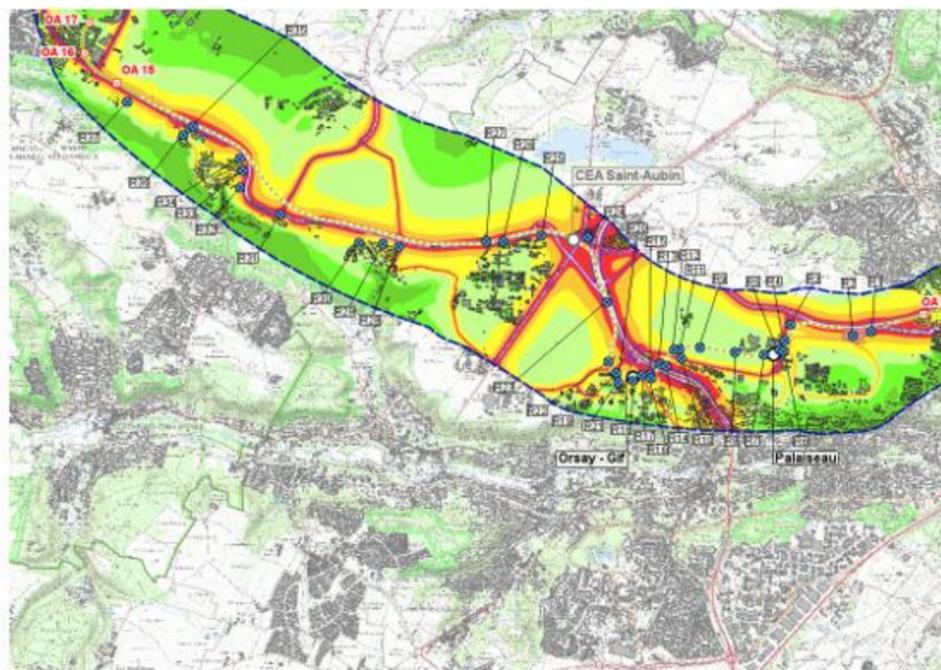
Carte de bruit routier situation existante (hors métro) - période de jour (6 - 22h)



Carte de bruit routier situation projetée (hors métro) - période de jour (6 - 22h)



Carte de bruit routier situation existante (hors métro) - période de nuit (22 - 6h)



Carte de bruit routier situation projetée (hors métro) - période de nuit (22 - 6h)

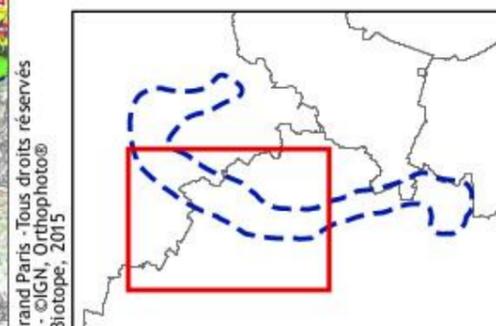
Grand Paris Express

Ligne 18 entre Aéroport d'Orly et Versailles Chantiers

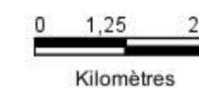
- Section souterraine
- Section aérienne en viaduc
- Gare de la Ligne 18
- Gare hors périmètre d'enquête
- Ouvrage Annexe (OA)
- Puit de sortie de tunnelier (ouvrage annexe après travaux)
- Site de maintenance
- ▭ Fuseau d'étude
- ⊗ Point récepteur

Niveau sonore dB(A)

- < 45
- 45 - 50
- 50 - 55
- 55 - 60
- 60 - 65
- 65 - 70
- 70 - 75
- > 75



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Orthophoto®
Cartographie : Biotopo, 2015



Le tableau suivant présente la différence des niveaux sonores calculés entre la situation existante et la situation prévisible en 2030 (référence).

Comparaison niveaux sonores en situation existante et en situation 2030 de référence – hors métro Ligne 18 (ASM Acoustics)

Secteur concerné	Point de référence (hauteur 4m)	Niveau de bruit calculé situation existante en dB(A)		Niveau de bruit calculé de référence (hors métro) en dB(A)		Différence	
		LAeq jour (6h – 22h)	LAeq nuit (22h – 6h)	LAeq jour (6h – 22h)	LAeq nuit (22h – 6h)	Jour (6h – 22h)	Nuit (22h – 6h)
Palaiseau / Ecole Polytechnique	R1	59,2	55,8	67,7	61,5	8,5	5,7
	R2	56,4	53,2	63,4	57,9	7	4,7
	R3	58,8	52,3	63,1	56,6	4,3	4,3
	R4	63,9	54,3	67,1	58,6	3,2	4,3
	R5	62,6	53,2	65,9	57,6	3,3	4,4
	R6	63,6	54,1	66,9	58,4	3,3	4,3
	R7	51,2	44,8	54,2	48,3	3,0	3,5
Future ZAC polytechnique	R8	49,5	43,3	51,6	46	2,1	2,7
	R9	49,9	43,4	51,9	45,9	2,0	2,5
Domaine de Corbeville	R10	68,8	58,7	69,5	60,6	0,7	1,9
	R11	53,7	47	54,5	48,2	0,8	1,2
	R12	55,1	48,0	56,0	49,5	0,9	1,5
	R13	71	64,2	71,7	64,9	0,7	0,7
	R14	70,6	63,5	71,3	64,2	0,7	0,7
Orsay-Gif / Centre universitaire / ZAC du Moulon	R15	63,5	57,3	64,3	58,1	0,8	0,8
	R16	61,1	55,5	61,9	56,2	0,8	0,7
	R17	67,4	62,5	68,5	61,5	1,1	-1,0
	R18	56,5	50,5	57,5	51,6	1,0	1,1
	R19	57,3	51,2	58,3	52,4	1,0	1,2
	R20	58,2	52,0	59,2	53,1	1,0	1,1
	R21	55,9	48,6	56,9	50,4	1,0	1,8
	R22	57,7	51,9	58,7	53,1	1,0	1,2
Saclay / le long RN118	R23	75,0	67,9	76,3	69,2	1,3	1,3
	R24	68,3	61,6	68,8	62,4	0,5	0,8
Saclay / CEA	R25	61,7	53,6	65,5	57,8	3,8	4,2
	R26	66,6	57,5	75	66,5	8,4	9,0
	R27	67,9	58,9	76,4	67,9	8,5	9,0
Villiers le Bâcle / agglomération	R28	57,2	47,3	61,8	55	4,6	7,7
	R29	50,2	42,6	57	50,7	6,8	8,1
	R30	49,2	42,5	56,9	50,9	7,7	8,4
Villiers le Bâcle / RD938	R31	68,2	59,8	75,7	67,7	7,5	7,9
Châteaufort / agglomération	R32	55,9	48,7	62,6	56,1	6,7	7,4
	R33	57,5	50,4	64,3	57,7	6,8	7,3
	R34	53,3	46	60,1	53,2	6,8	7,2
Magny les Hameaux / Le Bois des Roches	R35	70,0	61,7	77,6	68,9	7,6	7,2
	R36	61,4	43,9	62,2	52,5	0,8	8,6
Magny les Hameaux / Le Mérentais	R37	54,7	46,2	61,3	53,4	6,6	7,2

Le tableau ci-dessus montre que l'augmentation des niveaux sonores de la situation de référence (2030) par rapport à la situation existante est significative au niveau de la gare Palaiseau (R3 à R9) avec des augmentations de niveaux de bruit routiers attendus de 2 à 5 dB(A) car l'implantation de la gare va induire une augmentation importante du trafic routier dans cette zone qui est à l'heure actuelle plutôt calme.

Les hypothèses de trafic à l'horizon 2030 prévoient une forte augmentation du trafic routier sur la route RD36 qui sera totalement réaménagée avec l'insertion d'un site propre pour bus. Mais cette augmentation est plus provoquée par le projet connexe que par la réalisation du métro du Grand Paris (voir aussi chapitre des impacts cumulés).

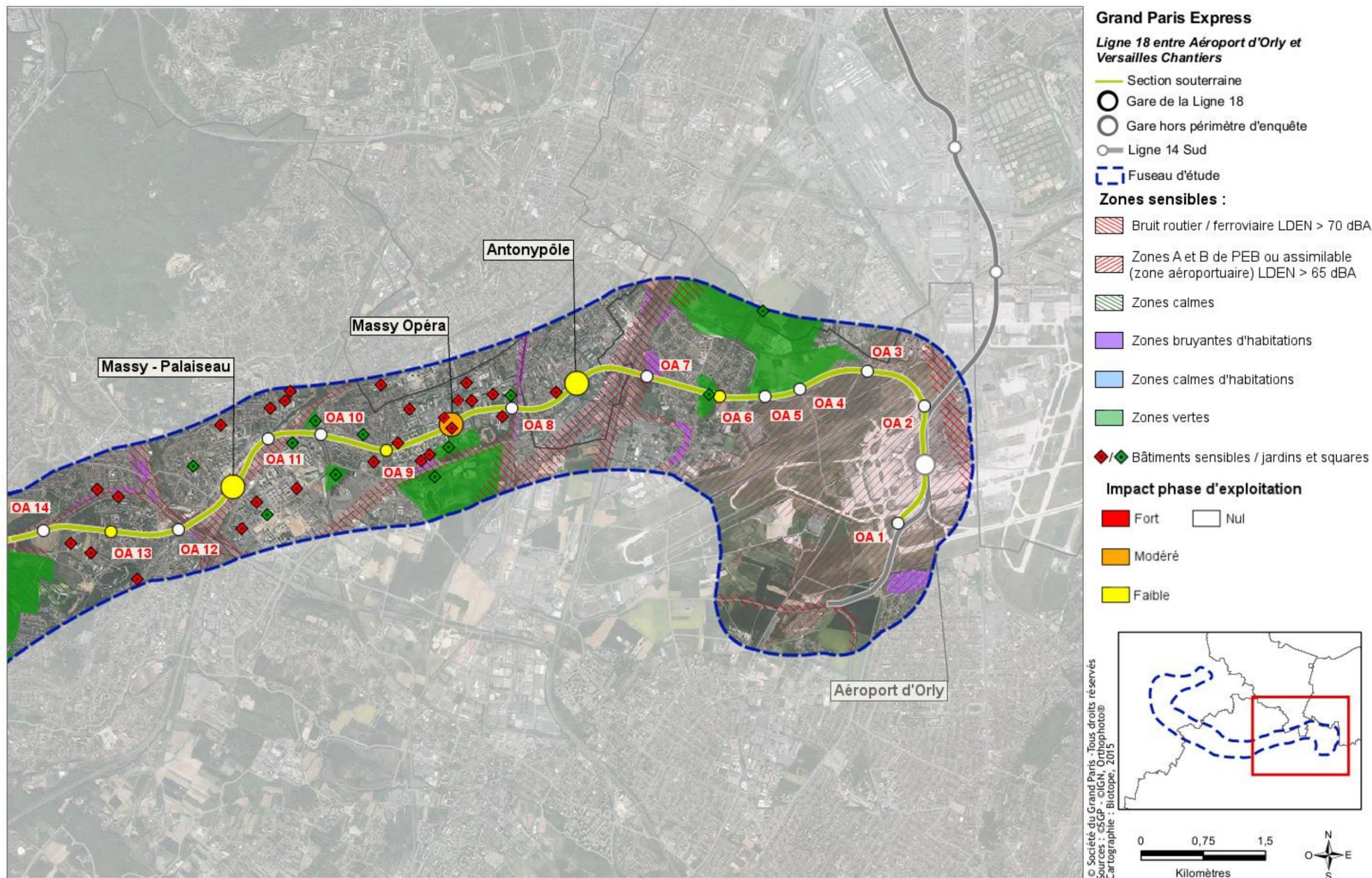
A Saclay et à Orsay (R10 à R24) en revanche le bruit routier évoluera peu avec des variations de l'ordre de 1 dB(A) à prévoir, soit un impact négligeable car inaudible pour l'oreille humaine

8.5.8.11 Synthèse des impacts de la phase d'exploitation

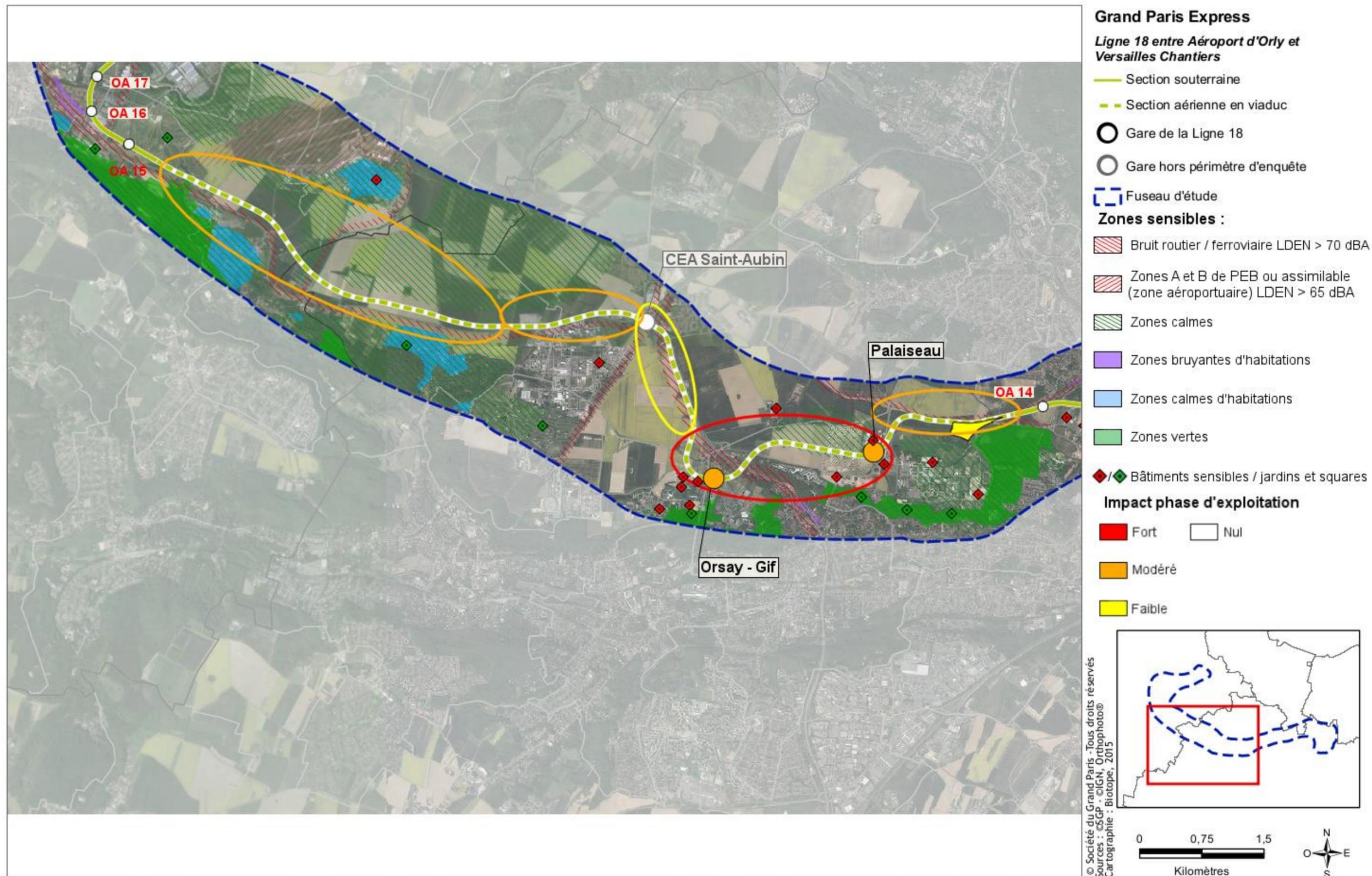
Les cartes ci-après croisent les impacts sonores identifiés en phase exploitation au regard des points ci-dessus avec les zones sensibles localisées lors de l'analyse de l'état initial (pièce G1).

Enfin les points de références où une non-conformité ou un risque de non-conformité par rapport à la contribution sonore du métro au niveau de la section aérienne de la Ligne 18 Palaiseau-Magny les Hameaux sont également représentés sous forme de carte en toute fin du présent chapitre.

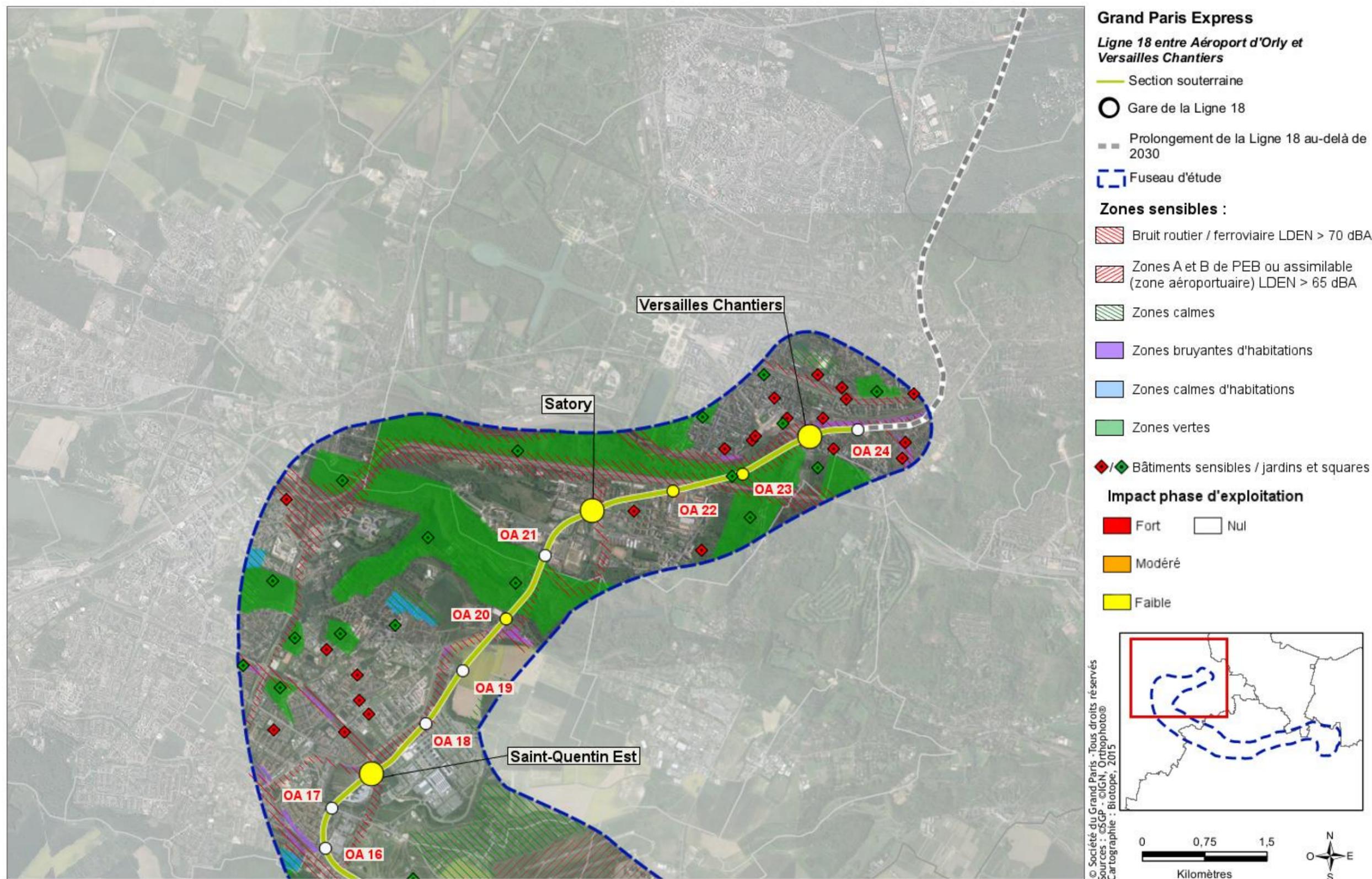
Synthèse des impacts sonores liés à la phase d'exploitation sur les zones sensibles identifiées – Section Orly - Palaiseau



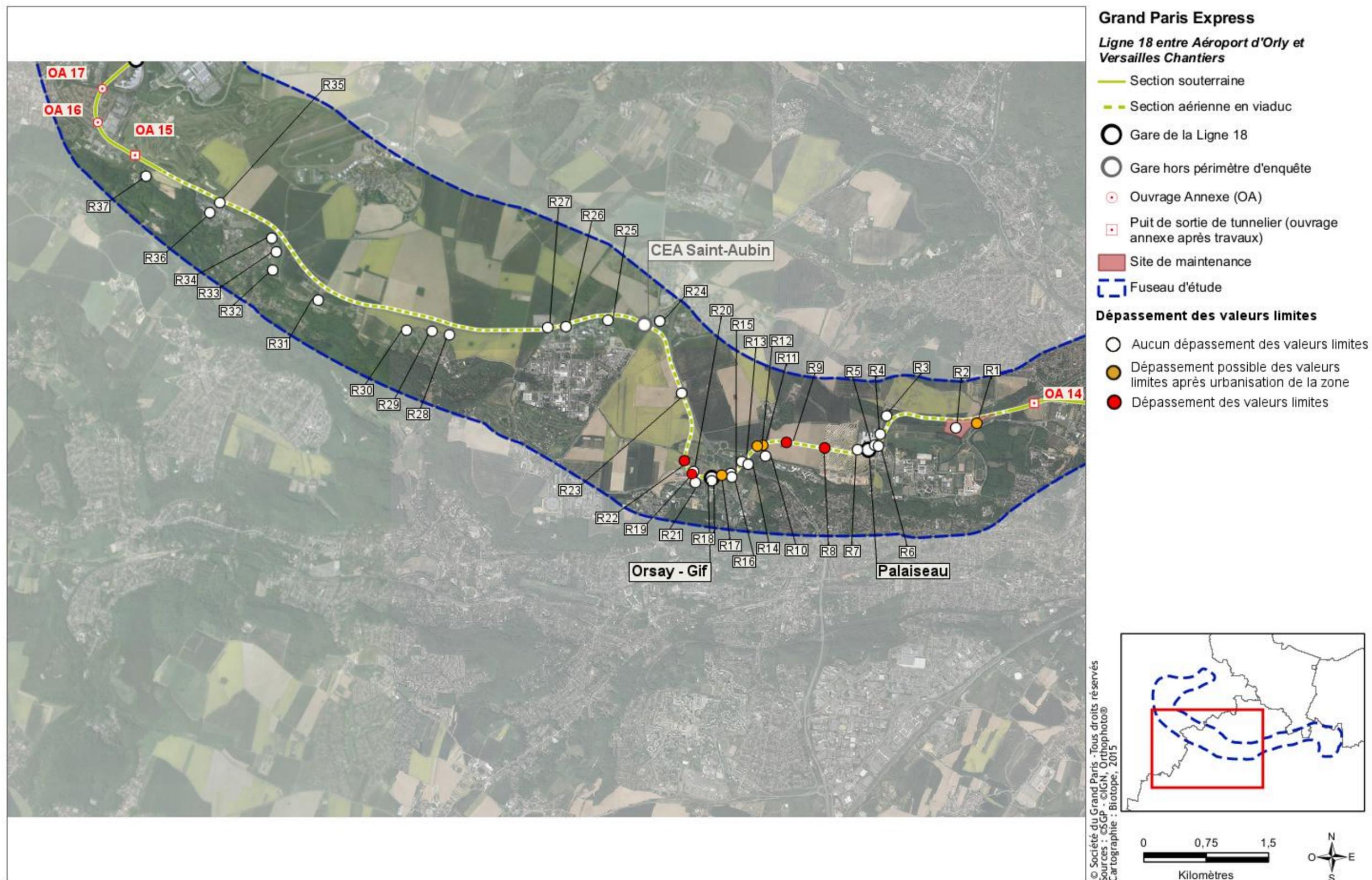
Synthèse des impacts sonores liés à la phase d'exploitation sur les zones sensibles identifiées – Section Palaiseau – Magny-les-Hameaux



Synthèse des impacts sonores liés à la phase d'exploitation sur les zones sensibles identifiées – Section Magny-les-Hameaux - Versailles



Synthèse des non-conformités ou risque de non-conformités (après urbanisation des zones) relatives au bruit généré par le métro - Secteur Magny-les-Hameaux - Versailles



8.5.9. Synthèse des impacts et mesures concernant le bruit

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Ensemble des gares et ouvrages de ventilation	<p>Phase chantier : Nuisances sonores temporaires engendrées par les activités de chantier</p> <p>Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée à l'exploitation des gares et aux équipements techniques (OA et Gares)</p>	<p>Phase chantier (mesures générales) : Méthodes constructives de parois moulées Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux Adapter l'organisation des zones de chantier Au besoin : Traitement acoustique des sources (Capotages, silencieux, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.)</p> <p>Phase exploitation: Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores Isolation des équipements techniques (Capotages, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.) Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit Élaboration d'une charte architecturale Concertation avec les acteurs locaux Aménagement de pôles bus et réaménagement des liaisons bus</p>	<p>Phase chantier : Impact fort pour les gares et ouvrages annexes situés à Antony, Massy, Palaiseau ainsi que localement à Guyancourt (OA16 et OA17) et Versailles en raison de la forte urbanisation des zones et la proximité des chantiers avec des riverains et/ou d'établissements sensibles, notamment à Massy-Opéra</p> <p>Impact faible à modéré pour les autres ouvrages</p> <p>Phase exploitation : impact nul à faible pour la majorité des gares et ouvrages annexes à l'exception des gares de Massy-Opéra, Palaiseau et Orsay-Gif où l'impact est modéré</p>	/	<p>Phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers Au besoin : monitoring pour les chantiers les plus sensibles</p> <p>Phase exploitation: Mesures in situ du niveau de bruit</p>	<p>Phase chantier : <u>Mesures d'évitement :</u> intégré au coût global des travaux <u>Ecran anti-bruits et capotages :</u> 200 à 400 euros /m² <u>Silencieux :</u> De 800 à 4 000 euros l'unité <u>Antivibratiles :</u> Dépend de la performance souhaitée, à partir de 30 euros / plot anti-vibratiles <u>Plan de communication et monitoring éventuel :</u> Intégré au coût des travaux</p> <p>Phase exploitation: <u>Mesures d'évitement :</u> intégré au coût global des travaux <u>Ecran anti-bruits et capotages :</u> 200 à 400 euros /m² <u>Silencieux :</u> De 800 à l'unité pour des petits silencieux jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'euros pour un silencieux de puits de ventilation. (le coût est très variable selon la taille de la section et la longueur des baffles)</p>
Site de maintenance de Palaiseau	<p>Phase chantier : Nuisances sonores temporaires engendrées par les activités de chantier</p> <p>Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée à l'exploitation du site de maintenance</p>	<p>Phase chantier : Choix d'un site éloigné des riverains actuel, en zone agricole et fortement impacté par le bruit (A126 / RD36) Choix d'un site proche d'axes routiers importants pour l'évacuation des déblais Mesures générales</p> <p>Phase exploitation: Insonorisation du bâtiment pour réduire le bruit émis généré par le site mais aussi protéger les travailleurs du bruit routier extérieur Conception de la structure des ateliers et locaux techniques pour contenir les nuisances sonores Isoler les équipements techniques</p>	<p>Phase chantier : Impact modéré</p> <p>Phase exploitation : Impact faible</p>	/	<p>Phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers</p> <p>Phase exploitation: Mesures in situ du niveau de bruit</p>	<p><u>Ecran anti-bruits et capotages :</u> 200 à 400 euros /m² <u>Silencieux :</u> De 800 à l'unité pour des petits silencieux jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'euros pour un silencieux de puits de ventilation. (le coût est très variable selon la taille de la section et la longueur des baffles)</p>
Sections souterraines (Aéroport d'Orly-Palaiseau et Magny-Les Hameaux - Versailles-Chantiers)	<p>Phase chantier : Nuisances sonores ponctuelles engendrées par les activités de chantier</p>	<p>Phase chantier : Creusement au tunnelier Choix de sites pour le départ des tunneliers éloignés des riverains, en zone agricole ou économique et fortement impactés par le bruit Choix de sites proche d'axes routier important pour l'évacuation des déblais</p>	<p>Phase chantier : Impact nul pour le creusement au tunnelier Impact modéré à fort pour les 2 puits de départs tunnelier</p>	/	<p>Phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers</p>	<p><u>Antivibratiles :</u> Dépend de la performance souhaitée, à partir de 30 euros / plot anti-vibratiles</p>

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Section aérienne du tracé – Palaiseau – Magny-Les Hameaux	Phase chantier : Nuisances sonores ponctuelles engendrées par les activités des chantiers relatifs au viaduc et aux tranchées ouvertes	Phase chantier : Travail avec des éléments préfabriqués en vue de réduire la durée des chantiers pour réduire durée de chantier et les impacts sur la circulation routière Choix de sites proche d'axes routier important pour l'évacuation des déblais Choix de secteurs déjà très impactés par le bruit (RN118, RD36, RD128 et RD306)	Phase chantier : Impact faible le long de la RN118 à Saclay Impact modéré entre la gare du CEA et Magny-les Hameaux, notamment des zones pavillonnaires de Villiers-le-Bâcle et de Châteaufort. Impact fort entre la gare Palaiseau et Orsay-Gif en raison de la présence d'établissements scolaires ou de recherche et des développements urbains en cours	/	Phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers Au besoin : monitoring pour les chantiers les plus sensibles Phase exploitation: Mesures in situ du niveau de bruit	
Section de transition entre le tunnel et le viaduc à Palaiseau	Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros Risque de non-respect des exigences réglementaires	Phase exploitation: Intégration de la ligne le long de l'A126 puis de la RD36	Phase exploitation: Impact modéré car le bruit des routes masquera en partie le bruit des métros mais la zone est proche de la forêt Domaniale de Palaiseau à protéger du bruit et du développement de la zone prévu			
Section en viaduc – Gare Palaiseau jusqu'à secteur d'Orsay-Gif	Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros sur le viaduc Risque de non-respect des exigences réglementaires		Phase exploitation: Impact fort car la zone est calme et le développement actuel de la ZAC polytechnique et du Moulon implique la construction de bâtiments (dont des logements) à toute proximité du viaduc. Les valeurs réglementaires risquent d'être dépassées et les niveaux sonores vont augmenter fortement			
Section en viaduc – Secteur Orsay-Gif	Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros sur le viaduc Risque de non-respect des exigences réglementaires	Phase exploitation Intégration de la ligne en zone agricole et assez impactée par le bruit routier, notamment la RN118	Phase exploitation: Impact fort car le développement actuel de la zone universitaire implique la construction de bâtiments (dont des logements) à toute proximité du viaduc. Les valeurs réglementaires risquent d'être dépassées et les niveaux sonores vont augmenter de manière significative		Phase exploitation: Mesures in situ du niveau de bruit	
Section en viaduc – Secteur Saclay	Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros sur le viaduc	Phase exploitation Intégration de la ligne le long de la RN118 puis de la RD36 Intégration de la ligne en zone actuellement agricole éloignée des riverains et assez impactée par le bruit routier, notamment la RN118	Phase exploitation: Impact faible car le bruit de la RN118 masquera en partie le bruit des métros et les riverains sont éloignés hormis quelques habitations observées aux abords de la gare du CEA			
Section en viaduc – Saclay-Magny--les Hameaux	Phase exploitation : Augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros	Phase exploitation: Intégration de la ligne le long de la RD36 Intégration de la ligne en zone agricole et éloignée des riverains d'au moins 120m	Phase exploitation: Impact modéré car la zone est particulièrement calme et la ligne est très proche du golf de Guyancourt. La zone Natura 2000 (Massif de Rambouillet) sera cependant peu impactée car assez éloigné du viaduc et le bruit de la RD36 masquera en partie le bruit des métros.			

Légende : Impact résiduel nul/négligeable | Impact résiduel faible | impact résiduel modéré | Impact résiduel fort | Impact résiduel positif

8.6. Vibrations

Ce chapitre fait suite à l'analyse de l'état vibratoire initial qui a permis d'identifier les zones et/ou singularités à enjeux potentiels sur le territoire traversé par la Ligne 18.

L'objectif est d'évaluer en phase exploitation et en phase construction, l'impact vibratoire du projet sur :

- les occupants proches du tracé, vis-à-vis de la perception tactile des vibrations mais aussi de la perception auditive d'un bruit rayonné, dit bruit solidien ;
- les structures même des bâtiments situés le long du tracé ;
- le fonctionnement d'équipements sensibles aux vibrations.

Ce chapitre comprend une analyse des réglementations et des valeurs limites applicables ainsi qu'une présentation de la nature des impacts du projet. L'évaluation des impacts au regard des valeurs cibles retenues et les résultats des modélisations sont ensuite présentés et suivis d'une revue des mesures d'accompagnement envisagées à ce stade du projet.

8.6.1. Rappel des enjeux

L'analyse des différents paramètres susceptibles d'avoir une incidence sur la sensibilité vibratoire du territoire en termes de perception des vibrations et du bruit solidien par les riverains et de risque pour le bâti, a été effectuée lors de l'étude d'état initial, en recensant :

- la présence ou non d'habitants et le type de bâtiment ;
- la présence ou non d'établissement sensibles type monuments historiques, hôpitaux...
- la présence de singularité type carrières et réseaux et/ou ouvrages enterrés.

Cette analyse a conduit à la production de cartes permettant de visualiser ces différents éléments :

- selon les données d'occupation des sols, les zones caractérisées par des « enjeux forts » en termes de bâtiments d'habitation ne couvrent que le 9% du fuseau d'étude. Ces zones sont caractérisées par la présence de petits bâtiments, particulièrement sensibles aux vibrations transmissibles via le sol ;
- dix-sept monuments historiques ont été identifiés dans le fuseau d'étude. Par contre, seulement deux d'entre eux se trouvent à proximité immédiate de la zone de passage préférentiel du tracé. Les enjeux associés à cet aspect peuvent être retenus comme forts ;
- concernant les autres établissements sensibles, plusieurs établissements d'enseignements sont positionnés dans le secteur d'étude, dans certains cas à l'intérieur de la zone de passage préférentiel du tracé. Les enjeux associés à cet aspect peuvent être retenus comme forts ;

- concernant le CEA de Saclay et le secteur de Polytechnique à Palaiseau, des indications concernant les niveaux de vibration existants et des seuils à respecter en fonction de la typologie des équipements installés sont données dans cette étude. Un recensement plus fin des bâtiments et des équipements sensibles aux vibrations à l'intérieur de ces périmètres sera réalisé, afin de mieux évaluer les enjeux associés.

8.6.2. Description des mécanismes à l'origine des vibrations liées à l'exploitation du métro de la Ligne 18

L'étude des vibrations et de leurs effets nécessite la prise en compte de trois éléments :

- la source : élément produisant les ondes ;
- le vecteur : élément parcouru par l'onde ;
- la cible : élément sur lequel vont être étudiés les effets des vibrations.

Dans le cadre de l'exploitation d'un métro, la **source** des vibrations provient de l'interaction dynamique entre le véhicule (le train) et la voie ferrée. Ces vibrations se transmettent à l'infrastructure (structure du tunnel, pile de viaduc) et au sol par couplage mécanique, puis se propagent dans le sol jusqu'aux fondations des bâtiments alentours, causant la mise en vibration de ces bâtiments.

Les **vecteurs** sont donc les suivants :

- l'assise de la voie et l'infrastructure de support de la voie (tunnel ou viaduc) ;
- le sol et ses différentes couches géologiques ;
- les fondations des bâtiments présents à proximité.

Les **cibles** correspondent au bâti ou aux individus qui peuvent ressentir les vibrations de manière tactile, ou sous la forme d'un bruit sourd (bruit solidien ou bruit transmis par le sol). En effet, lorsque les vibrations se transmettent à la structure des bâtiments (via des fondations par exemple), il peut y avoir alors émission de bruit généré par la mise en vibration d'éléments de la structure du bâtiment. Ce bruit correspond au **bruit dit solidien**. Ce bruit est généralement plus ressenti pour les voies souterraines que pour les voies en surface, puisqu'il n'est pas masqué par le bruit dit aérien émis directement au passage du train et se propageant dans l'air jusqu'aux fenêtres des bâtiments sans intermédiaire.

Le schéma suivant résume les différentes étapes de génération et de transmission par le sol des bruits et vibrations induits par un système de transport ferroviaire souterrain et en viaduc.

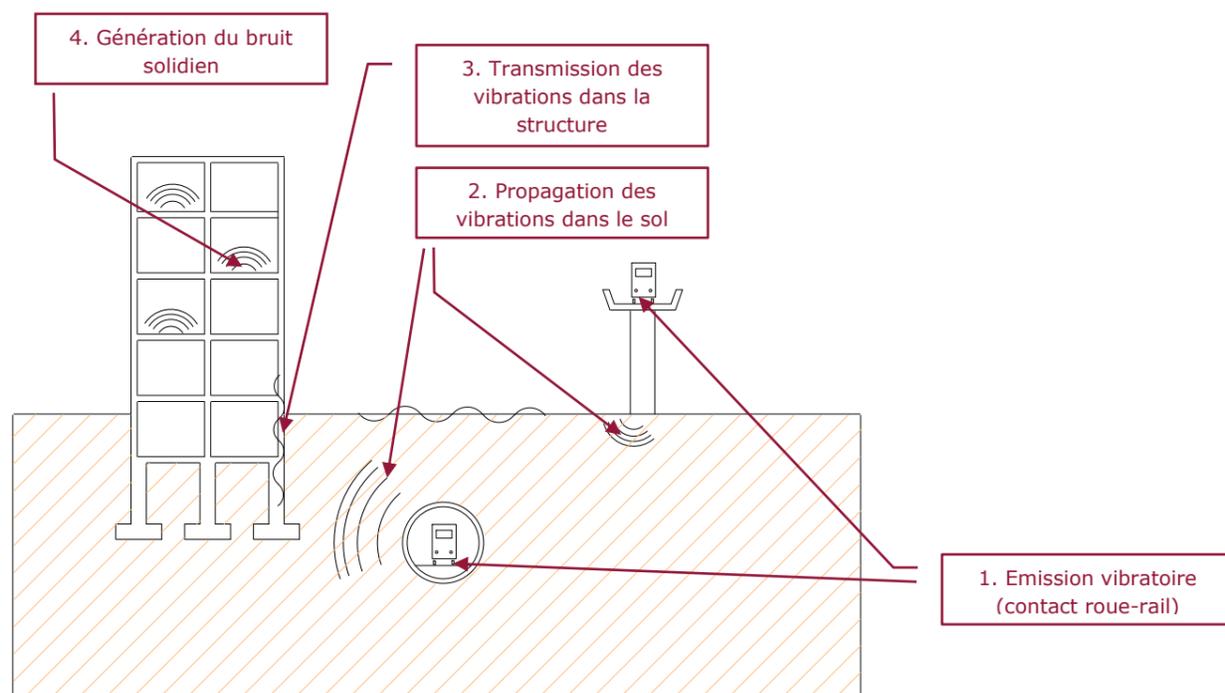


Schéma de principe des phénomènes de transmission vibrations et bruit solidien

Émission :

En phase exploitation, les vibrations proviennent des mécanismes d'interaction entre le matériel roulant et la voie dans la zone de contact roue/rail. Le déplacement imposé par les irrégularités des surfaces de roulement des rails et des roues, du déplacement des charges des essieux et de la variation de la raideur de la voie (dans le cas de systèmes d'attache discrets du rail) conduit à des efforts dynamiques. La vibration de la voie et par extension ses performances en terme d'atténuation vibratoire dépendent donc des propriétés dynamiques du matériel roulant. Ces efforts dynamiques au contact génèrent un mouvement vibratoire des composants de voie se transmettant à la structure de l'infrastructure.

Pour un même niveau d'effort, les niveaux vibratoires au niveau du radier et des parois du tunnel dépendent des propriétés géométriques et mécaniques de la structure du tunnel mais également des caractéristiques mécaniques du sol auquel le tunnel est couplé. Plus le sol est meuble et peu dense, plus les phénomènes vibratoires au niveau de la structure du tunnel et en aval dans le sol seront importants (tous paramètres égaux par ailleurs).

Propagation :

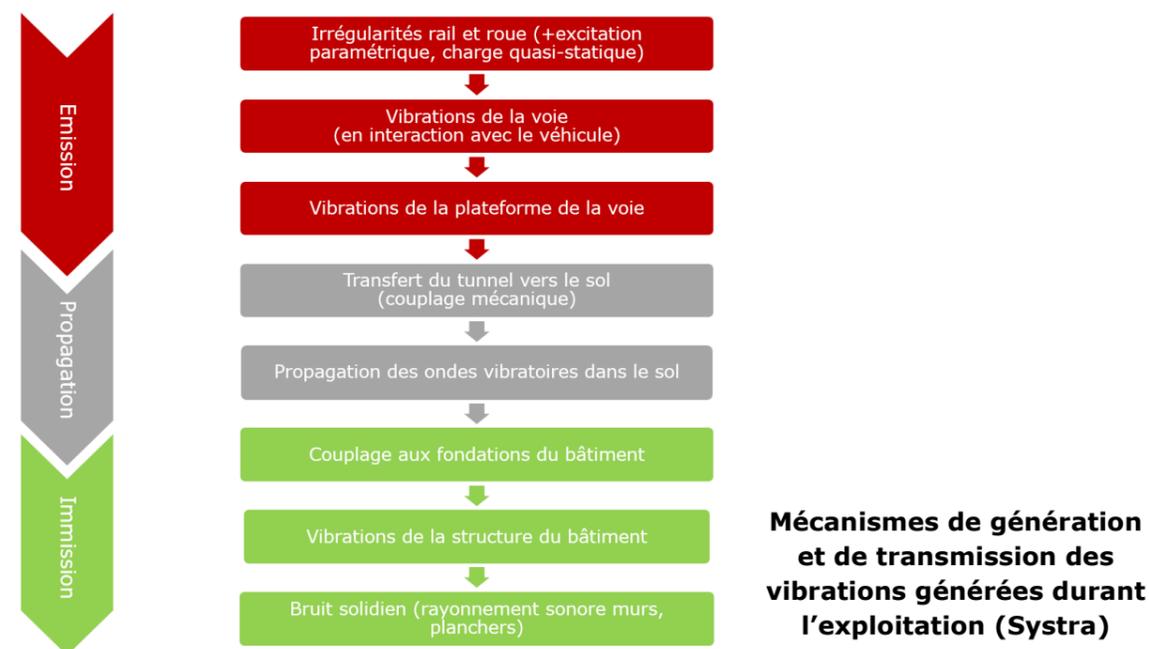
Les vibrations transmises au sol vont se propager sous forme d'ondes (de compression et de cisaillement) jusqu'à atteindre les fondations d'un bâtiment (propagation). Cette étape de modélisation correspond à l'étude du transfert vibratoire de l'infrastructure vers le sol. À chaque interface entre deux couches géologiques, les ondes vont en partie transmettre aux couches supérieures, l'autre partie de l'énergie étant réfléchi.

Immission :

Une partie des niveaux vibratoires va se transmettre aux fondations par effet de couplage mécanique : le couplage sera d'autant plus faible que le sol sera meuble. Les vibrations se propagent enfin au sein de la structure du bâtiment et excitent les modes de flexion principaux des planchers, se traduisant par un effet d'amplification vibratoire. Une partie de l'énergie vibratoire des planchers et murs est ensuite convertie en bruit par effet de rayonnement acoustique (réception).

Les niveaux de vibrations attendus sont fonction des paramètres suivants :

- les caractéristiques du matériel roulant, notamment la masse non suspendue (masse en contact direct avec le rail et la raideur des suspensions primaire (entre les essieux et la structure du bogie), sa vitesse ;
 - l'état de rugosité des tables de roulement des rails et des roues. Ce sont en effet les micros défauts des surfaces de roulement dans la zone de contact entre les roues et le rail qui sont majoritairement à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des voies et/ou des roues, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés que ceux annoncés dans cette étude. Le niveau de rugosité considéré ici correspond à un état d'usure moyen des rails et des roues ;
 - le système de pose des voies qui intègre un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cadre du projet, il est prévu la mise en place systématique d'une semelle souple entre le rail et la plate-forme ;
 - la profondeur du tunnel ;
 - les conditions de propagation dans le sol, dépendant des caractéristiques mécaniques des couches géologiques entre la base du tunnel et les fondations des bâtiments concernés ;
- les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.



Ainsi, la circulation de la Ligne 18 peut avoir une incidence vibratoire de deux types :

- **apparition de vibrations directes dans le sol et les structures**
- **apparition d'un bruit solidien induit au niveau des zones occupées**

8.6.3. Méthodologie et stratégie de maîtrise des vibrations en phase exploitation

La Société du Grand Paris mettra en place un dispositif de contrôle des risques de nuisances liés aux bruits et vibrations transmis par le sol en phase exploitation : **le Plan de management des bruits et vibrations.**

Ce dispositif ou plan de management prévoira notamment les éléments suivants :

- la définition des métriques et de valeurs cibles permettant d'évaluer l'exposition des riverains aux vibrations et aux bruits solidiens transmis par le sol en se basant sur les travaux de normalisation et de recherche les plus récents ;
- l'identification des bâtiments sensibles et dimensionnants par zone (bâtiment représentatif d'une zone de quelques dizaines à quelques centaines) ;
- la réalisation de campagnes de mesures sur site afin de caractériser les propriétés des sols (caractéristiques mécaniques des couches géologiques) selon les méthodes de l'état de l'art, et ainsi alimenter les modèles de simulations avec des données fiables ;
- la caractérisation des fonctions de transfert vibratoires entre le sol et les fondations de bâtiments, par des procédés numériques et/ou expérimentaux (sur site) ;
- la réalisation de nouvelles simulations dans des bâtiments sélectionnés *a priori* sensibles ;
- la réalisation de mesures de transfert vibratoire après construction du tunnel (vide) et au niveau du viaduc ;
- la réalisation de mesures vibratoires *in situ* en conditions de marche à blanc.

Un éventuel organisme indépendant de second regard qui contrôlerait la pertinence du plan de management et de l'ensemble des travaux d'essais et de simulations menés au cours des phases successives du projet et listés plus haut pourrait être mis en place.

8.6.4. Contexte réglementaire et valeurs cibles

En France, il n'existe pas de réglementation relative aux infrastructures ferroviaires, fixant des seuils ou valeurs limites permettant de limiter l'exposition des riverains aux vibrations et bruit solidien réémis à l'intérieur des bâtiments.

Toutefois, la Société du Grand Paris s'engage à maîtriser les risques d'impact vibratoire en définissant des valeurs cibles.

Les grandeurs physiques utilisées pour évaluer l'exposition aux bruits et vibrations transmis par le sol sont :

- le niveau de vitesse particulière $L_{vmax,S}$ mesuré ou simulé dans la partie centrale du plancher. Il s'agit du niveau global en dB réf. 5×10^{-8} m/s, non pondéré, calculé sur l'ensemble des bandes de tiers d'octave de 8 à 80 Hz. L'indice « S » indique l'application de la constante de temps normalisée Slow (durée de 1 sec). Ce descripteur est recommandé par le groupe de normalisation ISO/TC108/SC2 ;
- le niveau de pression acoustique L_{pASmax} lié au bruit solidien, calculé sur les bandes de tiers d'octave de 16 Hz à 250 Hz et exprimé en dB réf. 2×10^{-5} Pa avec une pondération A.

8.6.4.1 Gêne des occupants par perception tactile des vibrations

Comme précisé précédemment, il n'existe pas de valeur limite réglementaire permettant d'évaluer et limiter les risques de gêne liés à la perception tactile des vibrations transmises par le sol dans les bâtiments et générées par les infrastructures ferroviaires.

La définition de valeurs cibles est cependant nécessaire. Le choix des indicateurs et valeurs cibles repose principalement sur :

- les recommandations du guide de la Federal Transit Administration (FTA) « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques, qui propose des valeurs seuils en s'appuyant sur des enquêtes à grande échelle étudiant la relation entre les niveaux d'exposition et les effets sur les individus. L'indicateur utilisé est le niveau de vitesse particulière non pondérée L_{vSmax} (mesurés avec la constante de temps Slow de 1 seconde) sur la bande 8-80 Hz ;

Ce descripteur est recommandé par le groupe de normalisation ISO/TC108/SC2 WG8 dans le cadre du projet de norme ISO 14837-31 ;

- la norme ISO2631-2 relative à « l'évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps », version 1989. Ces valeurs, bien que disparues dans la version de 2003, sont très souvent utilisées en France (en l'absence de norme nationale ou texte réglementaire spécifique), mais également en Suède et aux Etats-Unis comme mentionné dans les résultats du projet de recherche Européen RIVAS.

Le projet RIVAS (pour Railway Induced Vibration Abatement Solutions) est un programme européen de R&D regroupant 27 acteurs et qui a permis d'aboutir en 2013 à un certain nombre de documents consultables sur le site internet. Ce projet traite des risques liés à l'apparition de vibrations et bruit d'origine solidien lors de l'exploitation de lignes ferroviaires. Il a notamment produit une revue complète des normes nationales, textes réglementaires ainsi que des normes internationales et guides. Les méthodes, résultats et analyses font consensus et constituent à ce jour une référence sans équivalent en Europe.

Ces valeurs sont en fait identiques pour toutes les bandes 1/3 octaves entre 8 et 80 Hz et s'appliquent au niveau du plancher de la zone considérée, au centre de la pièce, selon un axe vertical.

Classe de bâtiment selon activité	Evénements peu fréquents	Evénements occasionnels	Evénements fréquents
Bâtiment avec activités sensibles	59 dB (0,045 mm/s)	59 dB (0,045 mm/s)	59 dB (0,045 mm/s)
Résidences et bâtiments où les gens dorment	66 dB (0,1 mm/s)	69 dB (0,14 mm/s)	74 dB (0,25 mm/s)
Bâtiments avec activités de jour (écoles, églises, bureaux calmes...)	69 dB (0,14 mm/s)	72 dB (0,2 mm/s)	77 dB (0,35 mm/s)

Valeurs cibles de vitesse particulière non pondérée L_{vSmax} en dBV et mm/s au centre du plancher, sur la bande 8-80 Hz (FTA)

L'ensemble de ces valeurs cibles est à considérer en appliquant la marge d'erreur courante en mesure qui est de 3 dBV. Cela signifie dans le cas d'un logement exposé aux vibrations du métro (fréquence élevée) que la **valeur cible est de 66 dBV** (ou 0,1 mm/s) **avec un seuil de tolérance de +3dBV conduisant à la valeur d'acceptation de 69 dBV** (ou 0,14 mm/s).

Dans le paragraphe relatif à l'évaluation des impacts, les fréquences supérieures à 80 Hz seront également étudiées, même si les seuils précédents ne les prennent pas en considération.

8.6.4.2 Gêne des occupants par perception de bruit solidien

Il n'existe pas de réglementation spécifique relative à des niveaux de bruit solidien seuils pour la gêne des occupants d'un bâtiment en phase exploitation.

Les valeurs cibles définies pour déterminer la gêne des occupants d'un bâtiment lié au bruit solidien sont issues des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, recommandations que l'on retrouve sur la plateforme de Bruitparif (Observatoire du bruit en région Île-de-France).

Sont également prises en compte certaines valeurs seuils proposées par le ministère des transports américain, via le guide de la Federal Transit Administration FTA « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques.

Type de lieu	Période d'observation	Valeur cible
Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches	Jour	$L_{pASmax} = 40 \text{ dB(A)}^1$
	Nuit	$L_{pASmax} = 35 \text{ dB(A)}^1$
Salles de classe, tribunaux, salles de conférences	Jour	$L_{pASmax} = 40 \text{ dB(A)}^1$ $L_{pAeq} = 35 \text{ dB(A)}^2$
Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert	Jour et nuit	$L_{pASmax} = 25 \text{ dB(A)}^1$
Théâtres, cinémas	Jour et nuit	$L_{pASmax} = 30 \text{ dB(A)}^1$
Bureaux	Jour et nuit	$L_{pAeq} = 40 \text{ dB(A)}^2$
Centres commerciaux, ateliers	Jour et nuit	$L_{pAeq} = 50 \text{ dB(A)}^2$

Valeurs acoustiques cibles à ne pas dépasser en termes de gêne potentielle des occupants (source : 1 : FTA, 2 : OMS)

Il convient de rappeler que l'indice L_{pASmax} correspond à la valeur maximale moyennée sur 1 seconde mesurée lors du passage d'un métro à proximité. Il s'agit donc d'une valeur « instantanée ».

La valeur retenue dans cette étude pour la période nuit (la plus contraignante) est de 35 dB(A) sur 1 seconde. Elle correspond à la plus faible valeur, sauf en ce qui concerne les studios d'enregistrement ou assimilés.

L'ensemble de ces valeurs cibles est à considérer en appliquant la marge d'erreur courante de mesure qui est de 3 dB.

8.6.4.3 Risque de dommage structurel des bâtis

Les vibrations générées par un métro en exploitation sont d'amplitude insuffisante pour entraîner des désordres structurels dans les constructions.

A titre indicatif, la circulaire du 23 juillet 1986, qui s'applique aux impacts vibratoires générés par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, impose différentes valeurs seuils à ne pas dépasser selon le type de constructions classées par niveau de vulnérabilité et la nature de l'excitation (intermittente ou continue).

Les rames de métro en phase exploitation n'engendrent pas de niveaux vibratoires susceptibles d'entraîner une dégradation des bâtiments (sauf cas extrême non rencontré à ce jour). Les valeurs seuils indiquées dans cette circulaire sont de l'ordre de plusieurs mm/s, c'est-à-dire entre 20 et 100 fois supérieures aux valeurs cibles retenues pour évaluer le risque de gêne par perception tactile des riverains.

Le respect des valeurs cibles conduisant à un risque négligeable de plaintes liées à la perception tactile des vibrations globales du corps telles que définies plus haut, suffit à garantir l'absence de risques de dommages aux constructions liés aux vibrations.

8.6.4.4 Perturbations du fonctionnement des équipements sensibles

Les vibrations générées lors de l'exploitation de la Ligne 18 sont susceptibles de perturber le fonctionnement d'équipements de précision des laboratoires et salles de recherche identifiés à proximité de la future gare Palaiseau et au Nord du CEA à Saclay. Le seuil au-dessus duquel la majeure partie des équipements dits sensibles sont perturbés est inférieur aux seuils de gêne des individus lorsqu'ils sont soumis à des vibrations globales du corps.

Les valeurs cibles à ne pas dépasser concernant les **risques de dysfonctionnement d'équipements dits sensibles** sont soit liées aux spécifications techniques des équipements eux-mêmes (cas spécifiques), soit issues de recommandations plus générales (cas usuels).

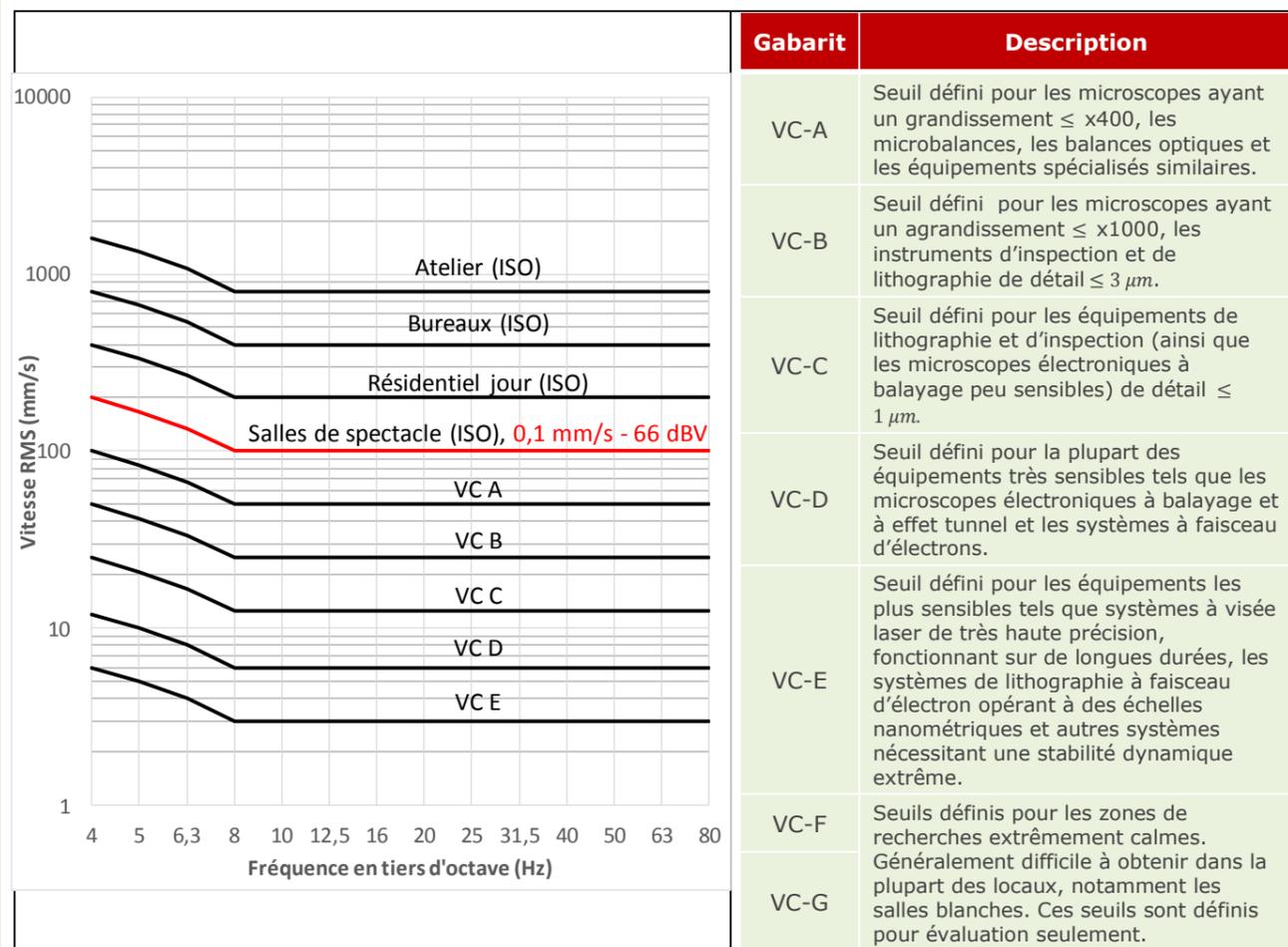
Pour évaluer le risque de perturbation des équipements sensibles, il est fait référence aux courbes VC dites « Vibration Criterion curves »³⁰ qui peuvent être retenues en distinguant ces deux cas :

- les cas dits usuels correspondant à des équipements présents dans des bâtiments de type bureaux, salles de travail, mais aussi hôpitaux ou assimilés. Il s'agit des quatre courbes supérieures avec comme cas le plus contraignant la catégorie « operating theater » pour laquelle le seuil correspond en moyenne à 100 micro mètre / seconde, soit 0.1 mm/s ou encore 66 dBV ;
- les cas dits spécifiques correspondant à des équipements de type microscopes à précision variable. Il s'agit des courbes type VCA à VCG avec des seuils plus faibles.

Les cas dits spécifiques doivent l'objet le cas échéant d'une étude détaillée dans laquelle les conditions précises d'installation même des équipements seront à prendre en compte. En effet, dans la grande majorité des cas, les équipements sensibles type microscopes sont installés sur des systèmes découplés des vibrations du bâtiment (dalles flottantes, plots anti-vibratiles).

³⁰ : H. Amick, M. Gendreau, T. Bush, and C. Gordon, *Evolving criteria for research facilities: I – Vibration. Proceedings of SPIE Conference 5933: Buildings for Nanoscale Research and Beyond, San Diego, 2005*

Les seuils VC ainsi que les conditions d'application sont donnés ci-dessous :



Valeurs de seuils vibratoires à ne pas dépasser pour les équipements sensibles (source :³¹)

8.6.4.5 Seuils en phase travaux

Les textes réglementaires relatifs à la limitation des vibrations engendrées par des **activités de type chantier** sont très disparates. Les réglementations sont en fait inexistantes mais il existe des documents de référence sous la forme de guides de bonne pratique (charte chantier vert, charte chantier à faible nuisance), voire de simples recommandations.

Généralement, des premiers seuils sont indiqués au cahier des charges des entreprises de travaux. Ces seuils sont définis de façon à préserver l'intégrité des bâtiments qui seront exposés de façon notable aux vibrations.

Des essais dits de convenance sont ensuite réalisés au démarrage des travaux. Ils consistent en des tests « grandeur nature » et permettent de quantifier précisément l'impact vibratoire de telle ou telle phase de travaux. Les seuils sont alors validés ou réajustés dans l'objectif clair de permettre la réalisation des travaux de façon maîtrisée, sans prendre de risque au niveau de

³¹ H. Amick, M. Gendreau, T. Bush, and C. Gordon, *Evolving criteria for research facilities: I – Vibration. Proceedings of SPIE Conference 5933: Buildings for Nanoscale Research and Beyond, San Diego, 2005*

l'intégrité des bâtiments. Dans ce cas, des dispositifs de mesures en continu (monitoring) avec alarmes en temps réel en cas de dépassements de seuils sont systématiquement mis en place afin de pouvoir, les cas échéant, stopper la phase de travaux incriminée et l'adapter (modification du process, aménagement d'horaires, réduction de la fréquence...).

En ce qui concerne la gêne des riverains, des dépassements ponctuels des valeurs de perception des vibrations (valeurs plus faibles que celles correspondant aux seuils d'intégrité des bâtiments) sont généralement acceptés, à partir du moment où ces dépassements sont anticipés. Un **plan de management du bruit et des vibrations** doit ainsi être mis en place afin de prévoir les phases les plus impactantes en termes d'intensité, de durée, de période horaire et de localisation...et ce avec une mise à jour en fonction de l'avancement du chantier.

En résumé, les seuils vibratoires relatifs à la phase de travaux seront définis plus précisément en concertation avec les entreprises, une fois les process de réalisation et leur phasage détaillé validé.

A ce stade des études, **il est proposé de retenir comme valeur guide un niveau vibratoire de 2 mm/s** (source : Circulaire du 23/07/1986) soit environ 92 dBV (valeur à comparer aux 66 dBV retenus pour les zones résidentielles), correspondant à des niveaux certes potentiellement perceptibles par des riverains, mais ne présentant pas de risque pour les structures.

8.6.4.6 Synthèse sur la réglementation et les seuils retenus

L'analyse des réglementations et seuils en matière de vibrations émises dans l'environnement par les phases d'exploitation et de construction du métro de la Ligne 18, permet de conclure que les seuils les plus sévères correspondent à ceux relatifs au risque de gêne des occupants des bâtis situés à proximité du tracé. Ce risque de gêne pourra être lié soit aux vibrations elles-mêmes, soit au bruit solidien qui en découle.

Les valeurs de 66-69 dBV pour les vibrations et de 35 dB(A) pour le bruit solidien sont les ordres de grandeur de seuils à retenir pour la phase exploitation (se référer aux tableaux détaillés pour les valeurs précises par type bâtiment ou lieux). Les équipements sensibles font eux l'objet de seuils au cas par cas. En phase chantier, un seuil de sécurité l'ordre de 92 dBV est retenu.

8.6.5. La nature des risques d'impact vibratoire du projet

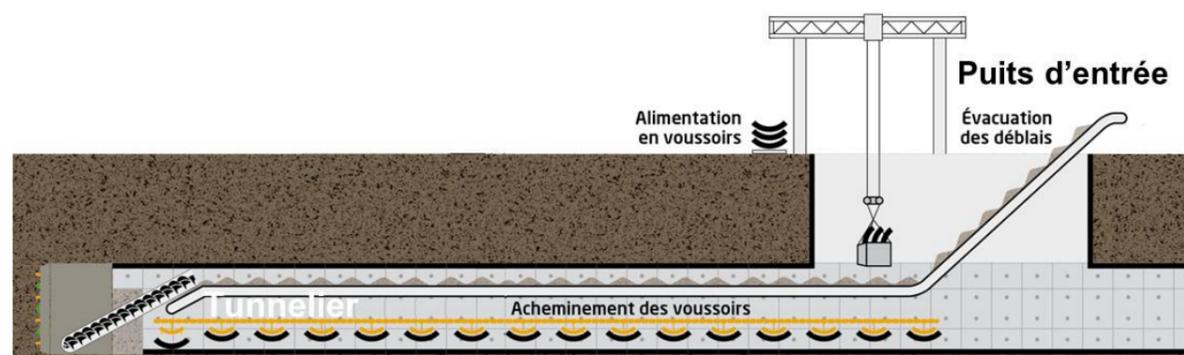
Les différents types d'impact vibratoire du projet sont analysés ci-après d'un point de vue qualitatif.

Dans la partie relative à l'évaluation des impacts, des modélisations ponctuelles détaillées seront réalisées afin de quantifier ces impacts.

Concernant la phase chantier, l'analyse sera réalisée selon des méthodologies simplifiées, en fonction de la nature des travaux, avec des informations indicatives des impacts prévisibles. Compte tenu de la nature temporaire des impacts, ces méthodes sont retenues adaptées à cette étude.

8.6.5.1 Travaux de creusement du tunnel

Lors de la phase de construction du tunnel pour la partie souterraine du tracé, il est prévu d'utiliser un tunnelier pour la majeure partie du linéaire, comme illustré dans la figure suivante.



Principe de creusement par tunnelier (SGP)

Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur les nappes souterraines. Elle permet en effet un avancement continu et régulier du percement du tunnel, ce qui limite les risques de désordre. Le tunnelier assure la pressurisation du front de taille et la mise en place rapide de voussoirs en béton avec injection de mortier, ce qui permet d'assurer la stabilité du tunnel et son étanchéité.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces trente dernières années en région parisienne (métro Ligne 14 entre la gare de Lyon et La Madeleine, métro Ligne 12 entre la Porte de la Chapelle et la Mairie d'Aubervilliers, prolongement de la Ligne RER D, tramway T6 présentant une partie souterraine à Viroflay), tous implantés à environ 20 mètres sous le terrain naturel, montrent l'absence de nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

Dans certains cas ponctuels, où la géologie présente des spécificités ou lorsque le tunnel se rapproche de la surface ponctuellement, il sera possible de ressentir au niveau du sol, des vibrations. La vitesse d'un tunnelier étant d'environ de 8 à 14 mètres par jour, ces effets seront cependant temporaires. Ils peuvent éventuellement durer entre 2 et 3 jours pour un bâtiment donné.

Cette phase de travaux présente de très fortes similitudes avec la phase d'exploitation du métro en souterrain, puisque des vibrations vont être créées dans le sous-sol, le long du tracé.

Mise à part les différences entre les deux types de sources (un tunnelier d'une part et le contact roue-rail d'autre part), les phénomènes de propagation et l'impact en surface via les fondations des bâtiments seront très similaires.

L'utilisation d'un tunnelier, bien que correspondant à une technique moins génératrice de vibration, par rapport à d'autres méthodes d'excavation, nécessite une analyse particulière.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

La mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière significative l'émission de vibrations, et peut être considérée comme une mesure d'évitement.

Une étude d'évaluation du bâti va être engagée par la Société du Grand Paris pour préciser le tracé.

La principale mesure de réduction à prévoir est selon la nature du sol et les éléments géologiques, l'injection localisée pour améliorer les propriétés de sol autour de l'ouvrage (tunnel) et éviter de trop grandes déformations du sol. À titre d'information, l'injection dans le sol, au travers de forages, d'un produit pompable se rigidifiant par la suite (coulis) permet d'étancher et/ou de consolider ce sol par remplissage des vides.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Même si les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles, la Société du Grand Paris mettra en place une campagne de communication sur les territoires concernés par le projet. Préalablement à la phase de construction, une information ciblée sera apportée aux riverains pour leur indiquer les périodes d'activités en amont de leur réalisation.

MESURES DE SUIVI

Des mesures de vibrations avant et pendant le fonctionnement du tunnelier seront réalisées au niveau de la surface pour s'assurer du respect d'un niveau temporaire acceptable.

En cas de niveaux trop élevés observés, des ajustements peuvent être opérés sur le fonctionnement du tunnelier, par exemple augmentation/réduction de la pression de confinement, et en conséquence de l'impact vibratoire des travaux.

D'autres mesures d'ordre organisationnel pourront être mises en place, comme des restrictions concernant le déroulement de travaux tels que des horaires contraints pour les travaux susceptibles de gêner les riverains.

8.6.5.2 Autres travaux de construction

Une partie mineure du tracé souterrain, caractérisée par une faible profondeur, sera réalisée avec la **méthode constructive de la tranchée couverte**. Il s'agit des zones de transition aérien/souterrain localisés en dehors de périmètre d'habitation et d'équipement.

Les techniques de construction utilisées sont similaires à celles des parois moulées, utilisées pour les autres ouvrages du tracé (gares, ouvrages annexes).

Ces travaux ne sont pas négligeables d'un point de vue vibratoire car ils se déroulent pour certains d'entre eux, en surface. Les travaux les plus significatifs vont correspondre à l'utilisation des techniques détaillées dans le tableau suivant.

Technique utilisée	Particularité	Illustrations
Parois moulées	<p>Une paroi moulée est un mur en béton armé coulé dans le sol. Le principe est de creuser une tranchée, remplie de boue durant l'excavation puis dans laquelle le béton est ensuite coulé.</p> <p>L'utilisation de cette technique permet d'éviter les opérations de rabattements de nappes souterraine mais également de limiter les vibrations par rapport à du battage de palplanches.</p>	<p>ÉTAPE DE RÉALISATION DES PAROIS MOULÉES</p>
Brise roche	<p>La finition des parois moulées pourra être réalisée au brise-roche. Cette technique génère plus de vibrations mais sera très limitée dans le temps et dans l'espace.</p>	
Compactage	<p>Les travaux de terrassement nécessiteront l'utilisation de compacteurs, eux aussi potentiellement générateur de vibrations.</p>	

Technique utilisée	Distance minimale permettant de rester en dessous de 2 mm/s		
	20 m	30 m	40 m
Brise roche hydraulique			
Parois moulées			
Travaux de terrassement			

La technique ayant l'impact le plus important est celle des travaux de terrassement. L'utilisation de cette technique devra faire l'objet de précautions particulières en phase de définition des mesures d'évitement et de réduction.

En phase de construction, les différents travaux spéciaux utilisés pour la construction des gares auront un impact vibratoire qu'il convient de prendre en compte lors de la préparation et de l'exécution des travaux.

MESURES D'ÉVITEMENT

Le choix de la technique de construction des parois moulées, technique caractérisée par un impact vibratoire plus faible que d'autres techniques comme celle de battage de palplanches, représente une mesure d'évitement.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts liés à ces travaux sont à considérer comme non négligeables à l'intérieur du rayon d'influence (distance minimale) défini ci-dessus pour chaque technique de construction.

MESURES DE SUIVI

Des mesures de surveillance vibratoire seront à prévoir au niveau des bâtiments sensibles à l'intérieur du rayon d'influence (distance minimale).

En complément, des méthodes plus traditionnelles de construction de gros œuvres seront utilisées comme par exemple pour la construction à ciel ouvert des sites de maintenance et des parties aériennes du tracé (viaduc). Ces méthodes présentent des impacts vibratoires négligeables par rapport aux précédentes techniques.

Le principe retenu pour l'étude des impacts vibratoires en phase de travaux spécifiques, consiste à définir une distance minimale au-delà de laquelle le seuil de sécurité de 92 dBV pour les structures sera respecté.

A titre indicatif, les distances minimales dans le tableau suivant sont issues d'un calcul de décroissance vibratoire basé sur les normes anglaises British Standard BS-5228-part 2, version de 2009.

8.6.5.3 Exploitation du métro

En phase d'exploitation du métro, les impacts vibratoires liés à la circulation des rames seront moins significatifs mais s'étaleront sur la durée. Malgré l'éloignement des sources vibratoires lié à la profondeur même du métro, des vibrations pourront être transmises du train, au sol, puis aux fondations et enfin aux habitations.

Les niveaux de vibrations attendus sont fonctions de nombreux critères :

- le type de matériel roulant, sa vitesse, sa masse ;
- le type de roue et de voie et surtout l'état de rugosité du système roue-rail. Ce sont en effet les micros défauts de planéité entre les roues et le rail qui sont à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des

voies et/ou des roues, voire en plus dans une courbe, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés ;



Exemple de boogie du matériel roulant

- le système de pose des voies qui peut intégrer d'office un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cas de la Ligne 18, il est ainsi prévu, par défaut, la mise en place d'une semelle souple sous le rail ;
- la profondeur du tunnel, pour la partie souterraine du tracé ;
- la distance des récepteurs du tracé, pour la partie aérienne du tracé ;
- les conditions de propagation dans le sol, les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.

L'analyse des impacts de la phase exploitation s'appuie sur des modélisations de l'impact vibratoire.

Afin d'avoir une vision complète et partagée des résultats sur les secteurs les plus sensibles du projet, des modélisations vibratoires prévisionnelles ont été réalisées par deux organismes distincts sur la base d'une méthodologie similaire (telle que présentée au chapitre « Méthode de modélisation »). Les résultats de ces modélisations, pour la partie aérienne (réalisées par SYSTRA) et pour la partie souterraine du tracé (réalisées par SOLDATA ACOUSTIC), sont présentés dans la suite du chapitre.

8.6.6. Modélisation des impacts du viaduc en phase exploitation

8.6.6.1 Méthode d'évaluation de l'impact vibratoire du viaduc

Concernant la partie aérienne du tracé, une analyse spécifique de l'impact vibratoire en phase d'exploitation a été réalisée sur le plateau de Saclay, compte tenu de la forte sensibilité des laboratoires et des salles de recherches dont l'activité est sensible aux vibrations entre la zone Palaiseau – Corbeville et la zone Nord du site principal du CEA à Saclay.

La méthodologie adoptée a suivi les étapes suivantes :

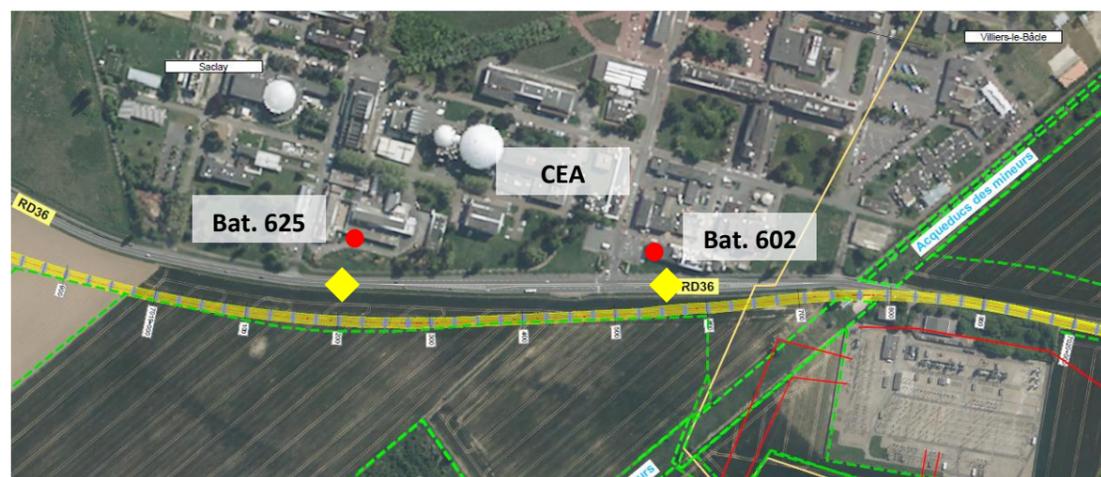
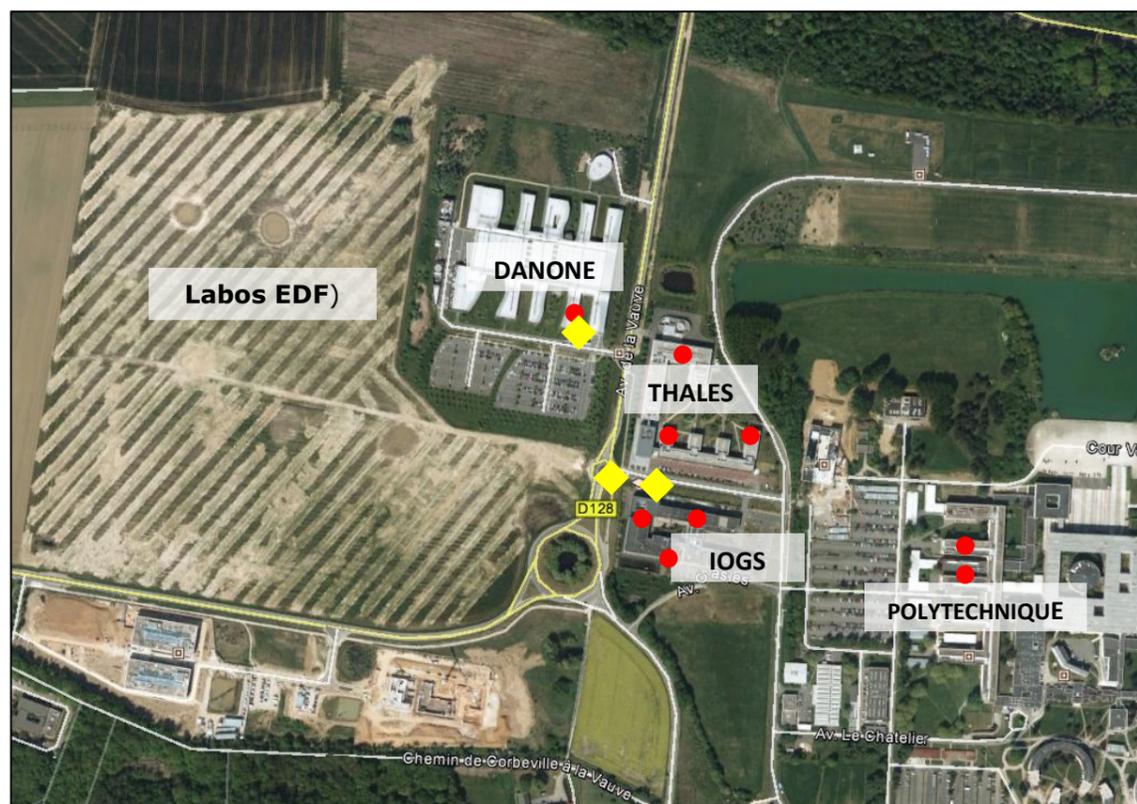
- caractérisation expérimentale des niveaux vibratoires émis par différents types de métro sur viaduc via des mesures sur quatre sites existants pour consolider la donnée source (données de sites confidentielles) ;

- modélisation à partir des données mesurées des différents scénarii éligibles pour le mode d'exploitation de la Ligne 18 ;
- recensement des équipements exposés et/ou les plus sensibles en concertation avec les acteurs et représentants concernés et de leur niveau d'exigence ;
- analyse des niveaux vibratoires ambiants au pied de ces équipements et correspondance avec le niveau d'exigences vibratoires exprimées ;
- calcul de la force appliquée par le train (circulation à 80 km/h) sur les rails, sous le système de pose des rails (pose des voies avec attaches résilients à double étage) puis à la base de la colonne du viaduc (viaduc avec tablier à poutres en « I », appareils d'appui à pot, longueur travée 30 m). Il s'agit d'un calcul mécanique de la force correspondant au passage d'un train ;
- mesure de la fonction de transfert des vibrations depuis l'emplacement de la future Ligne 18 jusqu'au pied des bâtiments sensibles ainsi que aux dalles logeant les équipements sensibles. Cela a été réalisé par la société AVLS lors d'une campagne de mesure dédiée en 2014 ;
- simulation des niveaux vibratoires aux points récepteurs, résumés dans le tableau suivant. Le tableau résume également un ensemble de mesures de réduction à mettre en place pour éliminer les dépassements rencontrés.

8.6.6.2 Caractérisation des sites faisant l'objet de contraintes particulières-niveaux vibratoires ambiants

Les laboratoires et entreprises suivants ont fait connaître leur sensibilité particulière aux ondes vibratoires (et électromagnétiques) à la Société du Grand Paris :

- | | |
|---|---|
| - Horiba | - Nano Sciences |
| - IOGS (Institut d'optique Graduate School) | - Thales |
| - Nano Innov | - Laboratoires de l'école polytechnique |



◆ excitation ● Salles sensibles

Localisation des sites portés à connaissance et emplacement des points de mesures et d'excitation (Zone Polytechnique en haut - CEA Saclay en bas)

Site de Thalès RT :

L'ambiance vibratoire varie assez fortement entre les différents emplacements dans ce site, conduisant à retenir des seuils limites différents selon les points : VC-E est applicable pour la salle A4-43 ou toute autre salle où l'ambiance vibratoire est comparable. Sur le massif, la présence de sources vibratoires parasites contribuant de manière permanente est mise en évidence. Sans traitement de ces sources, le seuil le plus sévère applicable est le seuil VC-D. Dans la salle 2A1-25,

on observe des niveaux vibratoires importants pouvant dépasser VC-C en raison de l'effet combiné de sources vibratoires parasites et de la réponse vibratoire propre au bâtiment en basses fréquences. En ce point, le seuil VC-C semble approprié dans la situation actuelle.

Site d'IOGS :

Les niveaux vibratoires ambiants sont globalement faibles indiquant une bonne performance vibratoire du bâtiment (et/ou des massifs où sont fixés les équipements comme en salle R0-L2). Il est légitime et conseillé de respecter le seuil VC-E. Toutefois, il est utile de mentionner que ce seuil VC-E est assez fréquemment dépassé dans la salle C1-10, notamment au passage de bus.

Site de l'Ecole Polytechnique :

L'analyse sommaire des résultats de mesure montre que les vibrations existantes (principalement dues au trafic routier) dépassent les seuils normalement applicables.

Sur ce site on note également la présence de machines tournantes générant des vibrations parasites (pics à 25 et 50 Hz) dépassant les seuils VC-C dans la salle DCMR et VC-D dans la salle LULI. Sans traitement de ces sources, les niveaux vibratoires générés par l'exploitation de la Ligne 18 ne seront pas tenus de respecter le seuil VC-E en ces deux emplacements, mais seulement les seuils VC-D dans la salle LULI et VC-C dans la salle DCMR.

Site CEA à Saclay :

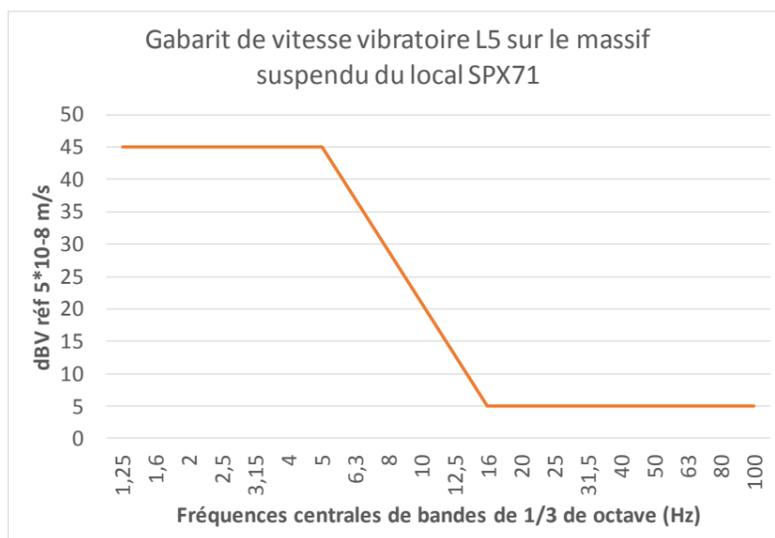
Dans le bâtiment 625, l'indice L5 est supérieur au seuil VC-D, en raison principalement de l'influence d'une source vibratoire parasite (équipement rotatif) fonctionnant à proximité du point d'observation. Sans traitement des sources vibratoires parasites, les niveaux vibratoires générés par l'exploitation de la Ligne 18 ne seront pas tenus d'être inférieurs au seuil VC-D. Dans le bâtiment 602, l'indice L5 est inférieur au seuil VC-E. En ce point, il est recommandé de veiller à ce que les niveaux vibratoires générés par le passage du métro ne dépassent le seuil VC-E.

Site de Danone Research :

L'indice L5 mesuré près des balances de précision est inférieur à la courbe VC-E. Toutefois, ces équipements étant modérément sensibles, il n'apparaît pas justifié d'imposer une telle contrainte dans ce bâtiment.

Laboratoires HORIBA :

A partir des résultats, un gabarit a été déterminé pour fixer les exigences vibratoires minimales à respecter sur le massif isolé. Ce gabarit est tracé ci-après.



Source : Notice acoustique 2010, AVLS

Les exigences communiqués et seuils à respecter pour certains bâtiments, salles ou équipement de ces sites sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Entreprise	Local	Seuil vibratoire VC à respecter ³²
THALES	A4-43	VC-E
	Massif	VC-E
	Salle 2A1-25	VC-D
IOGS	-	VC-E
Ecole polytechnique	-	VC-E
Danone	-	VC-A
Nano Innov	-	VC-E
CEA Saclay – Site principal	Bâtiments 625 et 602	VC-E ou VC-D

Les exigences pour les sites de Thalès RT et d'IOGS sont que les niveaux vibratoires ne dépassent pas le seuil VC-E. Ce seuil peut donc être considéré comme la contrainte la plus sévère qui puisse être imposée vis-à-vis du projet de la Ligne 18.

³² Seuil vibratoire Vibration Criterion présenté sur le graphique dans le chapitre « Perturbations du fonctionnement des équipements sensibles »

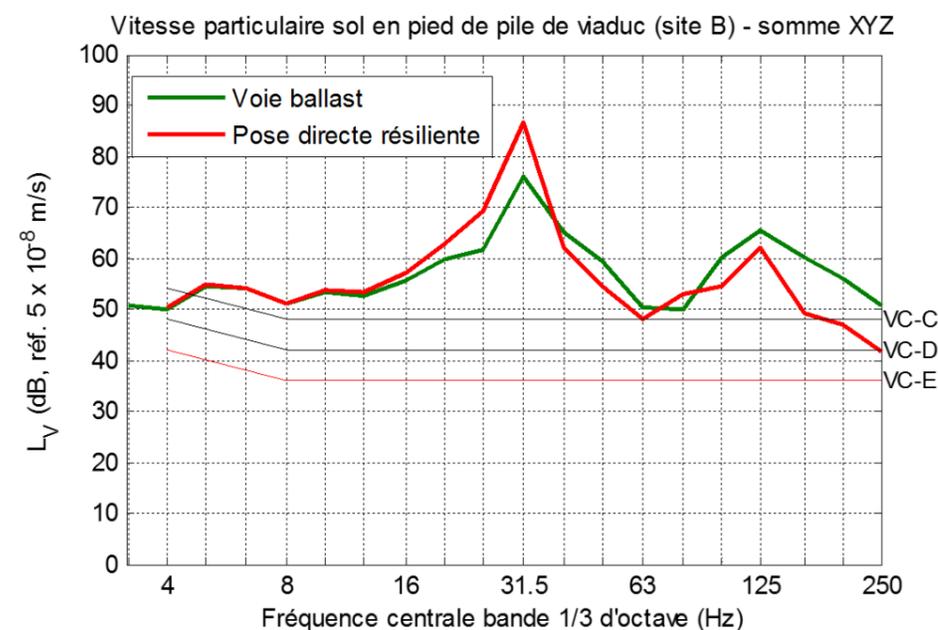
8.6.6.3 Niveau d'excitation

L'excitation est caractérisée en termes de niveaux de vitesse particulière au sol au pied d'une pile de viaduc au passage d'une rame de métro à 80 km/h (vitesse commerciale de 60 km en moyenne retenu).

Ces niveaux d'excitation sont représentatifs du système et du viaduc retenus pour le projet de la Ligne 18, à savoir un Métro Fer de gabarit moyen (largeur entre 2,5 et 2,7m), un viaduc en béton sans ballast (de gabarit adapté à celui du véhicule), une pose de voie directe avec des attaches de rail résilientes (à double étage).

Les rails et les roues sont supposés en bon état, signifiant des défauts de profil des surfaces de roulement (ou rugosité) d'amplitude faible à modérée.

Le spectre par bande de tiers d'octave de la vitesse particulière au sol en pied de pile, considéré comme terme source du modèle de simulation, est présenté ci-dessous. Il s'agit des niveaux de vitesse maximale qui seraient mesurés avec une période d'intégration de 1 sec. Pour comparaison, le spectre obtenu pour le cas d'une pose sur ballast est également tracé (en vert).



Spectre de vitesse particulière maximale au sol en pied de pile de viaduc - métro fer de gabarit moyen à 80 km/h –pose sur ballast et pose directe avec attaches résilientes

N.B : Les niveaux vibratoires transmis au sol pour la voie en pose directe avec attaches résilientes sont déduits, par calcul, des niveaux vibratoires mesurés sur le site B qui comportait une voie sur ballast. La différence des niveaux vibratoires transmis par les deux types de pose de voie est calculée à l'aide d'un modèle d'excitation permettant de simuler l'interaction dynamique entre la voie et le matériel roulant.

8.6.6.4 Mesures des fonctions de transfert vibratoire

Les essais de caractérisation des fonctions de transfert vibratoire depuis le tracé de la Ligne 18 jusqu'aux équipements sensibles ont été réalisés pour les trois sites les plus sensibles vis-à-vis du projet, à savoir Thalès RT, IOGS et le CEA à Saclay.

L'excitation est produite par un camion sismique positionné sur l'axe du tracé aux positions les plus critiques.



Exemple de camion sismique

La grandeur mesurée est la mobilité de transfert (vitesse particulière au pied des équipements sensibles pour un effort unitaire injecté dans le sol). Cette fonction de transfert inclut les effets suivants :

- l'atténuation vibratoire dans le sol depuis l'excitation jusqu'au pied du bâtiment ;
- les pertes par couplage mécanique à l'interface sol/fondation du bâtiment ;
- la réponse vibratoire globale du bâtiment ;
- la réponse vibratoire du plancher (résonances en flexion de la dalle).

Pour chaque site, la réponse vibratoire est également mesurée en un point de référence au sol situé à 5 m du plateau excitateur. La mesure en ce point permet de quantifier la fonction de transfert vibratoire (ou d'atténuation) entre un point proche d'une pile de viaduc et les points au pied des équipements.

Le principe des mesures de fonction de transfert vibratoire est schématisé ci-dessous. Le camion sismique visible sur l'image ci-dessus est utilisé pour injecter un effort sinusoïdal dans le sol. Un balayage en fréquence est réalisé entre 4 et 200 Hz environ. Pour chaque essai, on procède à la mesure simultanée des vitesses particulières au pied des équipements sensibles, au sol à proximité du camion excitateur (à 5 m de distance), et de l'effort injecté. Les mobilités de transfert utilisées pour calculer les niveaux vibratoires transmis aux équipements sont égales à la somme (quadratique) des mobilités de transfert mesurées dans les trois directions.

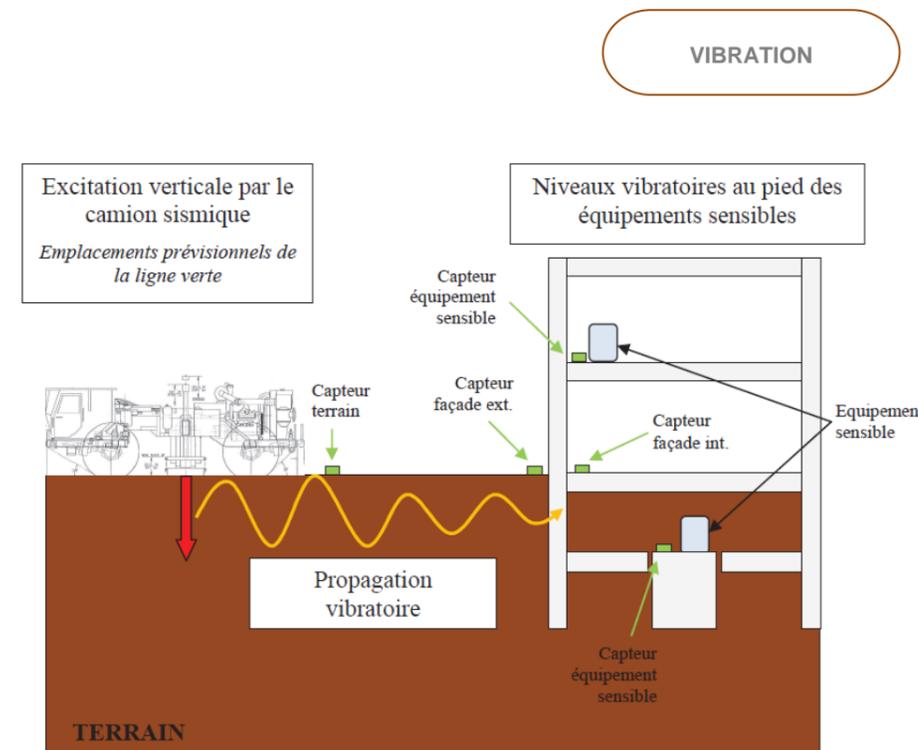
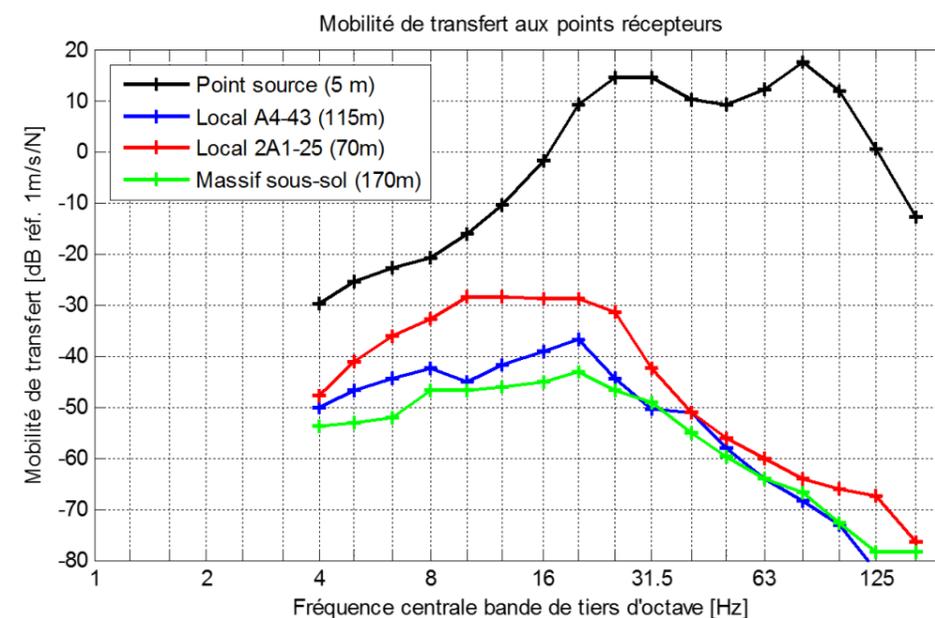
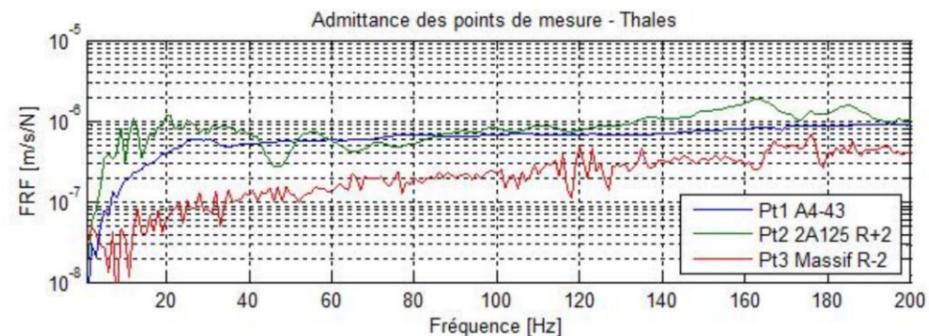


Schéma de principes des mesures vibratoires de la fonction de transfert (source : AVLS)

Les exemples de mobilités de transfert obtenues sur ces trois sites sont donnés ci-après (le détail des résultats est donné en annexe pièce G.4.1).



Mobilités de transfert- Thalès RT – position 1 (Systra)

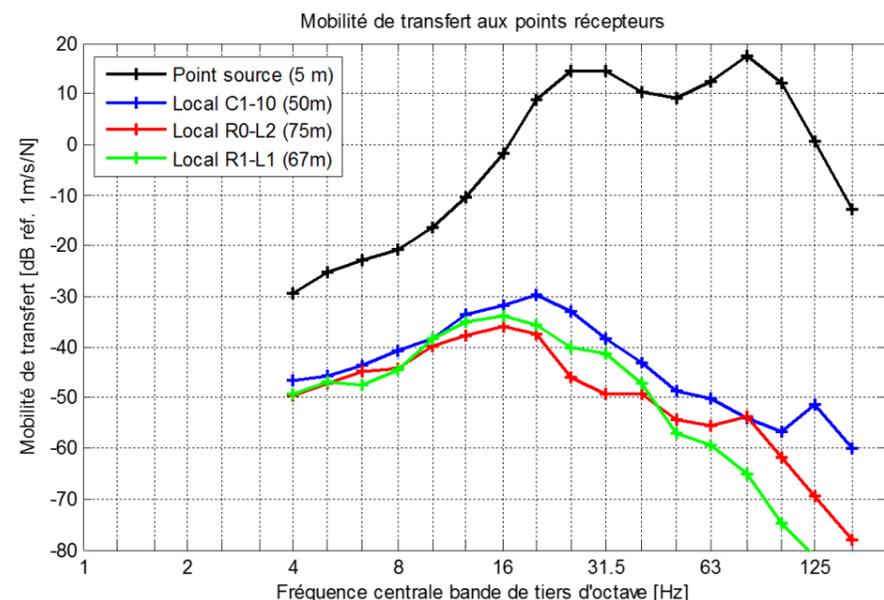


Admittance du plancher au pied des équipements sensibles - Site de Thalès RT

L'essai réalisé pour la position d'excitation 1 révèle une réponse vibratoire importante dans la salle 2A1-25 du site de Thalès RT en particulier en basses fréquences (entre 5 et 25 Hz). Les mesures de l'admittance (déplacement pour un effort unitaire) de la dalle au pied des équipements confirment l'influence de résonances vibratoires vers 6, 9 et 12 Hz, liées à des modes flexion de dalle et/ou de déformation globale du bâtiment (0). Cet emplacement ne convient pas pour l'installation d'équipements très sensibles.

Les mobilités de transfert sur le site d'IOGS sont faibles, autrement dit favorables.

On constate par ailleurs sur l'ensemble des points, que les écarts entre les niveaux vibratoires près de la source et au pied des équipements situés à une distance projetée au sol allant de 70 à 190m sont assez faibles en très basses fréquences et augmentent en revanche fortement pour les fréquences supérieurs à 16 Hz. Cette observation est en accord avec le fait que l'amortissement du sol est d'autant plus fort que la longueur d'onde diminue, cette dernière étant inversement proportionnelle à la fréquence.



Mobilités de transfert – IOGS –position 1 (Systra)

8.6.6.5 Simulation des niveaux vibratoires avec le viaduc au pied des équipements sensibles

Les résultats simulés sont les vitesses particulières maximales au passage d'un métro fer de gabarit moyen sur deux typologies de viaduc (caractérisées lors des essais de caractérisation des émissions).

La voie est une pose avec attaches de rail résilientes à double étage sur dalle béton, couramment employée pour les métros sur viaduc ou en tunnel. L'analyse est menée pour une vitesse de 80 km/h. L'effet de la réduction de la vitesse (de 80 à 40 km/h) est également simulé.

La contribution de la pile la plus proche de l'équipement considéré est d'abord calculée à l'aide de la relation suivante :

$$Lv_{max, Réc i, pile j} = Lv_{max, sol pile} + LH_{sol pile j \rightarrow Réc i}$$

Avec :

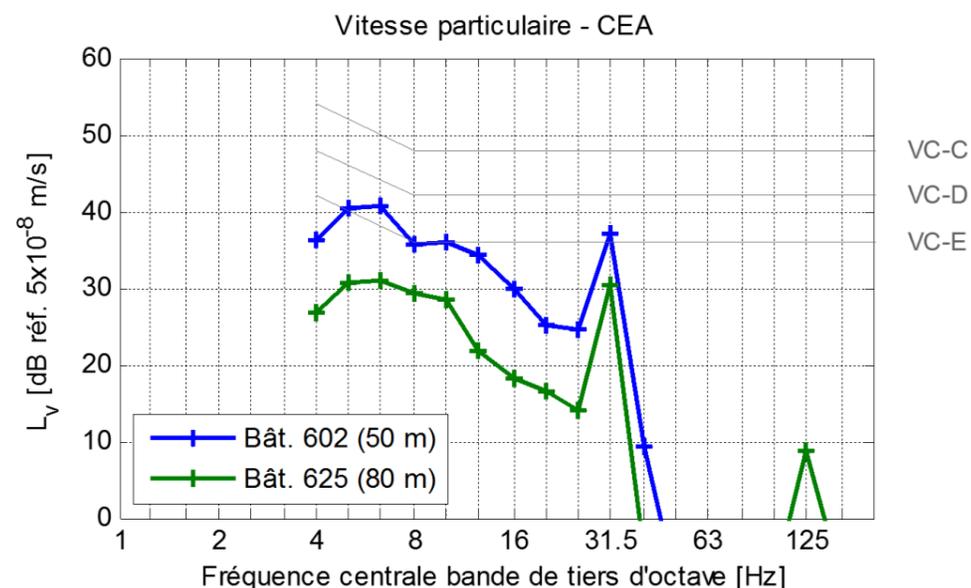
$Lv_{max, Réc i, pile j}$: Niveau maximum de vitesse particulière au point récepteur i, contribution de la pile j la plus proche de l'équipement (dB réf. 5×10^{-8} m/s)

$Lv_{max, sol pile}$: Niveau maximum de vitesse particulière au sol en pied de pile (dB réf. 5×10^{-8} m/s)

$LH_{sol pile j \rightarrow Réc i}$: Fonction de transfert vibratoire entre le point de référence (situé à 5m de l'excitation) et le récepteur i.

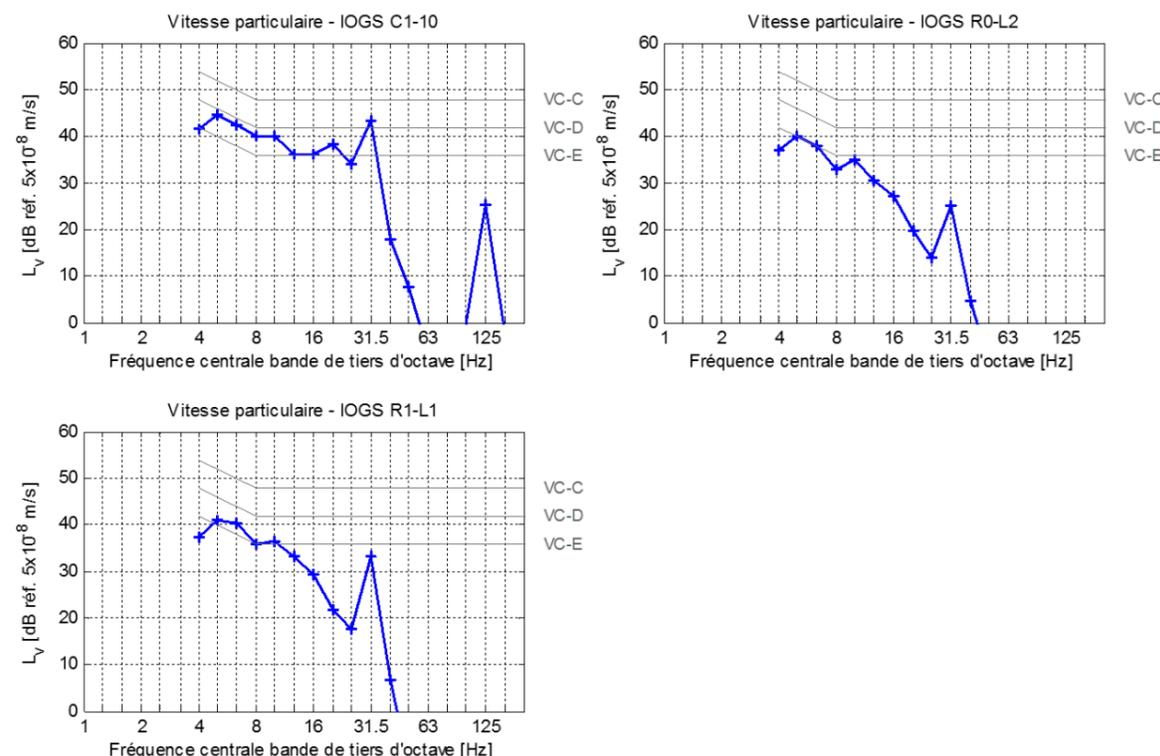
La contribution énergétique de deux piles encadrant la première est ajoutée. La longueur d'une rame n'excédant pas 60 m, et en supposant une longueur de travée de viaduc usuelle (entre 25 et 30m), seules 3 piles sont susceptibles d'être excitées simultanément par le passage d'une rame de métro. Les niveaux de vitesse sont calculés à l'instant où le centre de la rame se situe au droit de l'équipement considéré. Les piles adjacentes étant plus éloignées du point récepteur considéré, la fonction de transfert vibratoire est corrigée en fonction de la différence de distance. Enfin, le cas correspondant à deux trains croiseurs au droit du site est pris en compte en augmentant les niveaux vibratoires en pied de pile de 3 dB.

A titre d'exemples, les figures suivantes présentent les spectres par bande de tiers d'octave de vitesse particulière maximale calculés au pied des équipements sensibles du CEA, Thalès RT et IOGS pour le cas d'un métro fer circulant à 80 km/h, pour une pose de voie directe avec attaches résilientes, et pour le cas du viaduc du site B (le détail des résultats est donné en annexe).



Niveaux de vitesse particulière estimés sur le site du CEA (Systra)

Sur le site du CEA, on observe un dépassement significatif du seuil VC-E dans le bâtiment 602 (le plus proche). Le dépassement est plus important dans le cas du viaduc du site M que dans le cas du viaduc du site B. Dans le bâtiment 625, les niveaux vibratoires sont plus faibles et sont inférieurs au seuil VC-E pour les deux types de viaduc.

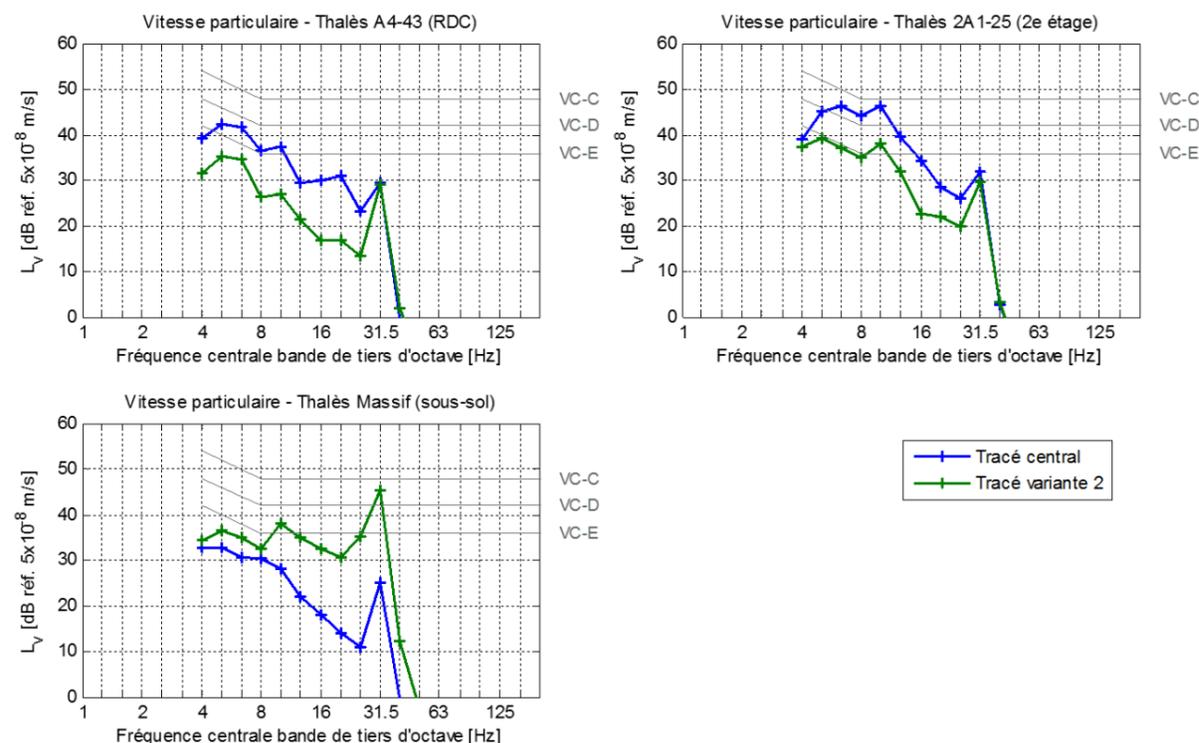


Niveaux de vitesse particulière estimés sur le site d'IOGS (Systra)

Sur le site de Thalès RT, dans le cas du tracé central, du métro fer à 80 km/h, on observe un dépassement significatif du seuil VC-E dans la salle A4-43 et du seuil VC-D dans la salle 2A1-25 et A4-43. Les niveaux vibratoires sont en revanche inférieurs au seuil VC-E sur le massif. Les dépassements sont plus importants avec le viaduc du site B qu'avec le viaduc du site M. La variante n°2 du tracé permet de réduire les niveaux vibratoires sous le seuil VC-E aux deux premiers emplacements (salles 2A1-25 et A4-43). Toutefois, le seuil VC-E est franchi sur le massif à la fréquence de 31.5 Hz où apparaît un pic que l'on peut attribuer à la coïncidence du mode des masses non suspendues sur la raideur de voie et de la fréquence de passage des supports de rail à 80 km/h. Ce phénomène peut être solutionné en adaptant la raideur des attaches résilientes, en modifiant l'espacement entre supports de rail, ou enfin en modifiant la vitesse d'avancement du train, ou l'utilisation d'attaches de rail continues.

Sur le site d'IOGS, dans le cas du tracé central on observe un dépassement significatif du seuil VC-E au niveau de la salle C1-10 (la plus proche du tracé central). Dans les autres salles (R0-L2 et R1-L1), les niveaux vibratoires sont plus faibles mais toutefois légèrement supérieurs au seuil VC-E. Les dépassements sont plus importants pour le viaduc du site M. Dans le cas de la variante de tracé n°2, l'éloignement permettra une atténuation vibratoire suffisante pour respecter le seuil VC-E en tout point.

Sur le site du CEA, on observe un dépassement significatif du seuil VC-E dans le bâtiment 602 (le plus proche). Le dépassement est plus important dans le cas du viaduc du site M que dans le cas du viaduc du site B. Dans le bâtiment 625, les niveaux vibratoires sont plus faibles et sont inférieurs au seuil VC-E pour les deux types de viaduc.



Niveaux de vitesse particulière estimés sur le site de Thalès(Systra)

8.6.6.6 Synthèse des modélisations

Les résultats et les mesures générales à prendre pour rendre compatible le tracé avec les exigences vibratoires des établissements sur le Plateau de Saclay sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Entreprise	Local	Seuil vibratoire à respecter ³³	Résultats des modélisations	Mesures de réduction et de contrôle
THALES RT	A4-43	VC-E	Aucun dépassement	Mise en place d'un système de pose des voies plus performant, réduction de la vitesse d'exploitation lié à la courbe et proximité de la gare (la vitesse maximum prise en hypothèse n'est pas atteinte), renforcement des fondations du viaduc
	Massif	VC-E	Risque de dépassement significatif (entre VC-D et VC-C)	
	Salle 2A1-25	VC-D	Aucun dépassement	
IOGS	-	VC-E	Aucun dépassement/négligeable	Contrôle de la rugosité des voies
Ecole polytechnique	-	VC-E	Aucun dépassement/négligeable	Aucune mesure
Danone	-	VC-A	Aucun dépassement	Contrôle de la rugosité des voies
Nano Innov	-	VC-E	Aucun dépassement	Aucune mesure
CEA Saclay – Site principal	Bâtiments 625 et 602	VC-E	Risque de dépassement modéré	Contrôle de la rugosité des voies

L'analyse est conduite en distinguant les profondeurs de voies suivantes par ordre croissant de sensibilité aux vibrations :

- profondeur des voies supérieure à 25 m ;
- profondeur des voies comprise entre 20 m et 25 m ;
- profondeur des voies inférieure à 20 m.

Le tableau suivant détaille par secteur le type d'ouvrage ainsi que la profondeur du tunnel.

Secteurs concernés	Type d'ouvrage et profondeur du tunnel
Section Orly - Palaiseau	Tunnel, profondeur supérieure à 20 m
Section plateau de Saclay : Palaiseau jusqu'à Magny-les-Hameaux	Aérien, viaduc
Section Guyancourt - Versailles	Aérien, viaduc
Section Versailles – Versailles Chantier	Tunnel, profondeur supérieure à 25 m

8.6.7.2 Méthode de modélisation

La modélisation détaillée de la propagation des vibrations depuis les rails du métro jusqu'à l'intérieur des pièces d'habitations est complexe et ne peut pas se faire à l'aide d'un simple outil de calculs. Il est en effet nécessaire de procéder par étapes, en utilisant des modules de calculs dédiés et adaptés aux phénomènes à modéliser (tels que présentés ci-après).

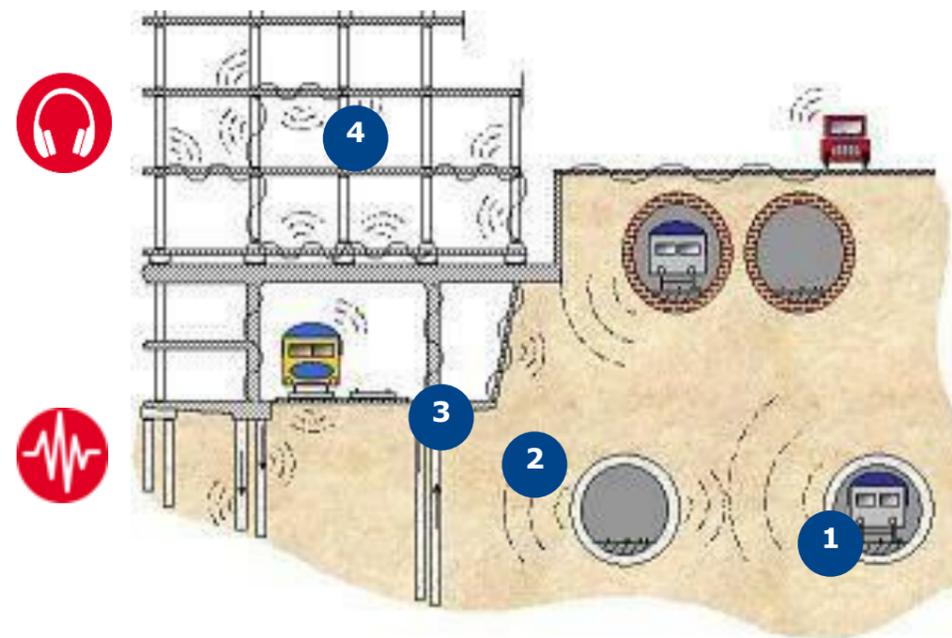


Illustration des différents modules de calcul nécessaires à la modélisation de la vibration et du bruit solide

8.6.7. Modélisation des impacts du tunnel en phase exploitation

8.6.7.1 Evaluation de l'impact vibratoire

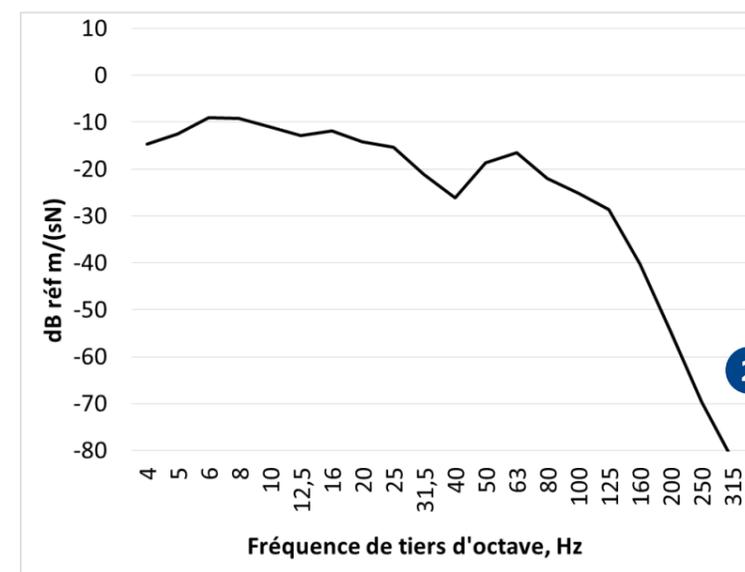
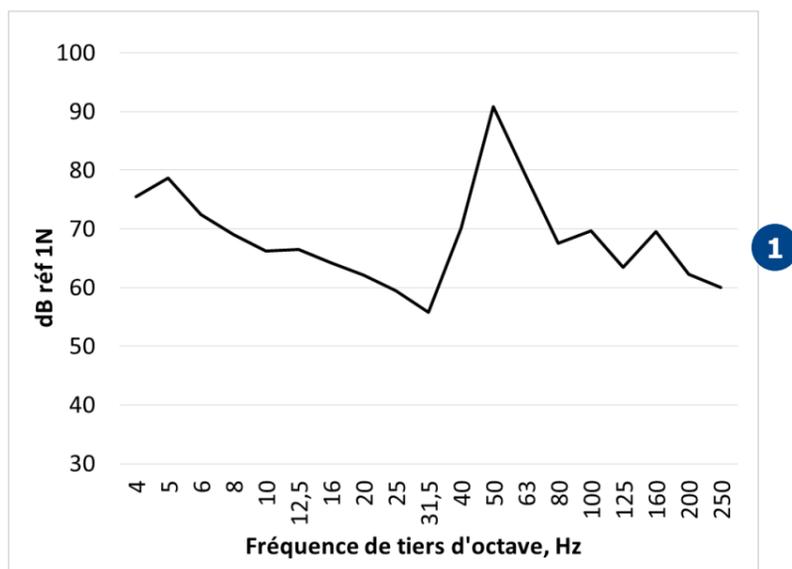
Concernant la partie souterraine de la ligne, les caractéristiques du matériel roulant, sa vitesse, sa masse, ainsi que le modèle de rugosité roue-rail étant considérés connue (voir hypothèses prises dans le détail des modélisations), le paramètre essentiel à prendre en compte en complément des données de l'état initial correspond à la profondeur du tunnel (la profondeur de voie correspond à la distance entre la surface du sol et la voie de circulation du métro).

C'est en effet un paramètre essentiel pour l'analyse de risque car l'impact vibratoire dépend de la distance entre la source de vibration (train à l'intérieur du tunnel) et le récepteur en surface ou les fondations des bâtiments.

³³ Seuil vibratoire présenté sur le graphique dans le chapitre « Perturbations du fonctionnement des équipements sensibles »

La méthodologie retenue consiste à utiliser quatre modules de calculs spécifiques, permettant successivement de caractériser :

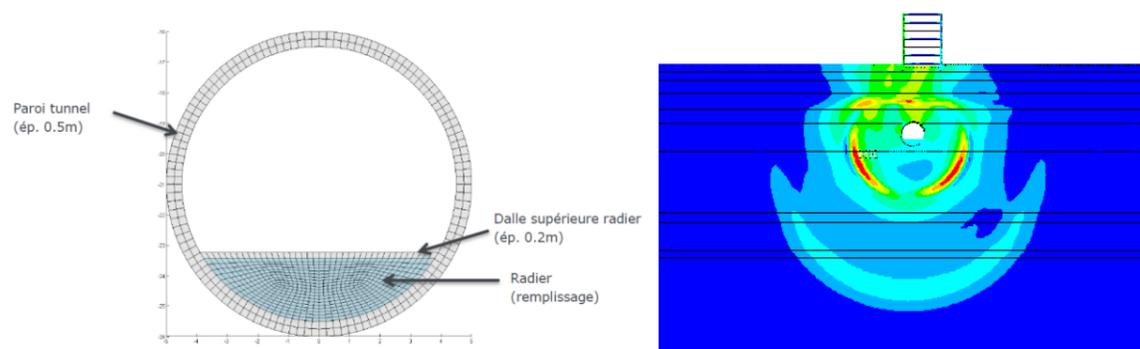
- La force appliquée par le train sur les rails puis sous le système de pose des rails. Il s'agit d'un calcul mécanique de la force correspondant au passage d'un train. Cette force sert ensuite de donnée d'entrée au module 2 pour les calculs de propagation vibratoire dans le sol.



Exemple de mobilité de transfert du tunnel à la surface, calcul éléments finis réalisé par SOLDATA ACOUSTIC

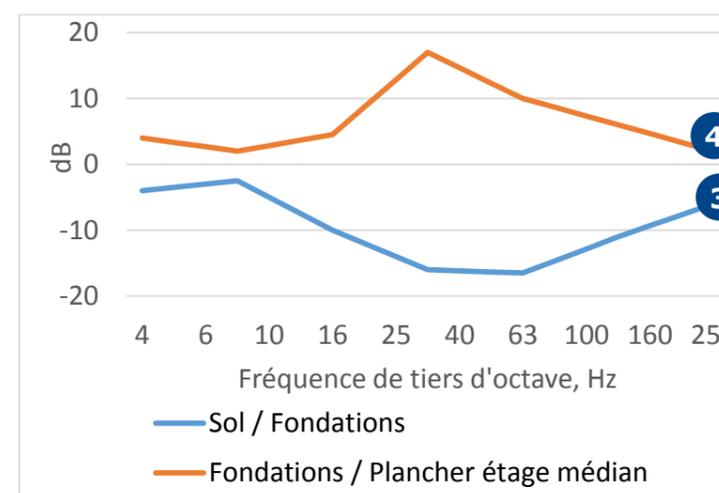
Exemple de force d'excitation sous le système de pose, calculée par SOLDATA ACOUSTIC avec une méthode de simulation temporelle, moyenne sur 1 s

- L'atténuation des vibrations au travers du tunnel et dans le sol. Il s'agit d'un calcul numérique de la propagation des vibrations dans le sol à l'aide d'un modèle aux éléments finis (utilisé par SOLDATA ACOUSTIC) en 2 dimensions. La réponse vibratoire du sol est exprimée en termes de mobilité de transfert qui permet d'évaluer les vibrations au niveau du sol, sous les habitations et autres bâtiments.



Exemples de modèle numérique du tunnel et du sol en 2 dimensions (source SOLDATA ACOUSTIC)

- La transmission des vibrations aux fondations des bâtiments, à l'aide de la fonction de transfert correspondant à l'interaction entre le sol et les structures de fondation.
- La transmission des vibrations des fondations des bâtiments jusqu'au plancher de l'étage médian, et leur conséquence en termes de vibration et de niveau sonore dans les zones à risque.

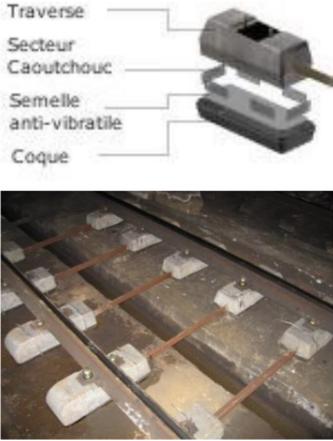
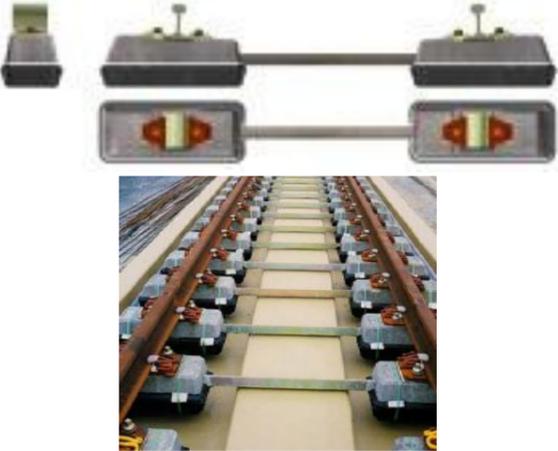


Exemples de fonctions de transfert des bâtiments – Courbes utilisées dans les calculs de SOLDATA ACOUSTIC (Source RIVAS)

Les principales hypothèses suivantes ont été retenues dans les modélisations :

- matériel roulant avec roues métalliques, vitesse maximale 100 km/h, y compris dans les zones d'approche des gares (hypothèse majorant le risque vibratoire) ;
- modèle de rugosité correspondant à des rails et roues présentant des dégradations moyennes. Les valeurs retenues correspondent à la courbe enveloppe moyenne de données de rugosité mesurées sur différents métro en Europe ;
- pose des voies pose de voie directe avec des attaches de rail résilientes (à double étage) ;

Le tableau suivant illustre la pose de voies indiquée ci-dessus ainsi que d'autres poses de voies plus performantes en termes d'atténuation vibratoire.

 <p><i>Pose directe avec attaches résilientes à double étage.</i></p> <p>Atténuation vibratoire de 10 dBV environ par rapport à la pose de référence</p>	 <p><i>Pose de niveau 1+ : Pose avec blochets sur semelle résiliente.</i></p> <p>Atténuation vibratoire de 12 dBV environ par rapport à la pose de référence</p>
 <p><i>Pose de niveau 2 : Pose avec blochets sur semelle très résiliente.</i></p> <p>Atténuation vibratoire de 15 dBV environ par rapport à la pose de référence</p>	 <p><i>Pose de niveau 3 : Pose avec traverses monobloc sur semelle très résiliente.</i></p> <p>Atténuation vibratoire de 20 dBV environ par rapport à la pose de référence</p>

Schémas indicatifs de systèmes de pose des voies antivibratiles (SGP-SOLDATA Acoustic)

- données de sol issues du mémoire de synthèse géologique et géotechnique en phase G.1 ;
- données caractéristiques du sol issues des résultats de sondage géotechnique.

8.6.7.3 Limites des modélisations

L'ensemble des résultats des modélisations est étroitement lié aux hypothèses initiales qui ont permis de procéder à un calcul d'impact.

La sensibilité paramétrique des modules de calculs 1 (excitation roue / rail) et 2 (propagation dans le sol) n'est pas négligeable et toute modification significative dans les paramètres peut avoir une incidence sur les résultats.

Les modules de calcul 3 et 4 relatifs à la propagation des vibrations dans les structures puis au calcul du bruit solidien, sont basés sur des cas tests pratiques régulièrement alimentés par les retours d'expérience des spécialistes en la matière, avec une incertitude qui peut attendre les 5 décibels.

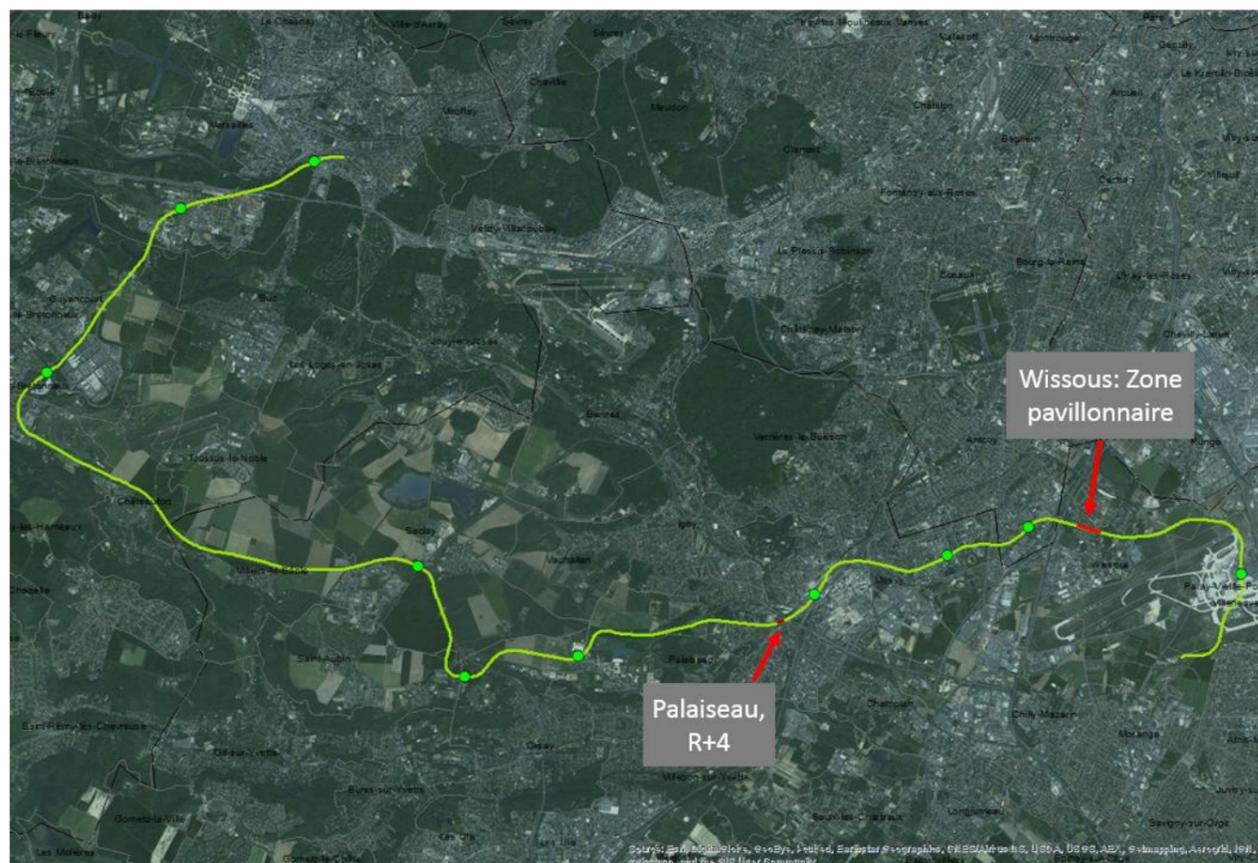
De nouveaux sondages, un recensement très précis des types de bâtiments et fondations présents juste au-dessus de la ligne, ainsi que la réalisation de mesures in situ de la fonction de transfert réelle, permettront d'affiner les hypothèses prises.

Ces investigations complémentaires, ainsi qu'une analyse des méthodologies et des résultats des calculs vibratoires par un organisme indépendant de second regard, sont prévues dans le cadre du plan de management des bruits et des vibrations défini pour le projet.

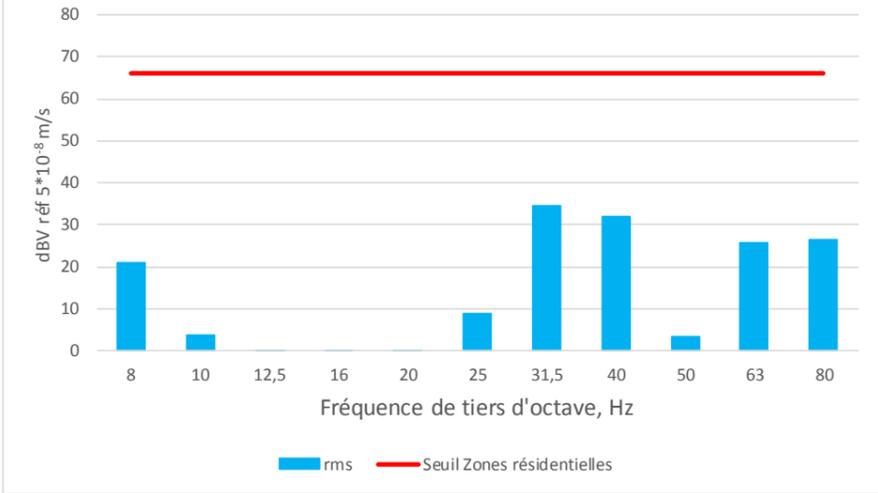
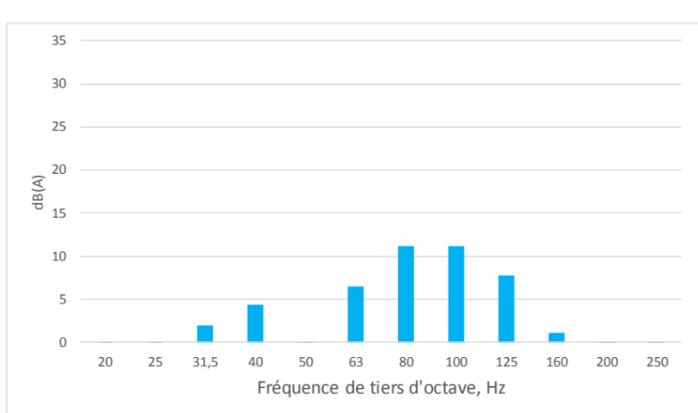
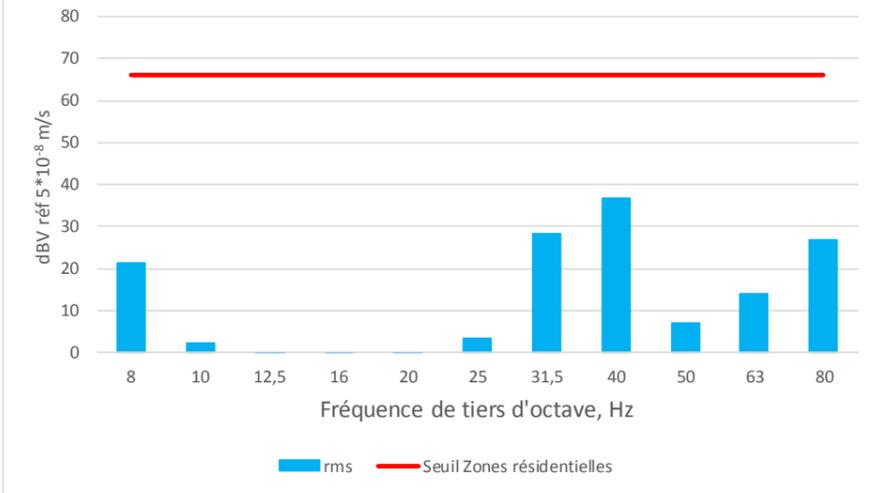
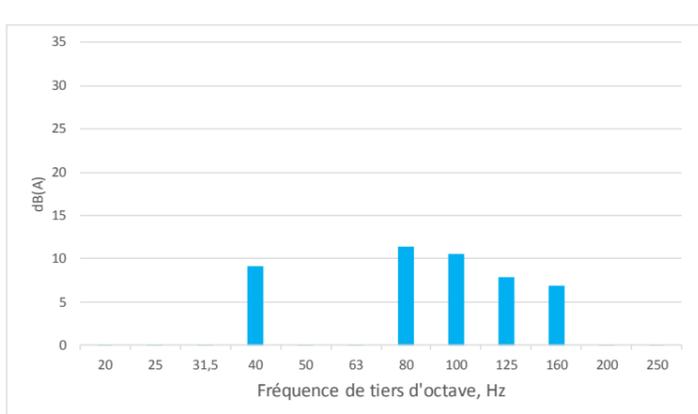
La définition des mesures de réduction ne pourra être précisée qu'après vérification, à l'aide de mesures in situ, des hypothèses relatives à l'excitation du métro, aux fonctions d'atténuation du sol et aux fonctions de transfert sol / bâtiment / étage.

8.6.7.4 Résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles

Compte tenu de la distribution des bâtiments sensibles sur le territoire, deux sites d'intérêt ont été identifiés, à Palaiseau et à Wissous. Pour chacun de ces deux sites, une modélisation vibratoire détaillée de l'impact en phase exploitation a été réalisée.



Le tableau suivant présente la localisation de ces deux sites, ainsi que les résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles réalisées par SOLDATA ACOUSTIC (le détail des résultats est donné en annexe pièce G.4.1).

Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
<p>Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe à double étage</p>	<p>Rue du Bon Puits, Wissous</p> 		 <p>$L_{Aeq, 1s} = 16 \text{ dB(A)}$, Valeur cible = 35 dB(A)</p>	<p>Vibrations : aucun dépassement Bruit solidien : aucun dépassement</p>
<p>Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe à double étage</p>	<p>Chemin des Terres Rouges, Palaiseau</p> 		 <p>$L_{Aeq, 1s} = 17 \text{ dB(A)}$, Valeur cible = 35 dB(A)</p>	<p>Vibrations : aucun dépassement Bruit solidien : aucun dépassement</p>

8.6.8. Mesures d'accompagnement en phase exploitation

Les principes de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase exploitation sont les suivantes.

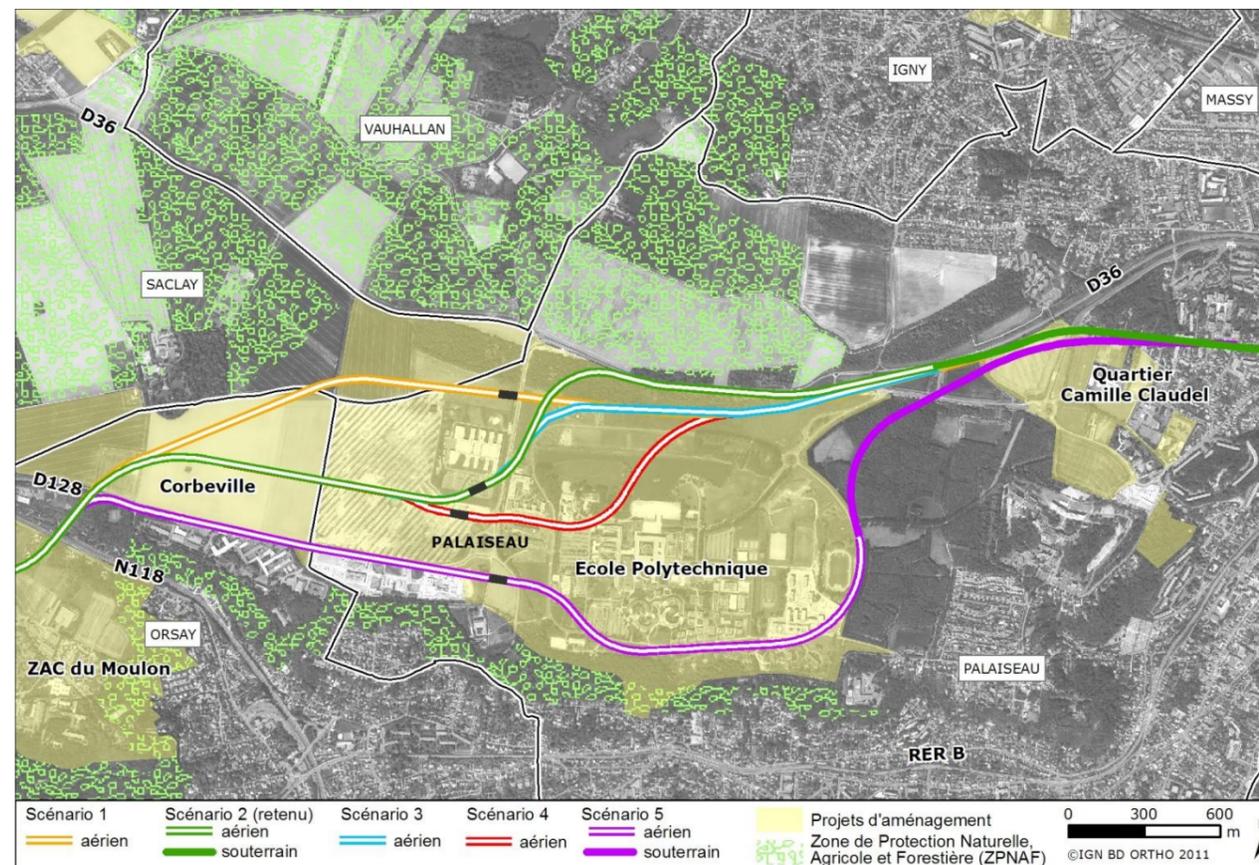
MESURES D'ÉVITEMENT

En ce qui concerne le tracé même, les mesures d'évitement ont déjà été présentées pour la phase chantier (choix de tracé optimisé, tracé aérien pour les zones sensibles, respect d'une distance minimale de sécurité entre le tunnel et les ouvrages enterrés existants, évaluation du bâti).

D'autres mesures plus spécifiquement liées à la phase exploitation concernent la limitation des charges par essieu et la réalisation de campagnes de mesure de contrôle des émissions vibratoires et acoustiques avant la mise en service (**après construction des ouvrages et avant pose de voie**).

Compte tenu des exigences très fortes des laboratoires du Plateau de Saclay, l'exploitation d'un métro fer sur le Plateau de Saclay doit nécessairement s'accompagner de la mise en place de **mesures de contrôle**. Ces mesures se distinguent des **mesures de mitigation** du fait qu'elles apparaissent inévitables mais que leur impact sur l'exploitation et les coûts sont faibles. Les mesures de mitigation probablement plus coûteuses ou plus contraignantes seront appliquées seulement si nécessaires.

Un contrôle de la pertinence des différentes mesures de réduction pourra être réalisé par **un organisme indépendant de second regard** susceptible d'être désigné dans le cadre du **plan de management du bruit et des vibrations phase exploitation** de la Société du Grand Paris.



IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Dans le cas où les mesures de contrôle ne suffiraient pas à garantir le respect des exigences, les mesures de mitigation applicables figurent dans le tableau suivant. La réduction des vibrations en basses fréquences (en-dessous de 20 Hz) nécessite la mise en place de mesures spécifiques, les solutions classiques telles que les poses de voie résilientes n'étant pas efficaces à ces fréquences.

Liste de mesures de mitigation potentielles

Description mesure de mitigation	Gain potentiel (dB)	Indice coût
Vitesse d'exploitation réduite Matériel Fer	Environ 5 dB si réduction de 80 à 60 km/h 8 à 10 dB si réduction de 80 à 40 km/h	Incidences potentielles en termes d'exploitation
Renforcement des fondations des piles de viaduc	Dépend des performances du design initial (gain potentiel de 2 à 8 dB)	Modéré (Coût d'étude et de construction des fondations)
Insertion d'une barrière entre piles et bâtiment sensible (paroi en acier raidie ou paroi moulée)	Environ 2-4 dB dès 5Hz pour une barrière de masse supérieure à 120 kg/m ² et enfoncée jusqu'à 10 m de profondeur (d'après [6])	Coût potentiellement élevé (pas d'indication de coût à ce stade)

MESURES DE SUIVI

Les mesures de compensation concernent essentiellement la **surveillance du niveau de rugosité** au contact rail/roue et l'entretien régulier des rails et des roues par les responsables de la maintenance afin de maintenir des conditions de rugosité variant de bonnes à moyennes.

Le contrôle des émissions vibratoires au droit des bâtiments les plus sensibles passe nécessairement par le maintien de bons états de surface du rail et des roues. Il est fortement recommandé de mettre en place un système permanent de surveillance des niveaux vibratoires, au droit des bâtiments les plus sensibles, permettant de suivre l'évolution des niveaux de rugosité (rail et roue) et détecter les défauts de roue (plats, ovalisation). L'étalonnage du système et la définition de seuils permettra de déclencher les actions de maintenance nécessaires (reprofilage d'essieu identifié par le système de surveillance, meulage de la voie en cas de dérive). En cas de dépassement de seuil, une alerte sera transmise à un serveur central qui identifiera la rame, la voiture, et dans la mesure du possible le bogie devant faire l'objet d'une opération de maintenance.

8.6.9. Synthèse des impacts et mesures concernant les vibrations

Les résultats de l'étude montrent globalement que :

- **le risque vibratoire est estimé faible pour la partie souterraine ;**
- **le risque vibratoire est estimé à généralement faible pour la majeure partie aérienne du tracé ;**
- **le risque vibratoire est estimé à modéré pour la partie aérienne du tracé au niveau du CEA et il est estimé fort au niveau de l'établissement THALES.**

Sur la base de ces résultats, des mesures d'accompagnement devront être envisagées au niveau du CEA secteur identifié comme sensible (section aérienne du tracé), via :

- la mise en place d'un système de pose des voies plus performant que le système de niveau 1 initialement choisi ;
- la réduction de la vitesse d'exploitation induit par l'approche en gare et la courbure ;
- le renforcement des fondations du viaduc ;
- l'insertion d'une barrière entre les piles du viaduc et les bâtiments sensibles si besoin.

Ces mesures d'accompagnement ciblées entrent dans le cadre du **plan de management des bruits et des vibrations** défini pour le projet Grand Paris Express et décliné à terme pour la Ligne 18. Il a pour but la garantie du respect des valeurs cibles acoustiques et vibratoires permettant la maîtrise des impacts du projet et la minimisation de la gêne pour les riverains.

Le tableau suivant résume les risques vibratoires (vibrations et bruit solidien) pour la Ligne 18, issus de l'analyse croisée des enjeux identifiés dans l'état initial et de l'impact estimé pour le projet.

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Section Orly - Palaiseau	Tracé en tunnel, profondeur supérieure à 20 m Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments en surface	Phase chantier : Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques (tunnelier) Phase exploitation :	Les résultats de modélisation de la phase exploitation (Wissous et Palaiseau) montrent un impact négligeable	Phase chantier : Aucune Phase exploitation : Respect du Plan de Management selon application à la ligne 18 Indemnisation des éventuels impacts constatés	Phase exploitation : Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure Evaluation bâti	Mesures de surveillance vibratoire : 500 à 800 €/mois par point de surveillance
Section Magny-les-Hameaux - Versailles	Tracé en tunnel, profondeur supérieure à 25 m Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments en surface	Pose de voie avec attaches résilients à double étage	Négligeable			
Secteur du Polytechnique présentant des établissements sensibles	Tracé aérien, viaduc Impact vibratoire sur les établissements sensibles	Phase chantier : Aucune Phase exploitation : Pose de voie avec attaches résilients à double étage Vitesse d'exploitation réduite Renforcement des fondations des piles du viaduc Insertion d'une barrière entre les piles et les bâtiments sensibles (paroi en acier raide ou paroi moulée) Techniques spécifiques de pose antivibratile	Faible	Phase chantier : Aucune Phase exploitation : Application du Plan de Management : Indemnisation des éventuels impacts constatés	Phase chantier : Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux Phase exploitation : Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure	Mesures de surveillance vibratoire : 500 à 800 €/mois par point de surveillance Techniques spécifiques de pose antivibratile : 100 à 200 € par mètre linéaire de tracé

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
Secteur du CEA présentant des établissements sensibles	Tracé aérien, viaduc Impact vibratoire sur les établissements sensibles	<p>Phase chantier : Aucune</p> <p>Phase exploitation : Pose de voie avec attaches résilients à double étage Vitesse d'exploitation réduite Renforcement des fondations des piles du viaduc Insertion d'une barrière entre les piles et les bâtiments sensibles (paroi en acier raide ou paroi moulée) Techniques spécifiques de pose antivibratile</p>	Seuil VC-E atteignable			<p>Mesures de surveillance vibratoire : 500 à 800 €/mois par point de surveillance</p> <p>Techniques spécifiques de pose antivibratile : 100 à 200 € par mètre linéaire de tracé</p>
Entre CEA et Magny les Hameaux	Tracé aérien, viaduc Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments	<p>Phase chantier : Aucune</p> <p>Phase exploitation : Pose de voie avec attaches résilients à double étage</p>	Négligeable	<p>Phase chantier : Aucune</p> <p>Phase exploitation : Application du Plan de Management : Indemnisation des éventuels impacts constatés</p>	<p>Phase chantier : Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux</p> <p>Phase exploitation : Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure</p>	<p>Mesures de surveillance vibratoire : 500 à 800 €/mois par point de surveillance</p>

Légende : Impact résiduel nul/négligeable Impact résiduel faible Impact résiduel modéré Impact résiduel fort Impact résiduel positif

8.7. Electromagnétisme

8.7.1. Rappel des enjeux

Des ondes électromagnétiques artificielles sont émises lors du fonctionnement d'appareils utilisant de l'électricité pour divers usages : téléphonie, radio, déplacement...etc.

Elles sont caractérisées par une fréquence (ou une gamme de fréquence) et une puissance associée. Elles produisent un champ électrique et un champ magnétique.

Ces ondes sont déjà très présentes dans les zones fortement urbanisées au niveau des sections du fuseau d'étude entre Orly-Palaiseau et Magny-les-Hameaux et Versailles, à cause de la forte densité d'appareils émetteurs. Les seuils réglementaires sont toutefois respectés sur l'ensemble du tronçon.

Les principaux enjeux liés à l'électromagnétisme résident dans la présence de nombreux établissements au niveau du CEA de Saclay et de la zone de Polytechnique où un certain nombre de laboratoires et entreprises présents dans ce secteur ont déjà fait connaître leur sensibilité particulière aux ondes électromagnétiques (et vibratoires) :

- Thales ;
- L'IOGS (Institut d'optique Graduate School) ;
- Nano Innov ;
- Nano Sciences ;
- Horiba ;
- Laboratoires de l'école polytechnique.

8.7.2. Description des mécanismes à l'origine des ondes électromagnétiques liées à l'exploitation du métro de la Ligne 18

L'étude des ondes électromagnétiques et de leurs effets nécessitent la prise en compte de trois éléments :

- La source : élément produisant les ondes, un appareil électrique ou un câble transporteur en général ;
- Un vecteur : élément parcouru par l'onde, en général l'air, mais cela peut être l'eau ;
- Une cible : élément sur lequel vont être étudiés les effets des ondes électromagnétiques.

Le rayon d'action d'un champ électromagnétique et ses actions dépendent directement du vecteur et de ses propriétés. Il dépend aussi des caractéristiques de la source :

- la fréquence des ondes produites ;
- la tension et l'intensité du courant concerné.

Enfin, il dépend des caractéristiques de la ou des cibles :

- Chaque type de cible est sensible à une gamme de fréquences donnée :
 - o l'oreille humaine et le corps humain ne perçoivent qu'une petite partie des fréquences ;
 - o certains appareils sont sensibles à ce type d'ondes pour des gammes de fréquences données et voient leur fonctionnement perturbé ;
- la distance de la cible à la source.

Dans le cas du métro de la Ligne 18, les principales **sources** sont les suivantes :

- La ligne d'alimentation : 3^{ème} rail ;
- Les rails: non électrifiés et en contact avec le sol ou le viaduc émettent des courants de fuite qui peuvent engendrer des perturbations ;
- Les antennes permettant la communication entre la rame et divers points (poste de commandement, poste en station, poste technique) : les antennes simulées sont des antennes UHF de type TETRA et de type GSM-R,
- Des transformateurs (le nombre par gare varie) permettant de convertir le courant basse tension fournie par EDF en courant adapté aux divers usages : ces transformateurs étant situés dans des locaux adaptés à la limitation des champs électromagnétiques, ils ne feront pas l'objet de simulation,
- Divers appareils électriques permettant le fonctionnement des installations annexes, en particulier les escaliers mécaniques. La diversité de ces appareils, le confinement de la partie électrique dans des parties adaptées et les dispositions prises par les constructeurs ne permettent pas une analyse précise de ces appareils. Le choix des appareils réellement installés relève de la responsabilité de l'entreprise de travaux.
- Les appareils électriques portés par les usagers : le fort développement des technologies mobiles de l'information (téléphonie – smartphones, ordinateurs portables, etc.) conduit à ce que les usagers transportent de plus en plus de sources d'ondes électromagnétiques et à ce que la densité de ces sources devienne extrême. Il est réaliste d'envisager sur chaque usager la présence d'au moins une source.

Dans le cas du métro de la Ligne 18, l'énergie électrique est acheminée via l'utilisation d'un 3^{ème} rail. Ce dernier est un simple rail disposé généralement sur la partie latérale de la voie. Le lien entre le métro est réalisé à l'aide de patin glissant sur ce même rail.

D'un point de vue des champs électromagnétiques, le 3^{ème} rail, en absence de métro (sans captation d'énergie électrique), peut se comporter comme une ligne émettant des ondes basses fréquences. Durant la phase de captation de l'énergie électrique, le contact réalisé soit par un pantographe soit par des patins n'est jamais parfait. Ce contact imparfait est l'origine de d'arcs électriques de courtes durées. Les arcs électriques générés sont des phénomènes engendrant des ondes hautes fréquences (phénomène à large bande fréquentielle).

Les dispositifs de conversions d'énergie présents dans le métro sont également des sources de champs électromagnétiques. De manière générale, les systèmes de conversions génèrent des ondes basses fréquences.

Remarque importante :

Avec le développement important de la téléphonie mobile, en particulier des smartphones et de la technologie 3G et 4G, la présence des ondes électromagnétiques dans des zones de fortes concentration humaine devient de plus en plus forte : avec un téléphone portable pour quasiment un passager, la présence des ondes électromagnétiques dans les rames, mais aussi sur les quais et dans les gares devient très importante.

Le **vecteur** (élément parcouru par l'onde) peut être :

- l'air interne au tunnel et des infrastructures souterraines (couloirs, gares, ...) ;
- la structure en béton du tunnel et celle portant la voie et les quais ;
- le sol naturel, vecteur de propagation de l'onde entre le tunnel et la surface ou d'autres structures (fondations, ouvrages souterrains).

Les **cibles** sont composées des éléments sensibles :

- les passagers et personnels d'exploitation présents dans le train et sur les quais ;
- les personnes situées en deçà d'une distance donnée dépendant des caractéristiques des ondes et de celle des vecteurs ;
- les établissements sensibles à ce genre d'onde, notamment les hôpitaux ou laboratoires de recherche (en raison des appareillages utilisés) ;
- à plus large échelle : toute source d'onde pouvant être modifiée par un champ électromagnétique ayant des caractéristiques suffisantes (fréquence, puissance ou amplitude). Par exemple, un radar émettant des ondes à une fréquence donnée pour la détection verra son fonctionnement perturbé par la circulation d'ondes de même fréquence dans sa zone d'action.

8.7.3. Impacts et mesures en phase chantier

Les impacts de la phase chantier sont très difficiles à évaluer et à quantifier. Ils dépendent étroitement des matériels utilisés pour la construction de l'infrastructure et de leur mode d'alimentation et d'utilisation en énergie.

Les matériels fonctionnant à l'électricité sont les premiers concernés. Les matériels fonctionnant avec des carburants liquides de type essence ou fuel ne doivent pas être négligés car des éléments électriques y sont intégrés (batterie, alternateur, etc.).

Les matériels mobiles sont les tunneliers et les matériels associés. Les tunneliers, et le train « usine » qui suit chacun d'eux, fonctionnent à partir de moteurs électriques d'environ 350 kW de puissance dont le nombre est adapté aux caractéristiques du tunnel à creuser et à la géologie locale.

Les tunneliers seront alimentés par plusieurs moteurs, tout comme le train suiveur possédant des moteurs électriques de moindre puissance.

En termes d'ondes électromagnétiques, les émissions de ces moteurs restent compatibles avec les valeurs de référence indiquées dans la pièce G.1 de l'étude d'impact, en particulier celles relatives à la santé humaine. Les champs électriques et magnétiques ont une faible portée : ils sont fortement atténués à une faible distance. Ils restent donc confinés dans le tunnel.

En pratique, dès l'extérieur du tunnel, ces champs sont réduits. De plus, le ferrailage du béton des voussoirs joue le rôle de cage de Faraday et donc limite très fortement l'existence de ces champs.

Pour les personnels faisant fonctionner ces machines, les impacts sont faibles. Les constructeurs ont pris les dispositions nécessaires. Les simulations ci-dessous, transposables aux machines de type tunnelier, montrent que les postes de conduite ne sont pas atteints par des ondes dépassant les valeurs de référence.

Les matériels fixes sont situés sur la base chantier des ouvrages à construire concernés. La typologie exacte de ces matériels dépend de choix techniques de l'entreprise de travaux, qui seront désignés par appel d'offre, et ne peut donc être précisée ici.

Le type de matériels suivants pourra être présent :

- **Les grues** : ces matériels fonctionnent à l'électricité principalement. La puissance des moteurs, donc l'intensité des champs électriques et magnétiques émis, dépend directement de la puissance de la grue. Les constructeurs de ces engins ont pris les dispositions nécessaires pour limiter la portée de ces champs en dehors du confinement moteur. Les grues seront déplacés le long du linéaire du viaduc pour la mise en place des travées notamment ;
- **Les engins mobiles de chargement/déchargement** : ces engins fonctionnent principalement avec des carburants liquides. Ils disposent néanmoins en leur sein de dispositifs électriques émetteurs de champs électromagnétiques. Par construction, ces champs sont confinés à l'échelle de l'engin ;
- **Les câbles d'alimentation d'installations fixes** : ces câbles, assurant la liaison entre le réseau électrique général et diverses installations fixes, émettent des champs électromagnétiques. L'isolant qui constitue la gaine et, pour ceux qui sont enterrés, la terre qui les recouvre fortement la puissance et la portée des champs électromagnétiques.

En pratique, les matériels émetteurs de champs électromagnétiques présents sur la base chantier présentent tous des dispositions permettant d'en réduire la portée.

Les impacts directs liés à ces champs et aux ondes électromagnétiques associées sont donc jugés négligeables à nuls. Aucun impact indirect n'est identifié.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Le chantier nécessitant l'emploi de matériels électriques générateurs d'ondes électromagnétiques (tunnelier, installations et engins de chantiers), les mesures d'évitement ne peuvent être envisagées.

Les mesures de réduction ont pour objectif de limiter les émissions d'ondes électromagnétiques susceptibles d'être émises au niveau du chantier :

- **Choisir des matériels performants sur ce critère** : Il s'agit d'optimiser les matériels entre leur efficacité sur le chantier et les doses d'ondes électromagnétiques émises. Le respect des valeurs de référence est l'un des critères de mesure, donc de choix des matériels concernés.
- **Mise en place de cages de Faraday ou équivalent** : En cas d'utilisation de matériel fortement émetteur d'ondes électromagnétiques, il existe des moyens « d'isolement » de ces matériels pour en limiter spatialement les effets sur le principe de la cage de Faraday.

Ce type de mesure est d'autant plus important dans les zones où des matériels sensibles à ces ondes existent (hôpitaux, aéroport,...).

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les ondes électromagnétiques émises par les chantiers devraient rester en dessous des valeurs de référence en dehors du tunnel et en dehors des emprises chantier.

Elles le sont aussi dans la quasi-totalité des emprises chantier, les matériels électriques utilisés étant localisés et équipés de systèmes limitant. Aucune mesure de compensation n'est donc envisagée.

MESURES DE SUIVI DANS LE TEMPS

Contrôle des émissions électromagnétiques au droit des bâtiments les plus sensibles identifiés dans la pièce G.1 et rappelées ici.

8.7.4. Impacts et mesures liés au tunnel en phase d'exploitation

La Ligne 18 s'insère en souterrain sur environ 61% du linéaire mais présente également une partie en viaduc. Les impacts relatifs aux ondes électriques et magnétiques émises lors de la phase d'exploitation ont été évalués à partir d'une modélisation du matériel roulant en souterrain d'une part et d'autre sur la partie aérienne au niveau des zones sensibles de l'Ecole Polytechnique.

L'objectif de cette modélisation sur la section souterraine de la Ligne 18 a été d'analyser l'impact électromagnétique de la Ligne 18 par simulation :

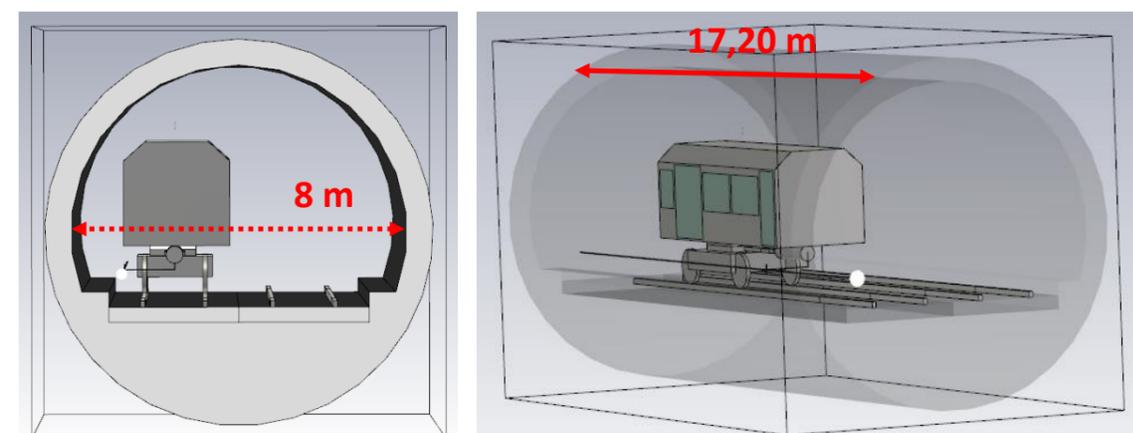
- Le niveau du champ électromagnétique a été calculé à l'intérieur de la rame, afin de savoir si les passagers ne seraient pas exposés à des valeurs de champs supérieurs aux niveaux recommandés,
- Le niveau de champ électromagnétique a également été calculé à l'extérieur du tunnel.

L'étude s'est faite en deux temps :

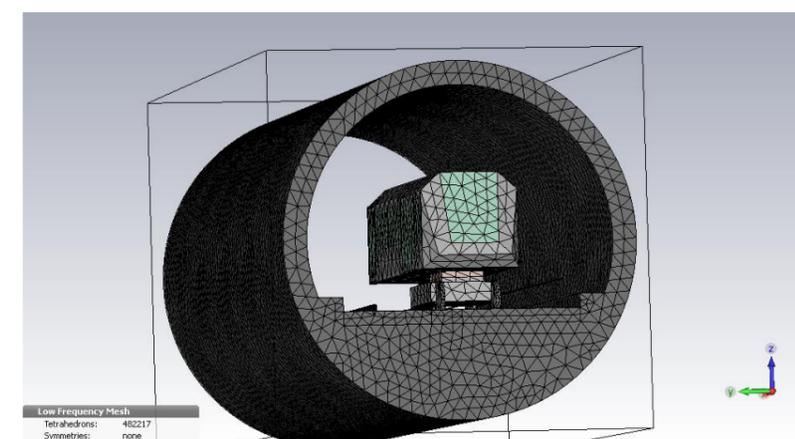
- Dans un premier temps, elle s'est attachée à évaluer la valeur du champ magnétique émis par l'alimentation de la rame effectuée par le troisième rail (DC, 2000 A).
- Dans un second temps, elle a tenté d'évaluer le rayonnement émis par les antennes UHF de communication (TETRA, GSM-R, Wifi).

8.7.4.1 Principe de simulation

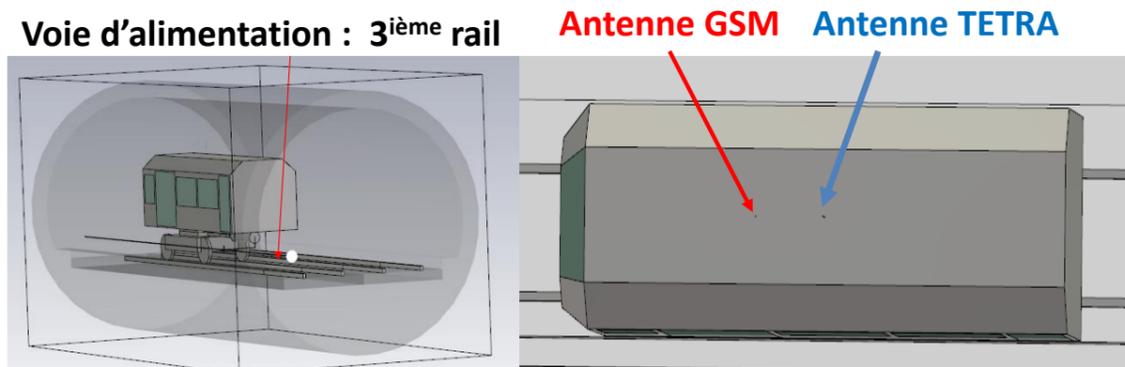
La configuration suivante a été modélisée soit une situation en tunnel pour la totalité de la rame.



Représentation du modèle d'une section en tunnel (EMITECH)



Représentation du maillage dans le cas de la simulation du rayonnement de la voie d'alimentation via le troisième rail (EMITECH)



Alimentation de la rame (à gauche) et emplacement des antennes UHF sur le toit de rame (à droite)

La précédente figure montre l'alimentation de la rame via le 3^{ème} rail. Le courant d'alimentation pris pour les simulations est de 2000 A. En effet, ce niveau de courant est un niveau maximal et par conséquent il est représentatif d'un pire cas. Ainsi les potentiels impacts seront moindres avec un niveau de courant plus faibles.

8.7.4.2 Valeurs de recommandation

Les équipements présents en bord de voie, sur le quai, à proximité de la voie ou proche du tunnel doivent supporter au moins 20 V/m pour les matériels les plus robustes, et 10 V/m pour les autres, aux fréquences de fonctionnement des antennes.

Concernant le champ magnétique, deux limites sont applicables : 30 A/m et 300 A/m à la fréquence du réseau, suivant l'endroit où est installé l'équipement. Les niveaux dépassant ces limites devront faire l'objet d'analyses complémentaires et nécessiteront de prendre des dispositions.

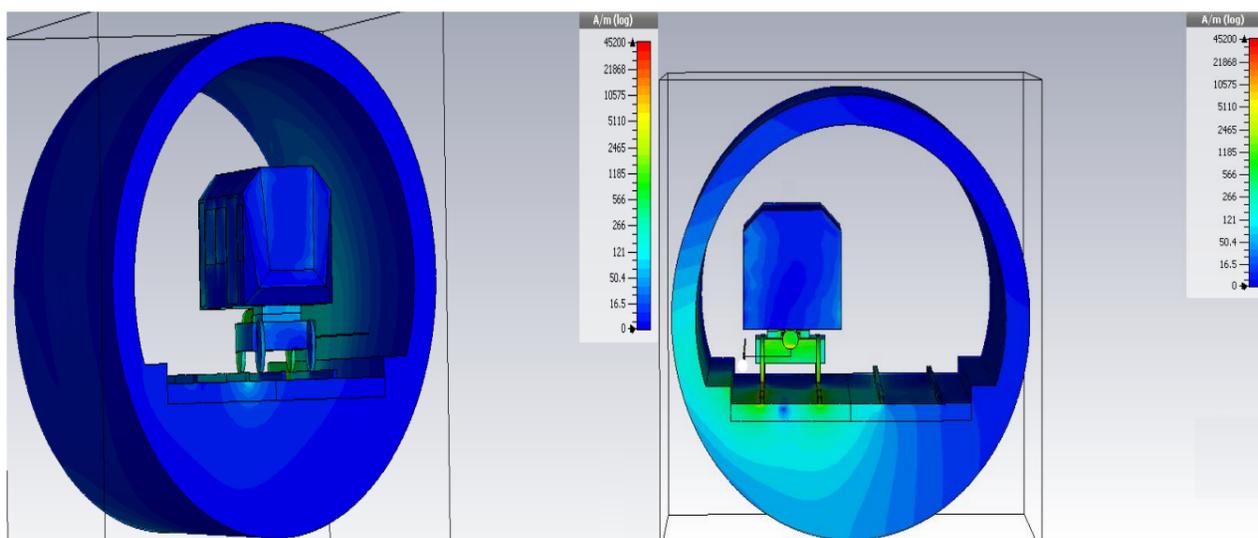
Le tableau ci-dessous indique les niveaux maximums recommandés des champs électrique (Champ E) et magnétique (Champ H) émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE.

Standards / Fréquence		Champ E (V/m)		Champ H (A/m)	
		Efficace	Max.	Efficace	Max.
DC		N/A	N/A	3.2E4	4.52E4
50 Hz		5000	7071	80	113
TETRA	380 MHz	28	39.6	0.073	0.10
	470 MHz	28.8	40.7	0.080	0.11
GSM (900)	880 MHz	40,8	57,7	0,110	0,155
	890 MHz	41,0	58,0	0,110	0,156
	902 MHz	41,3	58,4	0,111	0,157
	915 MHz	41,6	58,8	0,112	0,158
WIFI	2,4 GHz	61	86,3	0,16	0,226

Niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatifs à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE

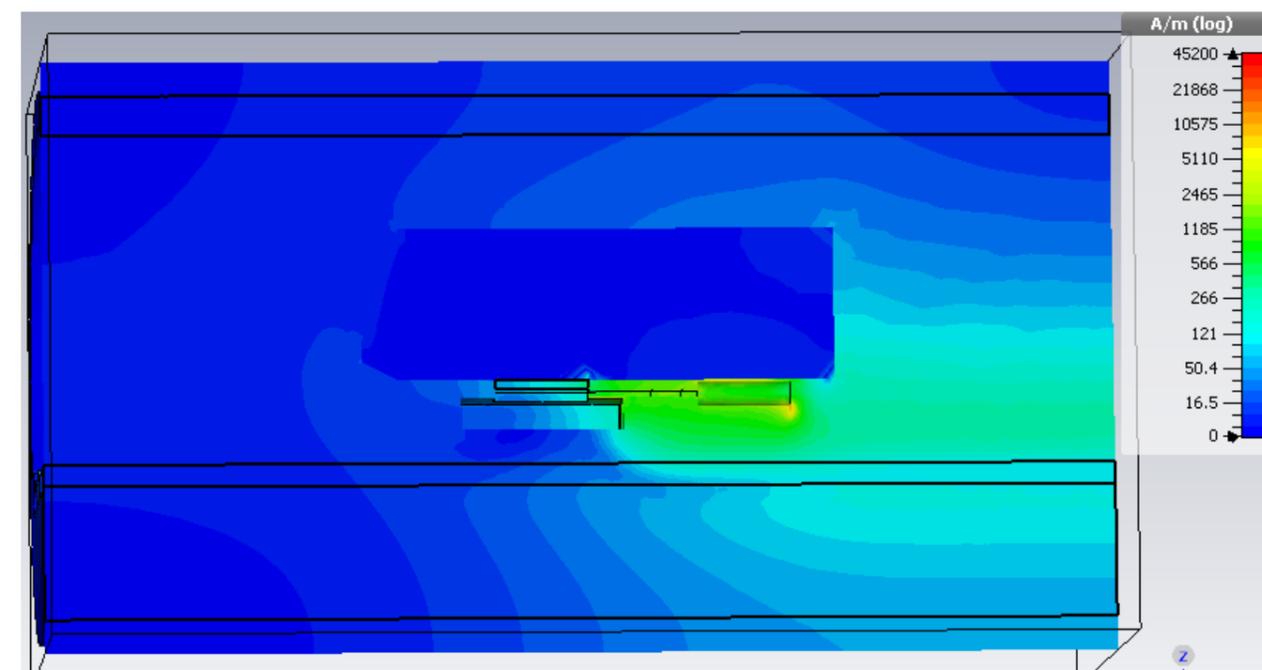
8.7.4.3 Impacts directs et indirects des émissions de champ magnétique émises par l'alimentation via le 3^{ème} rail

Dans la recommandation 1999/519/CE, il est stipulé que le niveau maximal du champ magnétique perçu doit être en dessous de 4,52^{E4} A/m. Les résultats de la simulation des émissions rayonnées en champs magnétique de la ligne d'alimentation sont présentés ci-dessous. Il est à noter que les résultats de simulation sont donnés sous formes de cartographies du champ dont l'amplitude est codifiée par une couleur donnée. Une échelle de couleur est associée à chaque cartographie et cette même échelle présente le niveau de champ en fonction de la couleur.



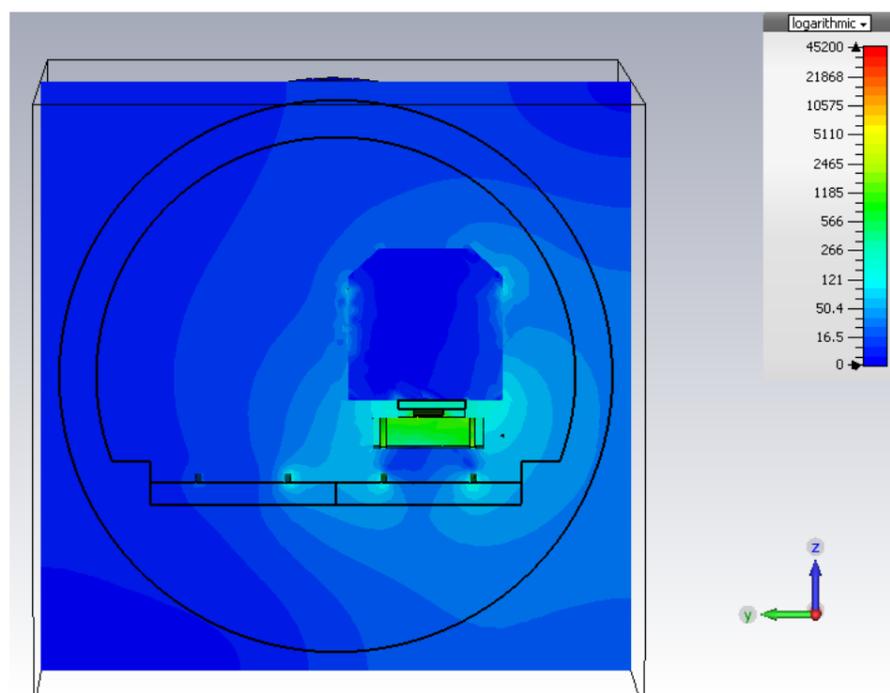
Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel, vue 3D de face (à gauche) - Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel, vue 3D de l'arrière (à droite)

Les deux cartographies précédentes du champ magnétique montrent que les niveaux générés par la ligne d'alimentation sont très inférieurs au niveau recommandé pour l'exposition au public. Ainsi dans cette configuration souterraine les niveaux de champs magnétiques sont inférieurs au niveau de $4,52^{E4}$ A/m (45200 A/m) de la Recommandation 1999/519/CE. Les deux figures suivantes présentent la cartographie du champ magnétique suivant une coupe orthogonale et longitudinale.



Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel. Coupe longitudinale au milieu de la rame

La valeur du champ magnétique émis par la voie d'alimentation est de l'ordre de 2000 A/m dans la zone proche du troisième rail et des moteurs. A l'intérieur de la rame, le champ magnétique est de l'ordre 30 A/m au maximum. Sur le toit de la rame, le champ magnétique est de l'ordre de 100A/m.



Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel. Coupe orthogonale au milieu de la rame

Conclusion concernant les émissions magnétiques engendrées par la voie d'alimentation :

Dans la configuration modélisée, les niveaux d'ondes perçus par les usagers au sein de la rame ou sur les quais est très faible. Ces niveaux d'ondes sont largement en dessous des seuils de la Recommandation 1999/519/CE. **L'impact sanitaire est donc considéré comme relativement négligeable.**

A l'extérieur de la structure du tunnel, la valeur du champ magnétique est de l'ordre de 200 A/m. En prenant en compte la décroissance du champ lors de sa propagation, ainsi que l'atténuation due au sous-sol, les niveaux dans le cas réel seront moins importants.

De ce fait, l'impact sur les équipements en dehors du projet, et particulièrement ceux des établissements sensibles en surface sera négligeable, voire inexistant, en raison de la distance et du milieu de dispersion de l'onde.

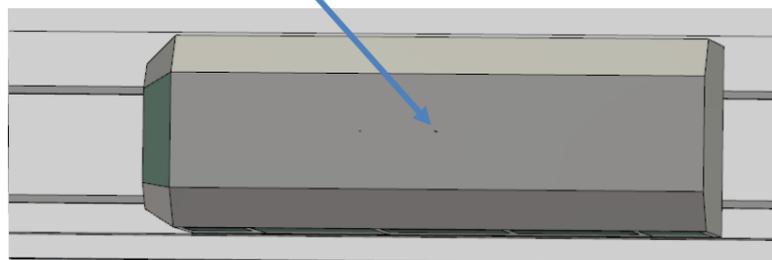
8.7.4.4 Champs électrique et magnétique générés par l'antenne TETRA

La modélisation du rayonnement électromagnétique produit par les antennes TETRA, GSM et WIFI a été effectuée. Les antennes TETRA et GSM sont situées sur le toit de la rame. Quant à l'antenne WIFI, celle-ci est positionnée à l'intérieur de la rame.

Le modèle de simulation est à nouveau constitué de la structure du tunnel, des rails, et de la rame de métro.

Le système TETRA (TERrestrial TRunked RADio) est un système de radiocommunication numérique mobile bidirectionnel. Pour cette application, les fréquences de fonctionnement du système TETRA sont situées dans la gamme de fréquence 380 MHz - 470 MHz. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 15 mm et de hauteur 150 mm.

Antenne TETRA (monopole)
Hauteur=150mm, Diamètre=15mm
Puissance fournie=31,62W (45 dBm) (*)



(*): ETS 300 392-2 Radio Equipment and Systems (RES);

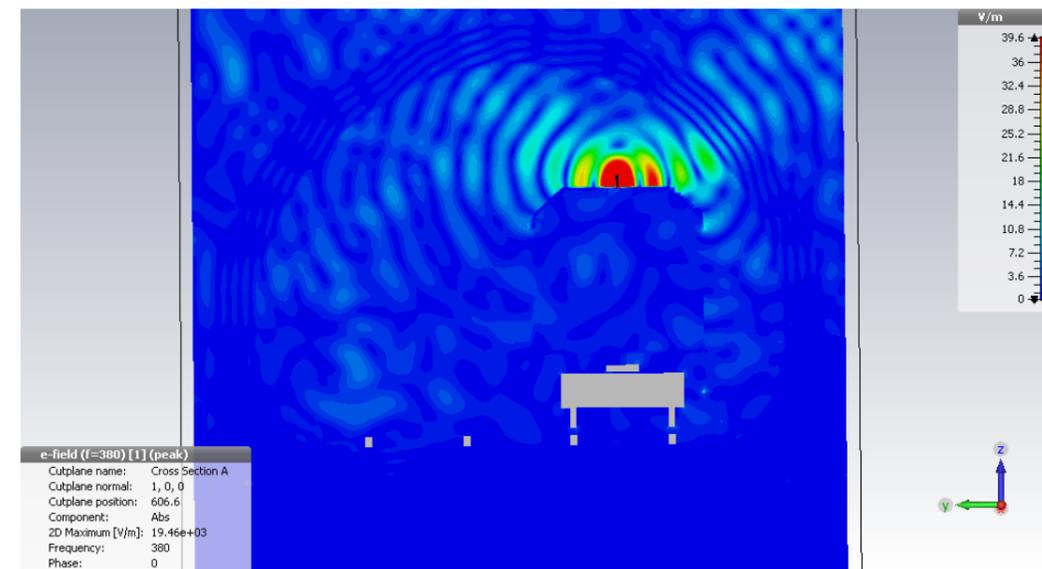
Dimensions et puissance fournie de l'antenne TETRA

Champ électrique :

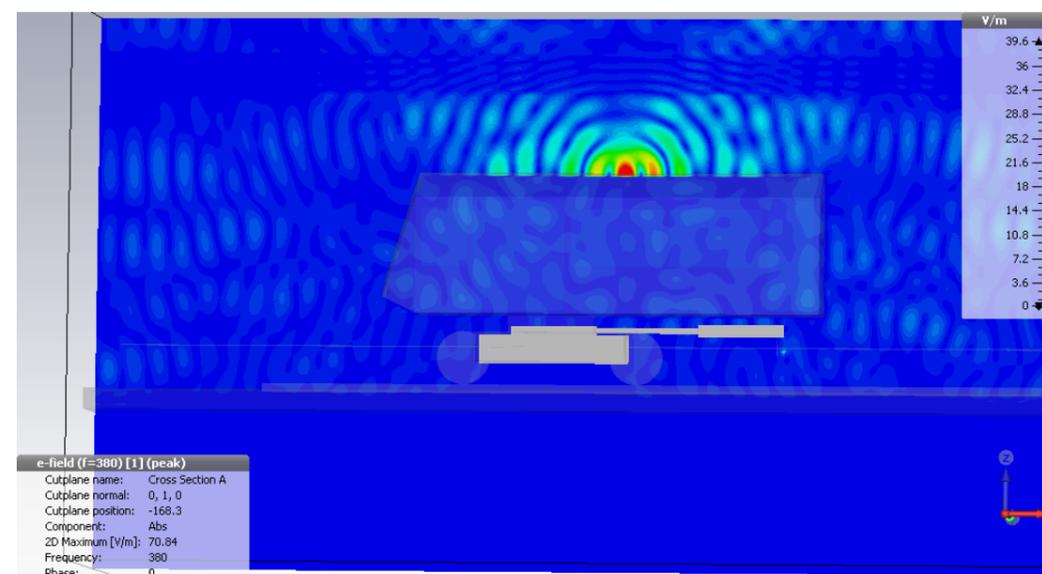
Concernant le champ électrique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 39,6 V/m pour $f = 380$ MHz,
- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 40,7 V/m pour $f = 470$ MHz.

Les figures suivantes présentent les résultats du modèle d'émission de champ électrique pour l'antenne TETRA aux fréquences de 380 MHz et 470 MHz:

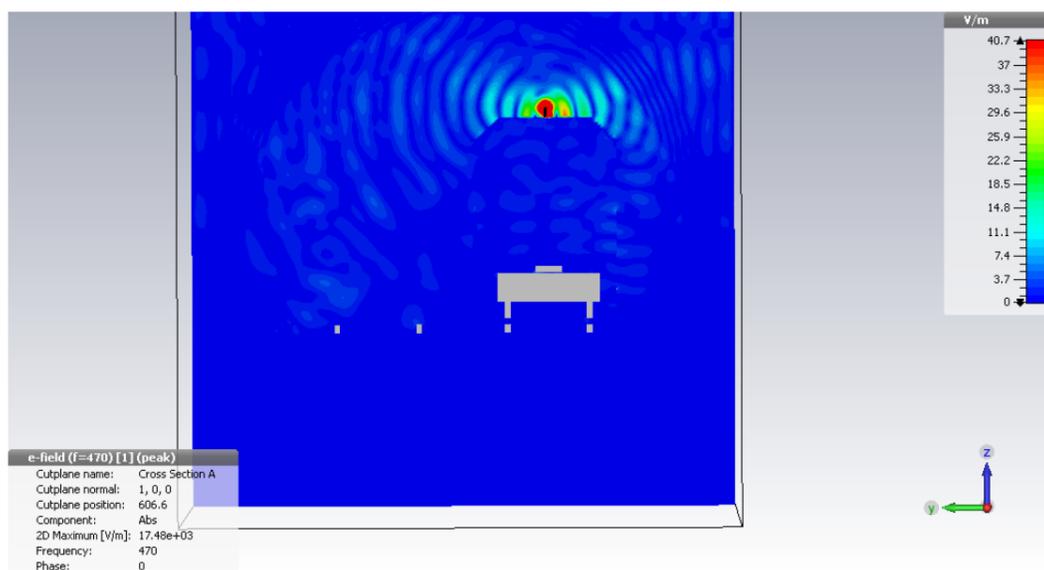


Champs électrique par l'antenne TETRA pour $f = 380$ MHz : coupe transversale

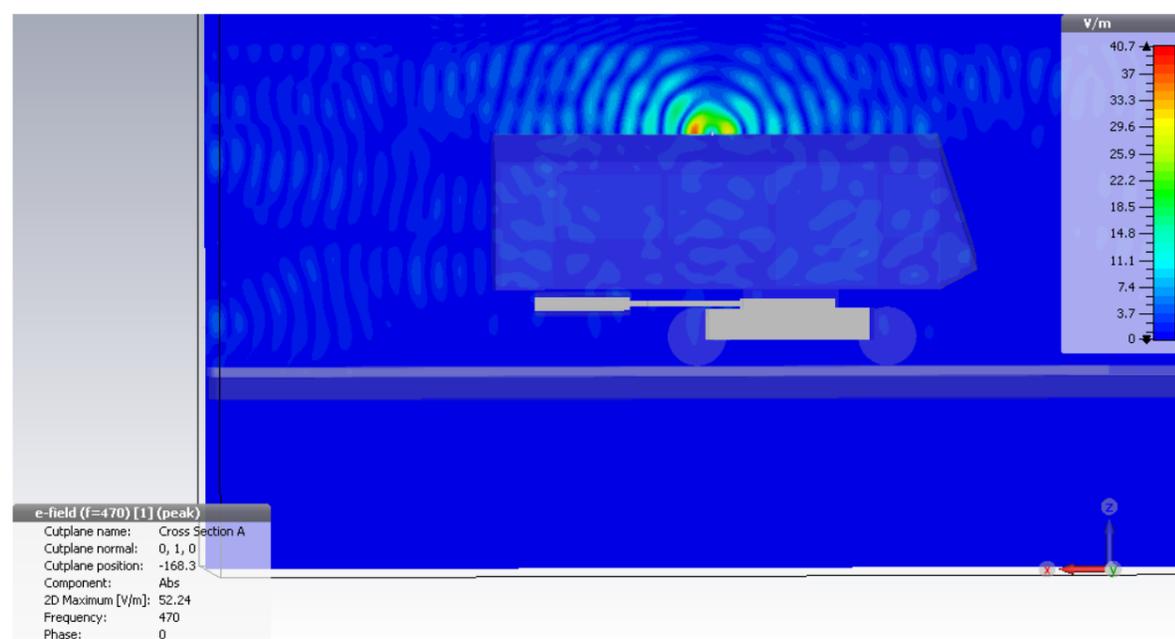


Champs électrique rayonné par l'antenne TETRA pour $f = 380$ MHz : coupe longitudinale

A la fréquence de 380 MHz, le niveau de champ électrique est inférieur au niveau de la Recommandation 1999/519/CE dans la rame et dans le tunnel. Toutefois, dans une zone proche de l'antenne (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne) le niveau de champ dépasse les niveaux spécifiés par la Recommandation 1999/519/CE. Cette zone étant situé sur le toit du métro, il n'y pas de risque directe pour le public. Le champ perçu est largement inférieur aux valeurs de recommandations.



Champs électrique par l'antenne TETRA pour f = 470 MHz : coupe transversale



Champs électrique rayonné par l'antenne TETRA pour f = 470 MHz : coupe longitudinale

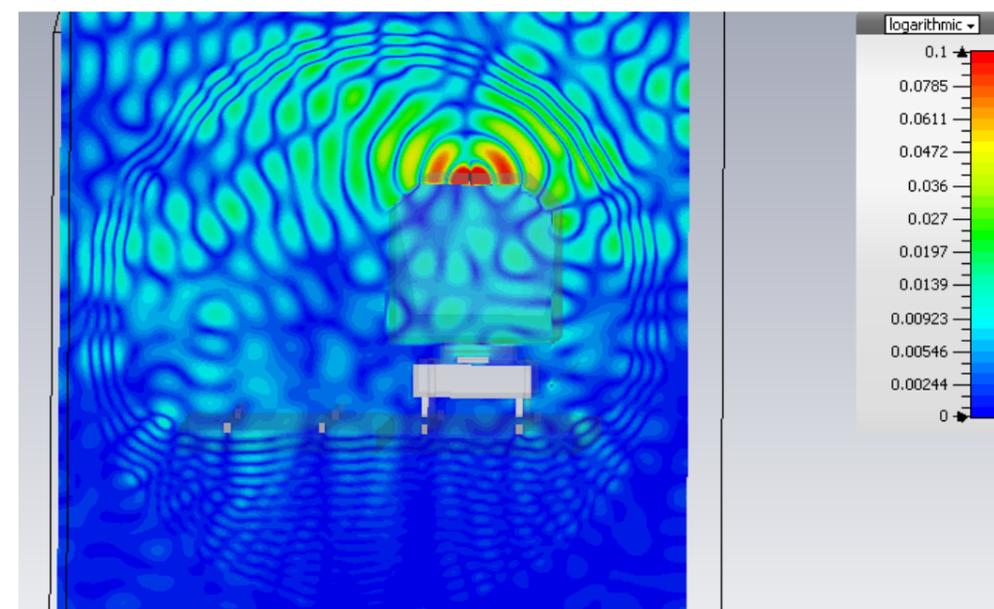
A la fréquence de 470 MHz, le niveau de champ électrique est inférieur au niveau de la Recommandation 1999/519/CE dans la rame et dans le tunnel. Toutefois, dans une zone proche de l'antenne (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne) le niveau de champ dépasse les niveaux spécifiés par la Recommandation 1999/519/CE. Cette zone étant situé sur le toit du métro, il n'y pas de risque directe pour le public. Le champ perçu est largement inférieur aux valeurs de recommandations.

Champ magnétique :

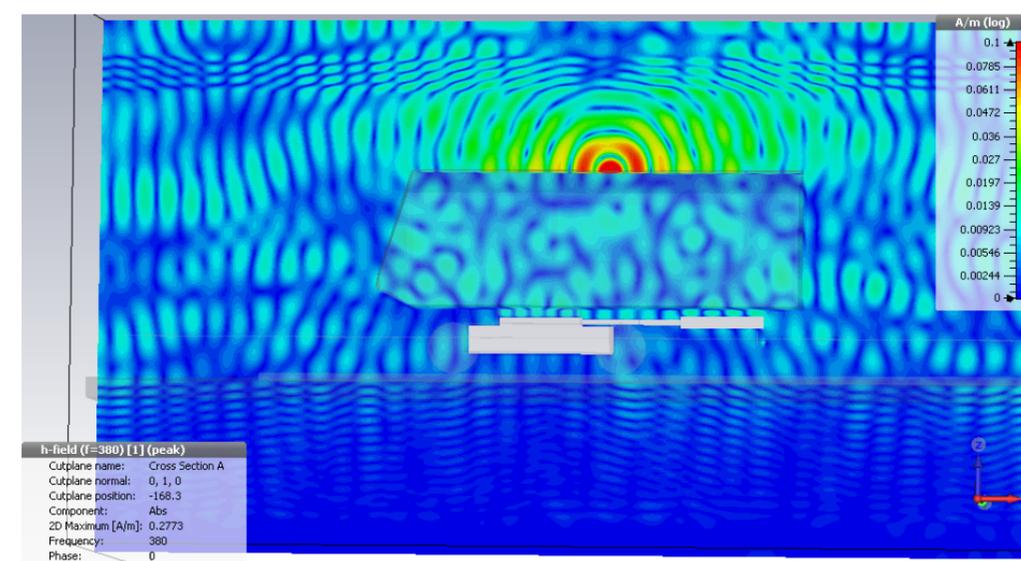
Concernant le champ magnétique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0,1 A/m pour f = 380 MHz
- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0,11 A/m pour f = 470 MHz

Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ magnétique pour l'antenne TETRA à 380 MHz et 470 MHz.

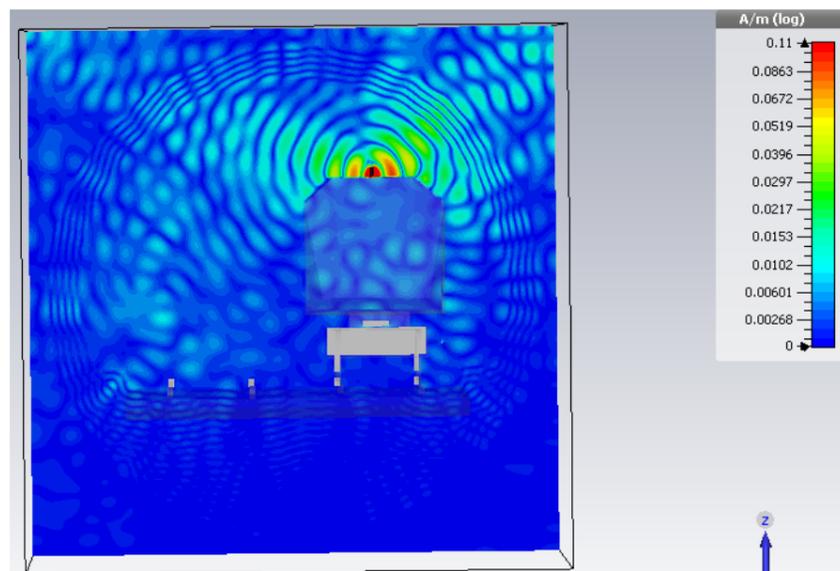


Champs magnétique rayonné par l'antenne TETRA pour f = 380 MHz : coupe transversale

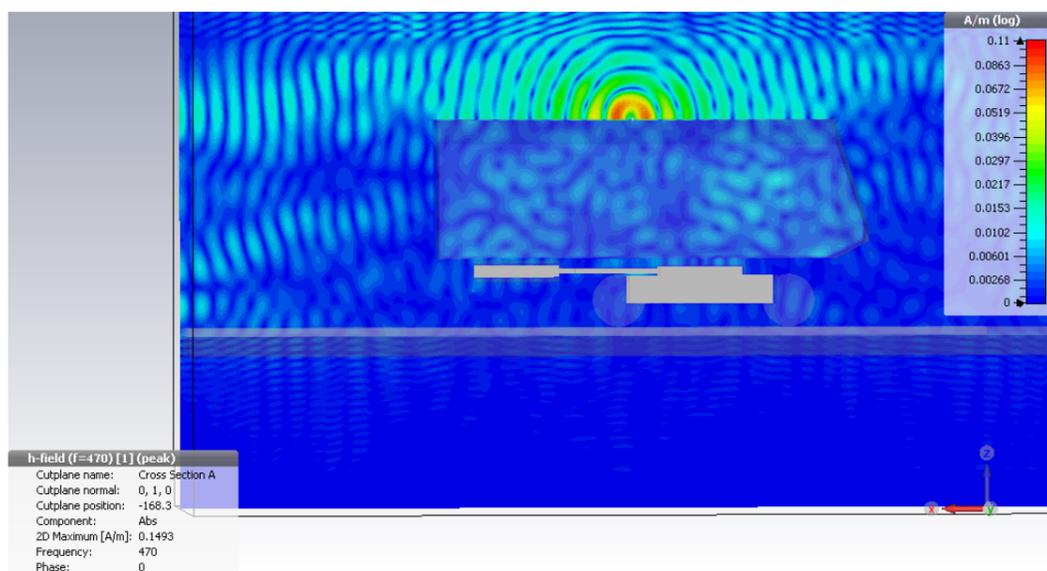


Champs magnétique rayonné par l'antenne TETRA pour f = 380 MHz : coupe longitudinale

A la fréquence de 380 MHz, le niveau de champ magnétique est inférieur au niveau de la Recommandation 1999/519/CE dans la rame et dans le tunnel. Toutefois, dans une zone proche de l'antenne (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne) le niveau de champ dépasse les niveaux spécifiés par la Recommandation 1999/519/CE. Cette zone étant situé sur le toit du métro, il n'y pas de risque directe pour le public. Le champ perçu est largement inférieur aux valeurs de recommandations.



Champs magnétique rayonné par l'antenne TETRA pour $f = 470$ MHz : coupe transversale



Champs magnétique rayonné par l'antenne TETRA pour $f = 470$ MHz : coupe longitudinale

A la fréquence de 470 MHz, le niveau de champ magnétique est inférieur au niveau de la Recommandation 1999/519/CE dans la rame et dans le tunnel. Toutefois, dans une zone proche de l'antenne (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne) le niveau de champ dépasse les niveaux spécifiés par la Recommandation 1999/519/CE. Cette zone étant situé sur le

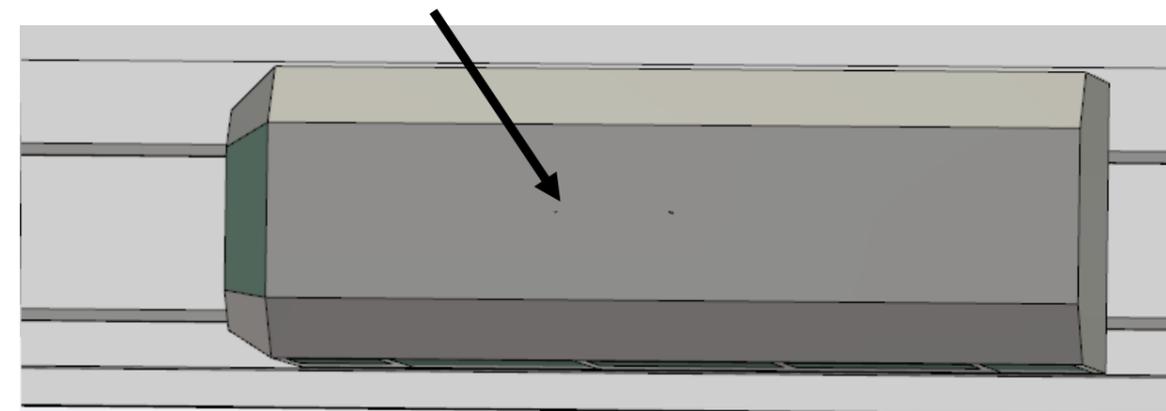
toit du métro, il n'y pas de risque directe pour le public. Le champ perçu est largement inférieur aux valeurs de recommandations.

Champs électrique et magnétique générés par l'antenne GSM :

De manière analogue aux modèles entrepris ci-dessus pour l'antenne TETRA, une analyse a été faite sur la base d'une antenne GSM positionnée sur le toit de rame.

Dans le cas d'étude, le GSM900 a été considéré et notamment la fréquence de 880 MHz. La puissance de l'antenne a été spécifiée à 8 W. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 7 mm et de hauteur 65 mm.

**Antenne GSM (monopole)
Hauteur=65mm, Diamètre=7mm**

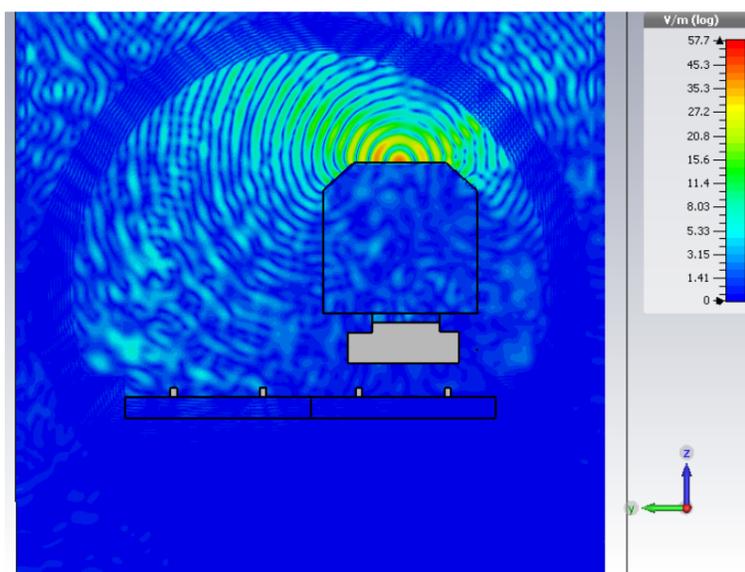


Dimensions et position de l'antenne GSM

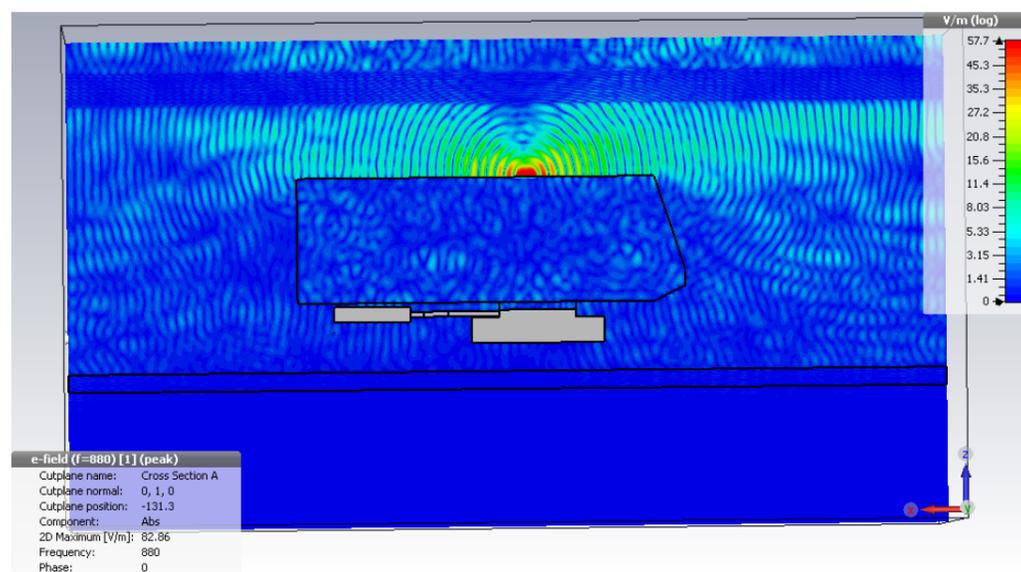
Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ électrique pour l'antenne GSM.

Concernant le champ électrique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 57.7 V/m pour $f = 880$ MHz,



Champs électrique par l'antenne GSM pour f = 880 MHz : coupe transversale



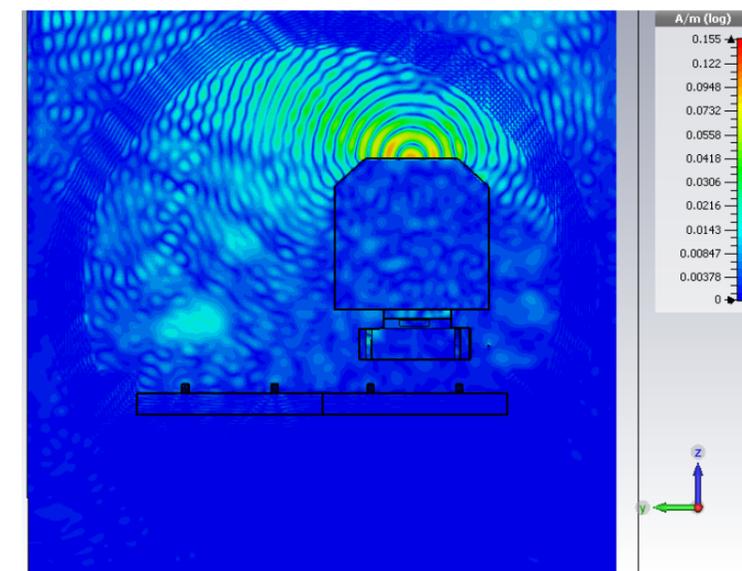
Champs électrique par l'antenne GSM pour f = 880 MHz : coupe longitudinale

Le champ électrique à proximité directe (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne) de l'antenne est supérieur à 57.7 V/m. Ce même champ se dissipe avec la distance en surface de la rame. Le champ à l'intérieur de la rame et dans le tunnel est très inférieur aux valeurs de la Recommandation 199/519/CE. Le niveau de champ électrique est d'environ 3 V/m à l'intérieur de la rame.

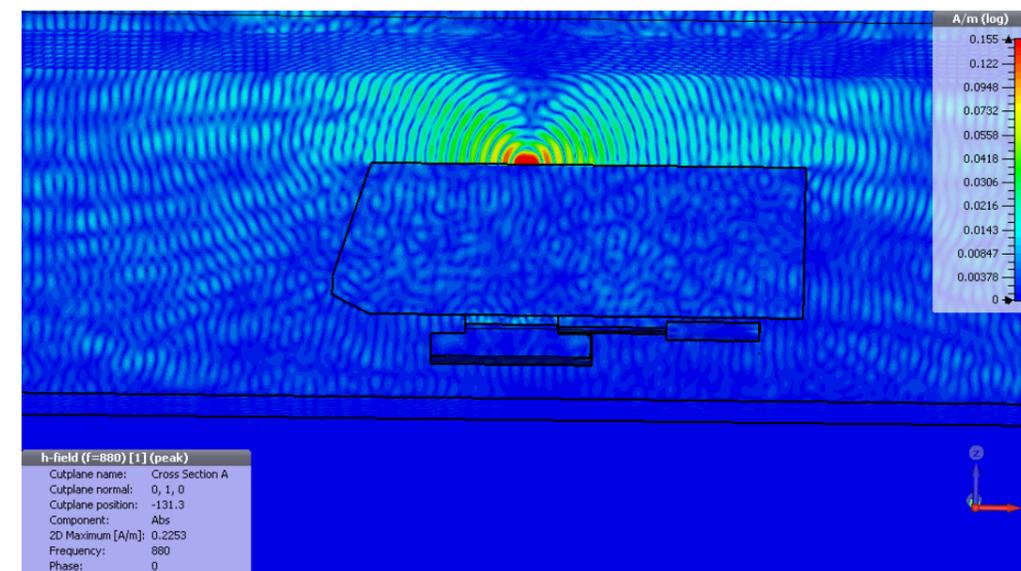
Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ magnétique de l'antenne GSM.

Concernant le champ magnétique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0,155 A/m pour f = 880 MHz



Champs magnétique par l'antenne GSM pour f = 880 MHz : coupe transversale



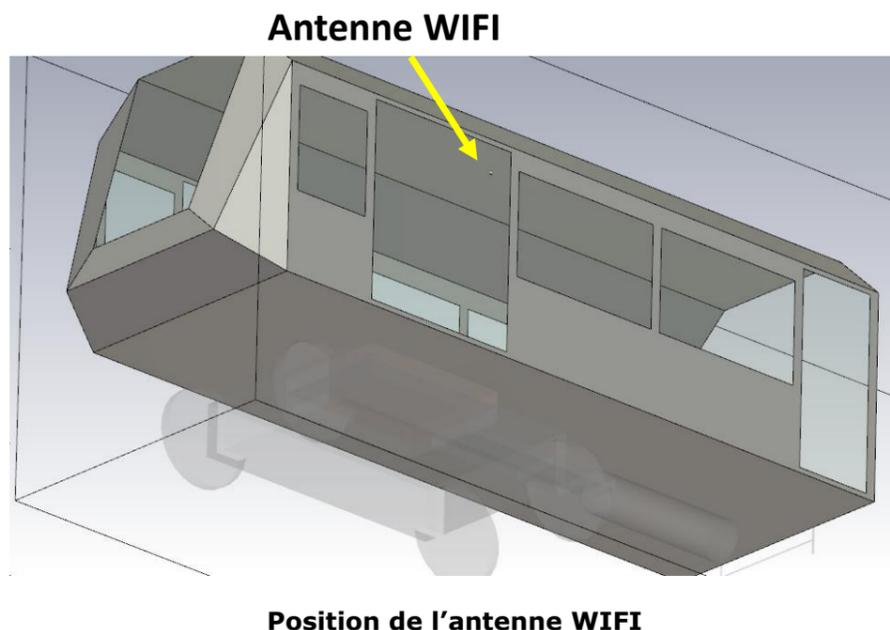
Champs magnétique par l'antenne GSM pour f = 880 MHz : coupe longitudinale

D'après la cartographie du champ magnétique précédente, on peut constater que les niveaux dans la rame et dans le tunnel sont très inférieurs aux valeurs de la Recommandation 199/519/CE. Cependant, dans une zone proche de l'antenne (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour de l'antenne), le niveau de champ magnétique est supérieur aux valeurs de la recommandation. Dans la rame, le niveau de champ est d'environ 0,008 A/m.

De ce fait, il est à noter que **l'impact sanitaire du rayonnement de l'antenne GSM est relativement négligeable.**

Champs électrique et magnétique générés par l'antenne WIFI :

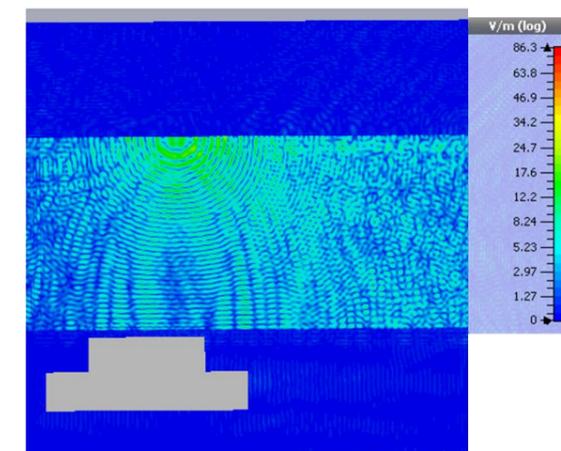
De manière analogue aux modèles entrepris précédemment, une analyse a été faite sur la base d'une antenne WIFI à 2,4 GHz placée à l'intérieur de la rame.



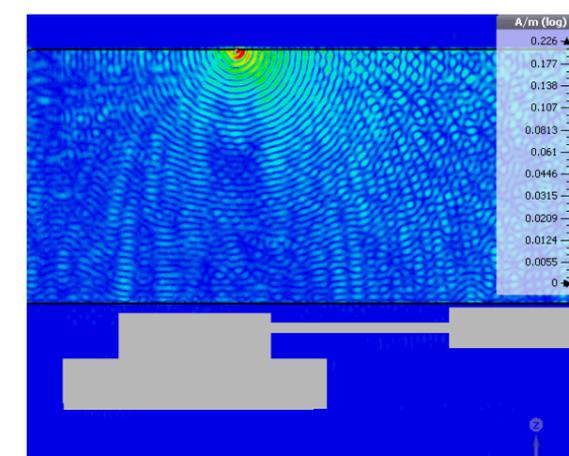
L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 3 mm et de hauteur 3,75 mm. La puissance injectée dans l'antenne est de 100 mW.

Concernant le champ électrique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 86,3 V/m pour $f = 2,4$ GHz,
- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0,226 A/m pour $f = 2,4$ GHz,



Champs électrique rayonné par l'antenne WIFI pour $f = 2,4$ GHz : coupe longitudinale



Champs magnétique rayonné par l'antenne WIFI pour $f = 2,4$ GHz : coupe longitudinale

D'après les cartographies du champ électrique et du champ magnétique, les niveaux de champs sont largement inférieurs aux limites de la Recommandation 1999/519/C. De plus dans une très proche de l'antenne (zone circulaire d'environ 20 cm de diamètre autour de l'antenne), le niveau du champ magnétique est supérieure aux limites de la Recommandation. Cependant, **l'impact sanitaire est relativement négligeable.**

8.7.4.5 Conclusions générales de l'étude des impacts directs et indirects

L'impact électromagnétique produit par le matériel roulant de la Ligne 18 en phase d'exploitation a été évalué par l'intermédiaire des modélisations présentées ci-dessus. Les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- En ce qui concerne l'exposition du public aux champs électromagnétiques, la Recommandation 1999/519/CE préconise un niveau maximal de champ magnétique de 45254 A/m en DC. Les niveaux constatés à l'intérieur et à l'extérieur de la rame, dans la configuration envisagée (souterrain) sont inférieurs à ceux préconisés par la Recommandation 1999/519/CE. En effet, le niveau maximal de champ magnétique est

évalué seulement à proximité de la voie d'alimentation électrique, pour une valeur avoisinant 2 000 A/m.

- Concernant l'exposition des équipements situés dans une zone proche de la rame, un champ magnétique supérieur à 100 A/m dans la zone entourant la rame est identifié. Il est donc important de connaître les équipements électriques présents dans cette zone afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement notamment les équipements qui peuvent présenter une sensibilité aux champs magnétique basse fréquence. Par ailleurs, le champ magnétique présent à l'extérieur du tunnel (sol) est inférieur à 100 A/m.
- Lorsque les antennes sont alimentées à leur puissance maximale, les rayonnements des champs électromagnétiques sont inférieurs aux limites maximales recommandées pour l'exposition au public, à l'intérieur de la rame et dans la partie inférieure du. Seules les zones très proches (zone circulaire de diamètre d'environ 50 cm autour des antennes les antennes présentent des niveaux supérieurs à celui préconisé par la Recommandation 1999/519/CE. Les niveaux constatés dans cette zone sont supérieurs à 10 V/m. Il apparaît donc essentiel de connaître les équipements présents au niveau du toit de la rame afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement.
- Enfin, une onde électromagnétique est principalement caractérisée par son amplitude, sa fréquence, son sens et sa direction de propagation, sa polarisation ainsi que sa phase. Sans connaître ces paramètres, il est difficile de connaître le résultat de la superposition de deux ondes. Si deux ondes électromagnétiques sont émises à la même fréquence et suivant un même sens de propagation, l'amplitude de l'onde résultant de cette superposition varie fortement suivant la valeur du déphasage entre ces deux ondes. Dans le cas où les ondes électromagnétiques sont en opposition de phase, leurs amplitudes sont donc soustraites.
- Dans le cas extrême où les deux ondes sont en phase, leurs amplitudes sont additionnées. Or, en procédant à la somme de la valeur du champ mesuré *in situ* et la valeur du champ électromagnétique issu de la simulation, le niveau résultant reste inférieur aux limites sanitaires concernant l'exposition du public présent dans la rame aux champs électromagnétiques fixées par la Recommandation 1999/519/CE.

Les impacts définis à l'issue des modélisations entreprises correspondent à une éventuelle interaction électrique entre les équipements de fonctionnement et les ondes émises par la ligne d'alimentation (3^{ème} rail) et les antennes TETRA, GSM et WIFI.

Aucun impact sanitaire n'a été identifié.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques : Lors des phases d'études à venir, et notamment lors de la définition du matériel roulant, les équipements électriques permettant le fonctionnement du système devront être rendus compatibles à un fonctionnement sous un champ électrique donné. Pour cela, ils devront être :

- Protégés des ondes générées par le matériel roulant ;
- Si possible éloignés suffisamment de l'axe des rails ou du toit du tunnel pour fonctionner dans un environnement où le champ électromagnétique est absent ou moins perturbant.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

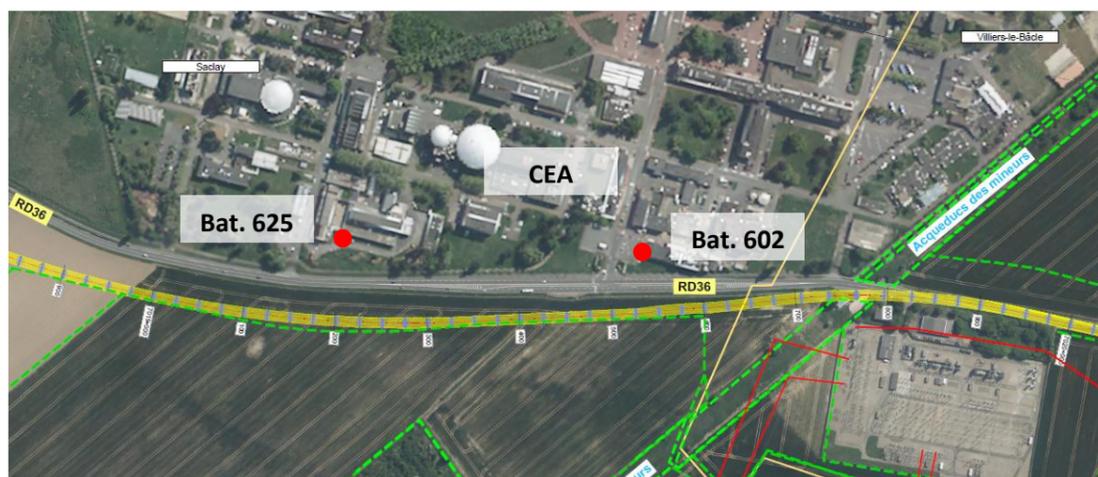
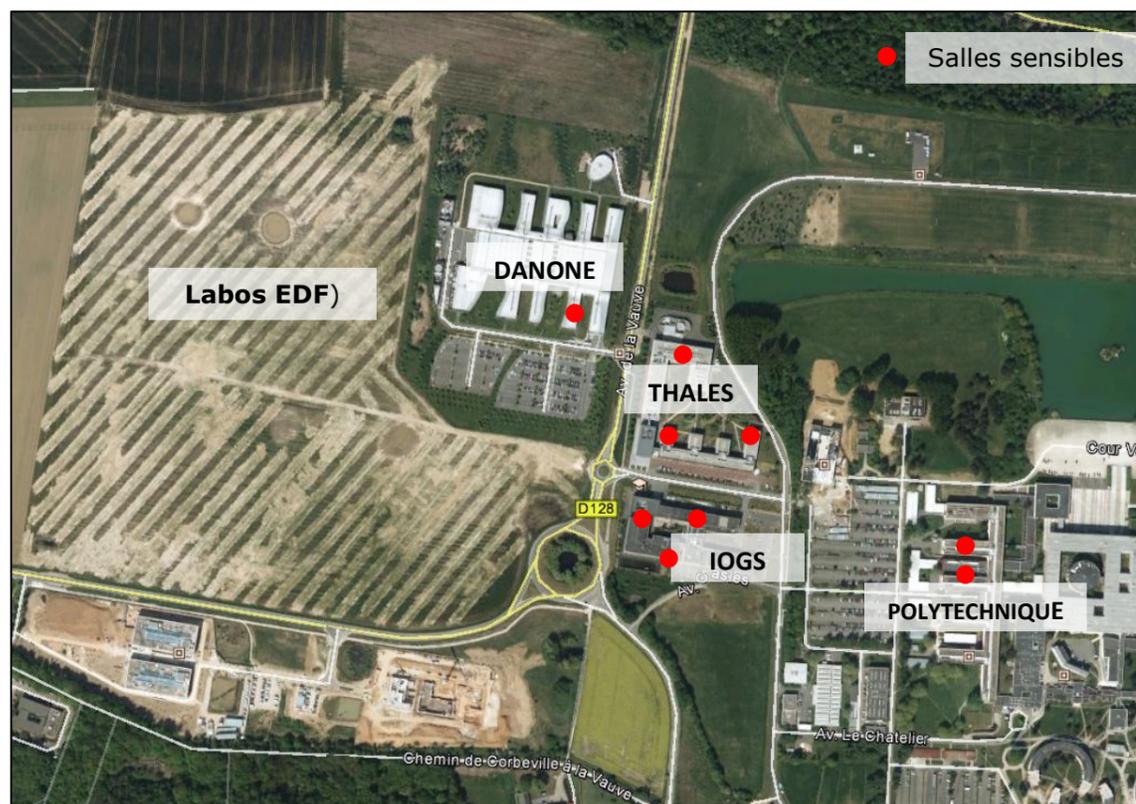
Aucun impact résiduel n'est pressenti donc aucune mesure de compensation n'est envisagée.

MESURES DE SUIVI

Entretien des équipements électriques : Le matériel sera entretenu par le gestionnaire de l'infrastructure afin de s'assurer de son bon fonctionnement.

8.7.5. Impacts et mesures liés au viaduc en phase d'exploitation

Les laboratoires et salles de recherche présentées sur la figure suivante, situés à proximité de la partie aérienne de la Ligne 18, peuvent être soumis à l'action du champ magnétique émis par le système de transport de la ligne. Lors des échanges avec la Société du Grand Paris, ces établissements ont indiqué un niveau d'exigence en matière d'électromagnétisme. Le niveau de champs magnétique ne devait pas dépasser la **valeur de 50nT** dans les salles de recherches pour les conditions nominales de transport.



**Localisation des sites sensibles sans la zone de Palaiseau (en haut) et CEA (en bas)
(Zone Polytechnique en haut - CEA Saclay en bas)**

8.7.5.1 Principe de simulation

L'impact du rayonnement électromagnétique du système de transport est analysé selon les exigences définies par les laboratoires de recherches soumis au champ perturbateur.

Le rayonnement électromagnétique est émis d'une part par le train lui-même, et d'autre part par les constituants de l'infrastructure de roulement et d'alimentation de la ligne.

Il est donc nécessaire que les équipements sensibles soient localisés à une distance significative de la ligne de Métro pour ne pas être impactés par les émissions électromagnétiques, on appelle cette distance « distance garantie » dans la suite de la note. L'étude ne prend en compte que l'aspect pollution par le courant continu créateur d'un champ magnétique continu qui impacte les expériences des laboratoires sans possibilité réelle d'atténuation alors que l'effet d'un champ magnétique créé par un courant de fréquence industrielle est aisément atténuable.

La méthodologie adoptée, pour l'étude de modélisation du viaduc sur les établissements sensibles de Polytechnique, a suivi les étapes suivantes :

1. Développement d'une méthode de calcul permettant d'estimer le champ magnétique sur un ensemble de points d'une zone géographique considérée, permettant de développer un modèle de simulation. Cette méthode de calcul est fondée sur la loi de BIOT et SAVART ;
2. Validation du modèle à partir de mesures de champs magnétiques réalisées dans des sites de transports réels avec différents type de train ou alimentation (données de site confidentielles). Les coefficients ont été réglés de façon à s'assurer que le calcul couvre l'ensemble des résultats expérimentaux qui ne pouvaient être tous complètement justifiés sur la base des hypothèses formulées ;
3. Simulation des champs émis dans le domaine continu de systèmes de transport de la ligne 18 (étude quatre types de trains et de leurs infrastructures de roulement et d'alimentation dédiées). Seuls les résultats du mode de transport préconisé selon les caractéristiques de la Ligne sont présentés par la suite ;

C'est la courbe des maxima de rayonnement de l'infrastructure d'alimentation et des trains qui a été prise en compte, le but de la simulation étant de connaître la valeur du champ rayonné sur les laboratoires pouvant impacter leurs expériences.

Les rayonnements de l'infrastructure d'alimentation et des trains ont été calculés séparément. En effet l'infrastructure d'alimentation rayonne continuellement (sauf aménagement particulier) et les trains rayonnent au maximum lors de leur passage au droit des zones sensibles. Néanmoins, le champ maximum est atteint pour la conjonction et le cumul des deux rayonnements au droit des laboratoires.

Le modèle intègre la possibilité d'avoir des trains croiseurs, c'est-à-dire le passage simultané au droit d'un laboratoire donné de deux trains circulant chacun sur leur voie.

Les hypothèses maximisantes étudiées sont basées sur la prise en compte :

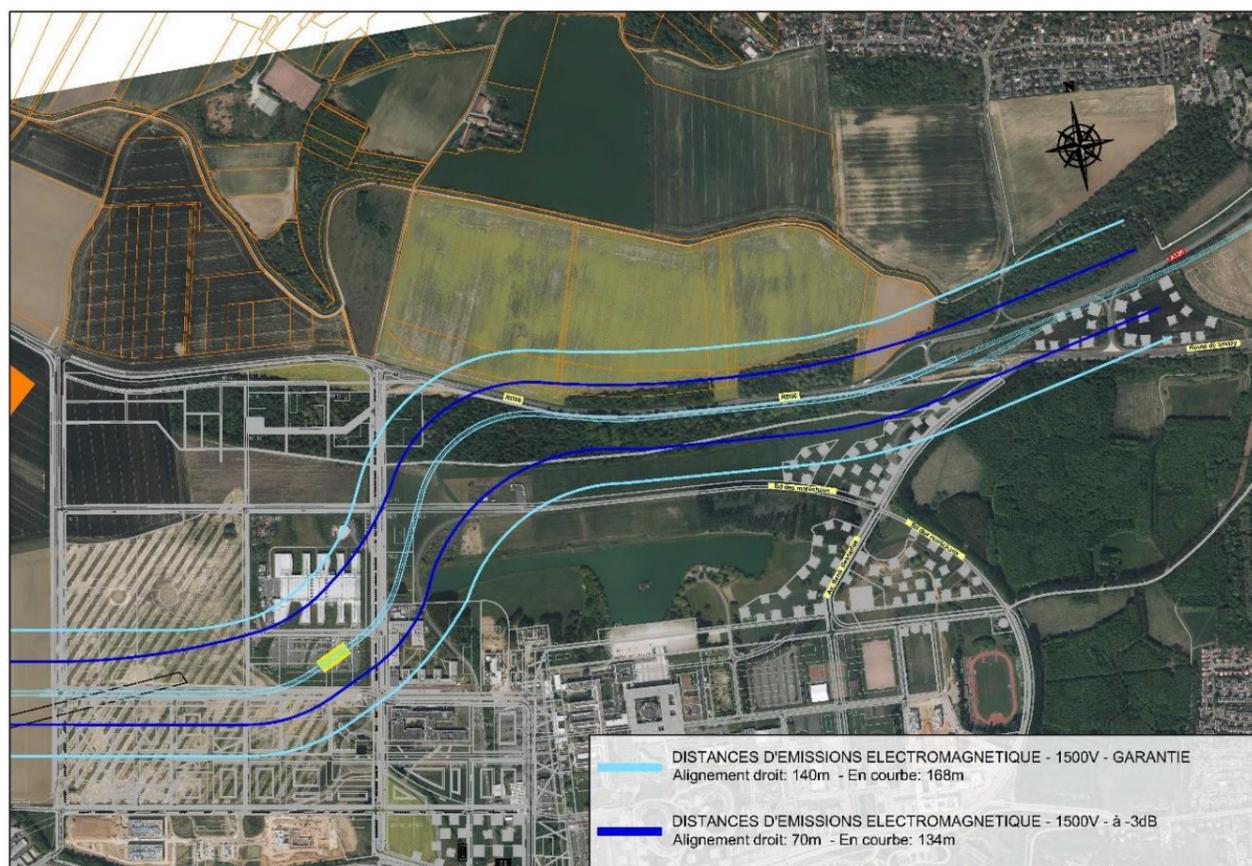
- puissance apparente de 6 trains de 4 voitures dans l'infrastructure d'alimentation (ce qui correspond à un cas probable maximum de présence trains sur les voies 1 et 2 sur une zone élargie autour de la zone sensible) ;
- puissance maximale apparente de deux trains croiseurs à quatre voitures au droit du point d'impact ;
- alimentation en énergie considérée comme une source unique ;

remarques : Les niveaux de champs calculés, le sont pour des cas dits 'idéaux', sans pertes et sans considérer la totalité de l'installation (Champ émis par le Poste de Redressement situé en gare PALAISEAU, liaisons électriques entre le Poste de Redressement et la ligne de transport, courants

vagabonds dans le sol, rayonnement des convertisseurs des trains, pertes annexes d'équipements d'exploitation, etc...) ni les possibles défauts d'usure ou liés à la construction, ni l'aspect de variation du rayonnement résultant lié aux déplacements des masses métalliques des rames. Néanmoins, il est à prendre en compte que les équipements situés dans la gare et poste de redressement Palaiseau se situent à une distance telle que leurs influences sont très réduites, de plus les dispositions de montage et protections appliquées (blindages) permettent d'atténuer les champs émis.

8.7.5.2 Notion de distance garantie

Une « distance garantie » est déterminée à partir de la distance nominale définie à -3dB laquelle est issue des résultats intermédiaires, afin de mieux couvrir les limites de champ magnétiques qui pourraient être observées sur l'infrastructure réelle. Les résultats intermédiaires sont définis à -3dB, et doivent être de fait post-traités pour fournir les distances garanties. La distance garantie signifie que la distance à l'infrastructure est conforme à un niveau de champ magnétique inférieur à 50 nT (sans atténuation) et vu comme une limite normative (un gabarit). Les résultats de cette étude sont exprimés dans les deux expressions '**Distance Nominale à -3dB**' et '**Distance Garantie**'. **La distance garantie est obtenue par doublement de la distance nominale à -3 dB.**



Simulation CEM- Zone de Palaiseau (SYSTRA)

La distance garantie calculée par le modèle est de l'ordre de 140 m.

La **distance requise est de l'ordre de 24 mètres** pour une valeur de champ de 50nT (distance au plus près entre la ligne et le bâtiment Thalès RT). A l'intérieur de cette distance, les zones sensibles sont baignées par l'action du champ de 50nT.

Une partie du bâtiment de Thalès RT (angle Nord-Ouest) sensible au champ électromagnétique est comprise dans cette distance inférieure à 24 m. L'impact est fort pour leurs activités.

Il faut donc réduire le champ, par action de réduction du courant (action proportionnelle) et sur la distance entre la source perturbatrice et les laboratoires (action inversement proportionnelle à la distance au carré).

MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION

L'analyse du modèle montre que la réduction du champ magnétique intervient en agissant sur :

- la disposition géométrique des éléments de l'infrastructure. Les dispositifs suivants permettent de réduire le champ magnétique émis :
 - o disposition symétrique de 2 rails collecteurs de courant ;
 - o respecter une directivité des courants avec une partition de la ligne d'alimentation en deux parties isolées ;
 - o la disposition séparée physique des voies selon un axe vertical permettrait de développer une course sur l'erre des trains conduisant à une réduction du courant appelé dans l'infrastructure.
- l'exploitation :
 - o Par réduction du courant dans l'infrastructure et dans les trains en réduisant la vitesse du ou des trains tout au long de la zone sensible ;
 - o Par une interdiction de circulation de trains croiseurs au droit de la zone sensible par action du système d'exploitation.

IMPACTS RESIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Ces actions sur l'infrastructure et sur l'Exploitation peuvent être conjuguées et permettre d'obtenir une réduction du champ magnétique incident sur la zone sensible impactée, sans réduction notable de l'offre de transport.

Pour le cas de la salle de Thalès RT, un déplacement a été discuté entre la Société du Grand Paris et Thalès.

MESURES DE SUIVI

Maintien de l'infrastructure et des conditions d'exploitation.

8.7.6. Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques

Site concerné	Type de l'impact	Mesure d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Mesure de compensation	Mesures de suivi	Coûts
<p>Sections souterraines Orly –Palaiseau et Magny-les-Hameaux – Versailles</p> <p>Bases chantiers</p>	<p>Phase chantier : aucun impact en phase chantier n'est clairement identifié sur la base des données disponibles</p> <p>Phase exploitation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impact lié à la circulation du matériel roulant (et son mode d'alimentation électrique) : inférieur aux seuils sanitaires et réglementaires - Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique - Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs 	<p>Phase chantier :</p> <p>Choisir des matériels performants sur ce critère Mise en place de cages de Faraday ou équivalent</p> <p>Phase exploitation :</p> <p>Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques</p>	/	/	Entretien des équipements électriques	Intégré au coût du chantier
<p>Section aérienne</p> <p>Laboratoires Thalès RT</p>	Niveau de champ magnétique supérieur à 50 nT	<p>Phase exploitation :</p> <p>Réduire le courant de l'infrastructure Disposition des éléments de l'infrastructure</p>	Fort	Déplacement d'une salle	Effectuer des mesures de champ magnétique suivis	Coût de déplacement intégré au cout du projet

Légende : Impact résiduel nul/négligeable | Impact résiduel faible | impact résiduel modéré | Impact résiduel fort | Impact résiduel positif

IV. Synthèse des principaux impacts du projet et mesures associées

Cette synthèse s'appuie sur l'ensemble des éléments détaillés dans le présent rapport. Pour la faune, la flore, les habitats, le patrimoine et le paysage, seuls les impacts résiduels modérés ou forts après application des mesures ont été repris.

Les cartes de synthèse présentées ci-dessous ont pour vocation de localiser, pour chaque émergence du projet, pour le tunnel et le viaduc, les impacts majeurs associés pour chaque thématique ainsi que les mesures prises dans ce cadre-là. La distinction entre les impacts et mesures en phase chantier et en phase d'exploitation est réalisée grâce à un code couleur (chantier / exploitation)

Chaque thématique est représentée par un symbole qui précise la localisation de principe des impacts majeurs du projet autour des émergences (ouvrages, gares, viaduc). Des codes couleurs correspondent à chacune des thématiques

Légende :

Pas d'impact	Impact Faible	Impact Modéré	Impact Fort	Impact positif
--------------	---------------	---------------	-------------	----------------

8.7.7. Impacts et mesures communs à l'ensemble de la ligne

Thématique	Sous-thématique	Type de l'impact	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Eaux superficielles	Qualité des eaux	Risque de dégradation/pollution des eaux	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Ouvrages de traitement/rétention/régulation adaptés à la nature des effluents collectés, prévention des pollutions accidentelles (gestion des stockages, étanchéification des zones à risque de pollution), dispositifs de confinement</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Suivi des ouvrages de gestion des ruissellements mis en place dès la phase chantier</p>	Pas d'impact résiduel
	Fonctionnement hydraulique	Risque de modification des écoulements du réseau hydrographique : impact localement fort par impact direct et/ou indirect de l'infrastructure sur le réseau hydrographique superficiel	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Réalisation d'aires de chantier d'emprises compatibles avec le réseau hydrographique superficiel, transparence hydraulique des aires de chantier vis-à-vis des cours d'eau, étangs, rigoles</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Suivi des ouvrages de gestion mis en place dès la phase chantier et restant nécessaires pour l'exploitation de la Ligne 18</p>	Pas d'impact résiduel
		Phase chantier : imperméabilisation des sols par l'emprise importante des aires de chantier	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Consultation des gestionnaires des réseaux humides pour obtention des modalités de rejet puis de l'autorisation de se rejeter dans les réseaux existants concernés</p> <p>Mise en place d'ouvrages temporaires de collecte des eaux pluviales au niveau des bases chantier conformément aux doctrines locales les plus contraignantes, notamment au droit du plateau de Saclay</p> <p>Mise en place d'ouvrages définitifs de collecte des eaux pluviales</p>	L'application de la réglementation « Loi sur l'Eau » limite fortement les impacts résiduels
Phase exploitation : Impact modéré de l'imperméabilisation des sols et gestion des eaux pluviales par l'emprise modérée de l'infrastructure aérienne et de ses émergences	<p>Mesures de suivi en phase exploitation : Maintien, voire adaptation et suivi des mesures mises en œuvre dès la phase chantier</p>			
Activités économiques	/	Perturbations potentielles des accès aux activités commerciales et aux services en phase chantier autour des ouvrages émergents	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Prise en compte des équipements existants à proximité et de leur fonctionnement dans les études de tracé</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Organisation des chantiers en fonction des spécificités locales d'accessibilité Communication et information Préservation des accès aux activités commerciales Restitution et remise en état des emprises à la fin des travaux</p> <p>Mesures de compensation : Négociations financières éventuelles en cas d'impact résiduel</p>	Impact résiduel Possible

Thématique	Sous-thématique	Caractéristiques de l'impact	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Risques technologiques	Risques industriels	Présence d'ICPE sur les bases chantier : risques d'explosion, incendie, émanation toxique	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Élaboration des dossiers réglementaires ICPE nécessaires pour les travaux de la Ligne 18 Information et formation du personnel concernant les risques sur site Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation Stockage sur rétention des liquides polluants ; Moyens anti-pollution et de lutte incendie.</p>	Risque faible
	Risque pyrotechnique	Découverte d'engins explosifs non explosés : risque d'explosion	<p>Mesures d'évitement en phase études : Réalisation d'un état des lieux général à l'échelle du Grand Paris Express. Réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques.</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier : Réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux.</p>	Découverte fortuite d'engins explosifs non explosés sur des sites non identifiés comme étant à risque
Mobilité	Chantiers	Impacts indirects des chantiers : - perturbations temporaires de la circulation et de l'accessibilité ; - perturbations temporaires du fonctionnement des transports en commun ; - interactions avec les autres chantiers.	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : SDED et plan de circulation concernant les déplacements automobiles - Maintien/déviations et entretiens des itinéraires modes doux - Limitation de la réduction des places de stationnement - Organisation des chantiers pour laisser accès aux activités. Communication et information des différentes parties prenantes (riverains, commerçants etc.) Coordination entre la SGP et les autres exploitants/gestionnaires d'infrastructure pour déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin de planifier en amont les perturbations. Des études seront menées par le STIF et les exploitations de lignes de bus pour prévoir l'ajustement de l'offre de transport au fur et à mesure de l'avancement des chantiers. Actions de communication auprès des usagers des lignes. Le phasage des travaux se fera en concertation avec les maîtres d'ouvrage des opérations susceptibles d'interagir avec la réalisation du projet.</p> <p>Mesure de suivi en phase chantier: Suivi des chantiers sensibles : observation du taux d'occupation du stationnement à proximité et saturation des voies de détournement.</p>	Grâce aux mesures générales d'évitements et de réduction prises pour l'ensemble des bases chantiers, les impacts résiduels seront nettement réduits.
	Déplacement des Franciliens	-Amélioration de la desserte et de l'offre/restructuration du réseau -Augmentation des déplacements en transport en commun	<p>Mesures de réduction en phase exploitation : Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries</p>	/
		-Les gares seront de véritables pôles multimodaux permettant un accès aisés aux modes actifs -Le croisement de la ligne avec les itinéraires cyclables existants n'aura pas d'impact significatif.		
Charge et saturation des réseaux	Diminution de la charge du réseau routier de -0,4% Augmentation de la fréquentation du réseau du Grand Paris Express, allègement de la charge du réseau ferroviaire RER/Transilien et effet notable sur la fréquentation du T7 et du Tram Express Sud			

Thématique	Sous-thématique	Caractéristiques de l'impact	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Cadre de vie et santé publique	Sécurité routière	Perturbation des zones de circulation des véhicules et des cheminements piétons durant la phase chantier	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Respect des normes de sécurité aux abords des bases chantier Elaboration et mise en œuvre de circulation et de signalisation locaux	
		Diminution sensible du nombre d'accidents de la route en phase d'exploitation	Mesures de suivi en phase exploitation : Analyse des statistiques d'accidentologie annuelles	
	Consommation énergétique	Hausse temporaire des consommations énergétiques liées directement et indirectement aux chantiers de la Ligne 18	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Rationaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais Mesure de suivi en phase chantier : Respect des plannings en phase chantier	
		Hausse des consommations énergétiques liées au fonctionnement des infrastructures en phase d'exploitation	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : -Définition de choix stratégiques réduisant les besoins de l'infrastructure -Construction de bâtiments faiblement énergivores -Préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique -Utilisation d'énergies renouvelables Mesures de suivi en phase exploitation : Evaluation des consommations du matériel roulant et des bâtiments en cours d'exploitation (avec mise en place d'indicateurs de suivi)	
		Baisse des consommations énergétiques du trafic routier induites par le report modal et l'amélioration des conditions de circulation automobiles globales en phase d'exploitation	Mesures de réduction en phase études : Encourager le report modal vers les transports en commun	
		Baisse des consommations énergétiques du parc bâti induites par le renouvellement urbain rendu possible par la mise en service de la Ligne 18	Mesures de réduction en phase exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial	
		Bilan global : baisse globale et durable des consommations énergétiques	Mesures de réduction en phase exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial Mesures de suivi en phase exploitation : Mise en place d'indicateurs de suivi des consommations énergétiques	
	Emissions de gaz à effet de serre	Impact indirect : augmentation des émissions de GES liées aux travaux et études préalables à la construction de la Ligne 18	Mesures de réduction en phase études : Bilan carbone des études préalables à la construction	
		Impact direct : augmentation des émissions de GES liées à la construction de l'infrastructure	Mesures de réduction en phase études et chantier : Choix de méthodes constructives limitant les émissions	
		Impact direct : augmentation des émissions de GES liées au fonctionnement du métro	Mesures de réduction en phase études et chantier : -Définition de choix stratégiques réduisant les besoins de l'infrastructure -Construction de bâtiments faiblement énergivores -Préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique -Utilisation d'énergies renouvelables	
		Impact indirect : réduction des émissions de GES liées au report modal de la voiture vers les transports publics	Mesures de réduction en phase exploitation : Encourager le report modal vers les transports en commun	
		Impacts indirect : réduction et émissions de GES liées au développement territorial	Mesures de réduction en phase exploitation : Favoriser la densification autour des gares et limiter l'étalement urbain territorial	
		Bilan global : réduction globale et durable des émissions de gaz à effet de serre de la Région Ile-de-France	Mesures de suivi en phase exploitation : Outil de suivi des émissions de GES	

Thématique	Sous-thématique	Caractéristiques de l'impact	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Cadre de vie et santé publique	Qualité de l'air	Emissions de poussières et de polluants atmosphériques liées aux camions et engins de chantier.	<p>Mesures de réduction en phase études et chantier :</p> Limitation de l'émission de poussières Rationalisation et optimisation du transport et du stockage de matériaux et de déblais Plans locaux de circulation temporaires Conception générale des ouvrages et phasages des chantiers	Faible à modéré
		Emissions de polluants atmosphériques dans l'air extérieur induits par le fonctionnement des infrastructures du Grand Paris.	<p>Mesures de réduction en phase exploitation :</p> Limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels (via réduction des émissions à la source, optimisation des dispositifs de ventilation/filtration, équipement de rames avec ventilation etc.)	/
		Diminution des émissions de polluants atmosphériques et amélioration globale de la qualité de l'air en phase d'exploitation grâce au report modal vers les transports publics et à l'amélioration du parc bâti accompagnant la mise en service du Grand Paris.	/	
		Risque d'augmentation de l'exposition des usagers aux particules fines dans les espaces intérieurs confinés des gares de la Ligne 18	<p>Mesures de réduction en phase exploitation :</p> La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels (via réduction des émissions à la source, optimisation des dispositifs de ventilation/filtration, équipement de rames avec ventilation etc.) <p>Mesures de suivi en phase exploitation :</p> Suivi dans le temps des concentrations des divers polluants dans les espaces publics du réseau du Grand Paris Express	Faible à modéré
Electromagnétisme	/	Impact lié à la circulation du matériel roulant (et son mode d'alimentation électrique) : inférieur aux seuils sanitaires et réglementaires Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	<p>Mesures de réduction en phase études et chantier :</p> Choisir des matériels performants sur ce critère Mise en place de cages de Faraday ou équivalent <p>Mesures d'évitement et de réduction en phase exploitation :</p> Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques <p>Mesures de suivi en phase exploitation :</p> Entretien des équipements électriques	/

8.7.8. Impacts et mesures pour la section Orly - Palaiseau

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Géologie et risques associés	Risques carrières	Au niveau du ruisseau de Rungis (présence non confirmée par missions G11)	Risque d'effondrement lié à la présence potentielle d'une zone d'ancienne carrière à ciel ouvert	<p>Mesures d'évitement en phase étude : Positionnement du tracé en dehors des zones à risque connu</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier : Investigations des anciennes carrières avant le chantier Mise en œuvre d'un système de reconnaissance géophysique à l'avancement Etude de vulnérabilité du bâti Injection et/ou comblement des anciennes carrières identifiées</p>	Passage en zone de carrières non connues ou non contournables
		Au lieu-dit La torche à Orsay (à 100 m du tracé de référence)			
Eaux souterraines et risques associés	Effet barrage	<p>Gares de la Ligne 18 prévus en souterrain : Antonypôle, Massy-Palaiseau</p> <p>Tunnel de la Ligne 18 prévu en souterrain : Secteur Massy-Palaiseau (entre l'OA 11 et l'OA 12)</p>	<p>Modifications du régime d'écoulement des nappes : Effet barrage généré par la présence des infrastructures étanches (tunnel et gares souterraines) - relèvement en amont et abaissement en aval</p> <p>OA à OA 2, OA 8, tunnel de OA 12 à OA 13</p> <p>Gares Antonypôle, Massy Opéra, Massy-Palaiseau, tunnel de OA 11 à OA 12</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Mise en œuvre de méthodes constructives adaptées : creusement au tunnelier, réalisation des ouvrages sous protection de parois moulées Réalisation d'une première analyse qualitative de l'effet barrage sur l'ensemble de la Ligne 18 prévue en souterrain. Réalisation de modélisations plus approfondies : approche quantitative au niveau du passage du tunnel dans les secteurs de Massy-Palaiseau et Versailles ainsi qu'au niveau des 5 gares si la SGP en fait la demande Mise en place d'un suivi piézométrique Réalisation de reconnaissances hydrogéologiques complémentaires</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Mise en place de mesures de régulation de la nappe si nécessaire.</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Des piézomètres de suivi seront mis en place autour de chaque gare et section du tunnel sensible. A minima, un piézomètre captant la nappe phréatique sera mis en place à l'amont de chaque gare. Les piézomètres qui seront mis en place seront suivis sur une période suffisamment longue (au minimum deux ans) après la mise en place des parois moulées, pour vérifier les effets piézométriques réellement engendrés par le projet. Ces ouvrages feront l'objet d'un suivi régulier, avec des mesures manuelles mensuelles. A partir de ces mesures, il sera alors vérifié si l'effet barrage mesuré est conforme aux prévisions</p>	Non quantifiable

Eaux superficielles et risques associés	Risque inondation	Ensemble des émergences des gares et ouvrages annexes Puits d'entrée (RN20) et de sortie (Orly Sud et Camille Claudel) du tunnelier	Impact modéré à l'échelle de la parcelle, essentiellement vis-à-vis du ruissellement	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Estimation des enveloppes de débordement et positionnement des aires de chantier en dehors de ces secteurs Limitation des stocks sur les secteurs sensibles Plan de retrait anticipé des matériels et matériaux sensibles dans les zones de débordement préalablement identifiées</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Réduction des emprises aériennes de l'infrastructure par mise en œuvre de dispositions constructives particulières Le cas échéant protection des ouvertures de l'infrastructure vis-à-vis du risque d'inondation par ruissellement/débordement</p> <p>Mesures de compensation Mise en œuvre, le cas échéant, de mesures de compensation des remblais en zone inondables qui seront précisés dans le cadre des études techniques et réglementaires post-DUP</p>	Impact résiduel si des remblais en zone de débordement sont inévitables. Impact résiduel maintenu à un niveau modéré en l'absence d'étude technique permettant de le préciser
---	-------------------	--	--	---	--

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Pollution et qualité du milieu souterrain	/	Gares souterraines en zone potentiellement pollués (Antonyopôle, Massy Opéra, Massy-Palaiseau)	Dispersion de la pollution Gare Antonyopôle, Massy Opéra, Massy Palaiseau OA 8 Autres OA	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation avant travaux d'études de pollution du milieu souterrain.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées. Stockage de terres polluées sur des aires de stockage aménagées. Suivi des chantiers sensibles vis-à-vis de la pollution du milieu souterrain par un maître d'œuvre spécialisé. Suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers si présence de quartier résidentiel ou d'établissements sensibles.</p>	Entrainement limité de boue ou terres sur la voie publique
			Risques sanitaires pour les travailleurs et les riverains Gare Antonyopôle, Massy Opéra, Massy Palaiseau	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation avant travaux d'études de pollution du milieu souterrain.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées. Suivi des chantiers sensibles vis-à-vis de la pollution du milieu souterrain par un maître d'œuvre spécialisé. Suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers si présence de quartier résidentiel ou d'établissements sensibles.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Respect des mesures de gestion préconisées Mise en place de parois moulées étanches</p>	Risque d'exposition négligeable pour les travailleurs et usagers

<p>Faune, flore, milieux naturels</p>	<p>Oiseaux</p>	<p>OA 3 à 7</p>	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'oiseaux et des individus en période de nidification Dérangement des individus (augmentation de la fréquentation aux abords du chantier, bruit, pollution lumineuse) En phase d'exploitation : Dérangement des individus (augmentation de la fréquentation dans les parcs, bruit) Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes Risque de collision d'individus au droit du viaduc</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Etudes de variantes et choix de tracé le moins impactant, Adaptation du calendrier travaux (défrichage hors période de nidification),</p> <p>Besoin de compensation pour la Linotte mélodieuse</p> <p>Mesures de suivi sur site en phase chantier</p>	<p>Modéré à l'échelle du projet (Linotte mélodieuse)</p>
---------------------------------------	----------------	-----------------	---	---	--

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Faune, flore, milieux naturels	Insectes	OA 4 et 5, OA 8	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'insectes et des individus Dégradation des habitats de reproduction des cortèges inféodés aux milieux aquatiques par pollution accidentelle</p> <p>En phase d'exploitation : Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Etude de variantes Créer une friche thermohygrophiles et entretenir favorablement les espaces verts alentours au niveau de Camille Claudel Déplacement des orthoptères (expérimental) Développer une base chantier imperméable</p> <p>Mesures de compensation : Créer une friche thermohygrophiles et entretenir favorablement les espaces verts alentours au niveau de Camille Claudel</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Avant le démarrage des travaux pour le déplacement des orthoptères : 2 passages d'écologie, En phase chantier : des visites de terrain par un écologue, En phase chantier : nettoyage régulier des abords du chantier pour éviter le risque de pollution</p>	Modéré
Contexte pédologique, agricole et sylvicole	Agriculture	<p>En phase chantier : OA 4 (9,04 ha cultivé en blé tendre - exploitation 091-406281) OA 5 (0,17 ha cultivé en blé tendre et 5,20 ha cultivé en céréales - exploitation 091-406266) OA 6 (0,55ha cultivée en blé tendre - exploitation 091-406281) OA 7 (1,22 ha cultivée en fruits à coque 6 exploitation 091-406581)</p> <p>En phase exploitation : OA 4 (environ 700 m² - exploitation 091-406281) OA 5 (environ 900 m² - exploitation 091-406266) OA 6 (environ 400m² - exploitation 091-406281) OA 7 (environ 700 m² - exploitation 091-406581)</p>	<p>En phase chantier : Diminution temporaire de l'espace agricole disponible et fragmentation des parcelles Perturbation de l'activité agricole et des chemins agricoles (Diminution de la fonctionnalité des exploitations) Impacts sur le drainage agricole</p> <p>En phase d'exploitation : Diminution de l'espace agricole disponible et fragmentation Diminution de la production sur les secteurs où des modifications hydrauliques et lumineuses sont identifiées</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Lancer une démarche de consultation auprès des exploitations (prévenir des travaux – localisation des piles en coordination avec les exploitants) Conservation des premiers horizons de terre et remise en état des sols après travaux Conservation des chemins agricoles ou déviation au plus près si impossibilité Assurer un relevé du réseau de drainage</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Permettre aux agriculteurs de se réappropriier les espaces situés sous le viaduc</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Suivi de l'accessibilité des parcelles en phase chantier</p> <p>Mesures de compensation : Soutien financier pour compenser la perte de résultat temporaire des exploitations</p>	Impacts résiduels faibles à modérés

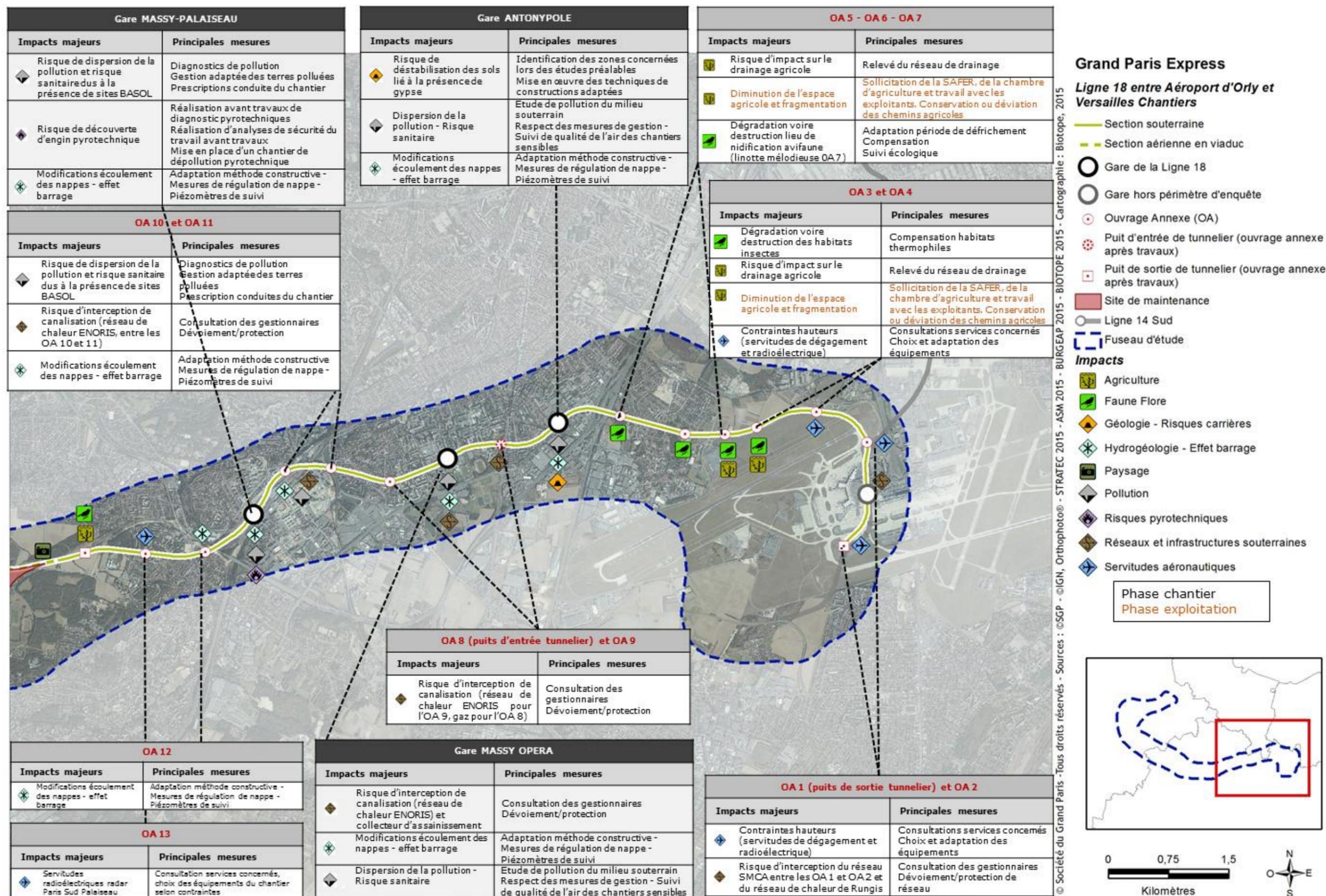
Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Démographie, emploi et occupation du sol	Croissance démographique et crise du logement	Ensemble de la section	Les développements démographiques futurs ne se focalisent pas sur cette section	<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes concernées afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir.</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Point régulier sur l'évolution de l'urbanisation et du prix de l'immobilier autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Faible
	Emploi et déséquilibres habitat/emploi		Création d'emplois directs et indirects, surtout dans les communes de Rungis, Orly, Villeneuve-Roi et Massy à l'horizon 2030 par rapport à la référence	<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi.</p>	Positif
	Densification des espaces urbanisés		<p>Modification de l'occupation du sol : consommation temporaire et permanente d'espaces ruraux et ouverts, en particulier à Palaiseau (7 ha pour le site de maintenance)</p> <p>Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle et réduction des coûts de viabilisation pour cette urbanisation, principalement dans les communes d'Antony, Massy et Orly</p>	<p>Mesures de réduction en phase chantier : Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires à la fin des travaux.</p> <p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Evaluation de la compacité du développement urbain</p>	<p>Modéré</p> <p>Positif</p>
Activités économiques	/	Ensemble de la section	<p>Création d'environ 2000 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18</p> <p>Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18</p> <p>Amélioration de la desserte en transport public, notamment de la zone d'influence de l'aéroport Paris-Orly : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation</p>	<p>Mesures de suivi en phase exploitation : Evaluation de l'évolution localisée de l'emploi et des constructions d'activités et de bureaux autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Positif

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Réseaux et infrastructures souterraines	Transport aérien d'électricité	Tunnel : croisement de la ligne Chevilly-Villejust 3 et 4 OA12 et tunnel : croisement de la ligne Villejust-Villeras	Dégradation du réseau, atteinte des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études :</p> <p>Ajustement du profil en long de l'infrastructure ; concertation avec RTE</p> <p>Respect des distances d'isolement réglementaires (choix du matériel de chantier..)</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier :</p> <p>Mise en place des protections nécessaires au niveau des pylônes</p>	Atteintes des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants malgré les mesures prises
	Tunnels d'infrastructures de transport	Gare Aéroport d'Orly (interfaces avec le projet de la L14, le tunnel et le viaduc Orlyval)	Phase chantier : Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études :</p> <p>Ajustement du profil en long de l'infrastructure</p> <p>Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages</p> <p>Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés</p> <p>Études complémentaires sur l'évaluation des bâtis</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier :</p> <p>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes</p> <p>Utilisation d'un tunnelier</p>	Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments malgré les mesures prises
	Fondations et sous-sols	Gares aéroport d'Orly, Massy-Palaiseau Tunnel	<p>Conflit avec les fondations, croisement avec les piles et fondations et appuis d'ouvrages d'art</p> <p>Conflit d'emprise avec les bâtiments techniques et bâtiment de jonction</p> <p>Passage sous des zones urbanisées avec présence de bâtiments de moyennes et grandes hauteurs</p> <p>Phase chantier : Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments</p>		

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Gestion des matériaux d'excavation	/	Ensemble des gares souterraines (Aéroport d'Orly, Antony-pôle, Massy Opéra, Massy-Palaiseau)	Perturbation du fonctionnement urbain	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation, sur plus d'un tiers du tracé, d'un métro aérien en viaduc Réalisation et application d'un schéma organisationnel de suivi d'élimination des déchets (SOSED)</p> <p>Mesures réduction en phase chantier : Définition des itinéraires routiers avec les collectivités concernées</p> <p>Mesure de suivi en phase chantier : Suivi de la traçabilité des évacuations par la vérification des bordereaux de suivi de déchets</p>	Perturbations minimales
		Puits d'entrée de tunnelier (OA 8) Tranchées ouverte et couverte (entre l'OA 14 et le viaduc)	Saturation des exutoires de déchets	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation, sur plus d'un tiers du tracé, d'un métro aérien en viaduc Planification de la gestion des déblais en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport Limiter le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées Identifier les projets nécessitant des remblais en Ile de France et des filières de valorisation existantes ou à développer</p> <p>Mesure de suivi en phase chantier : Vérification des filières d'élimination prévues par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage</p>	/
Bruit	/	Ensemble de la section	Phase chantier : nuisances sonores temporaires engendrées par les travaux	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Choix de sites éloignés des riverains actuels et/ou fortement impacté par le bruit Choix de sites proche d'axes routier important pour l'évacuation des déblais Méthodes constructives de parois moulées et/ou à base d'éléments préfabriqués pour réduire durée de chantier et impacts sur la circulation routière Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux Adapter l'organisation des zones de chantier Au besoin : traitement acoustique des sources (capotages, silencieux, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.)</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers Au besoin : monitoring pour les chantiers les plus sensibles</p>	<p>Faible sur la zone aéroportuaire d'Orly</p> <p>Modéré à fort au niveau des zones d'habitats d'Antony, de Massy et de Palaiseau</p> <p>Faible à modéré pour les autres ouvrages</p>
			Phase exploitation : augmentation des niveaux sonores liée à l'exploitation des gares et aux équipements techniques (OA et gares)	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : <u>Au niveau des gares et ouvrages annexes :</u> Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores Isolation des équipements techniques (capotages, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.) Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit Élaboration d'une charte architecturale Concertation avec les acteurs locaux Aménagement de pôles bus et réaménagement des liaisons bus</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Mesures in situ du niveau de bruit</p>	<p>Impact modéré pour la gare Massy Opéra (proximité de l'institut médical Jacques Cartier et de l'Opéra de Massy)</p> <p>Impact nul à faible pour les autres ouvrages</p>

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Vibrations	/	Plusieurs bâtiments habités et établissements d'enseignements à proximité du tracé	Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments en surface	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques (tunnelier)</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Pose de voie avec attaches résilients à double étage Application du Plan de Management</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Réalisation de mesures en phase d'exploitation Evaluation du bâti</p> <p>Mesures de compensation : Indemnisation des éventuels impacts constatés</p>	Les résultats de modélisation de la phase exploitation (Wissous et Palaiseau) montrent un impact négligeable

Carte de synthèse Orly - Palaiseau



8.7.9. Impacts et mesures pour la section Palaiseau – Magny-les-Hameaux

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Eaux superficielles	Risque inondation	Ensemble des émergences des gares et ouvrages annexes Partie aérienne de la Ligne 18 : Installations spécifiques de chantier liées au viaduc, y compris pistes d'accès SMR de Palaiseau	Impact modéré à l'échelle de la parcelle, essentiellement vis-à-vis du ruissellement et débordements au droit du plateau de Saclay	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Estimation des enveloppes de débordement et positionnement des aires de chantier en dehors de ces secteurs Limitation des stocks sur les secteurs sensibles Plan de retrait anticipé des matériels et matériaux sensibles dans les zones de débordement préalablement identifiées</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Réduction des emprises aériennes de l'infrastructure par mise en œuvre de dispositions constructives particulières (piles du viaduc d'emprises réduites, calepinage des piles adaptés au réseau hydrographique franchit, rampes de transition viaduc/tranchée en structure en U béton nécessitant moins de surface au sol qu'un remblai traditionnel) Le cas échéant protection des ouvertures de l'infrastructure vis-à-vis du risque d'inondation par ruissellement/débordement</p> <p>Mesures de compensation : Mise en œuvre, le cas échéant, de mesures de compensation des remblais en zone inondables qui seront précisés dans le cadre des études techniques et réglementaires post-DUP</p>	Impact résiduel si des remblais en zone de débordement sont inévitables. Impact résiduel maintenu à un niveau modéré en l'absence d'étude technique permettant de le préciser
	Drainage agricole	Plateau de Saclay	Impact fort par défaut d'une connaissance exhaustive du réseau en phase chantier	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Relevé préalable du réseau et réalisation de reconnaissances préliminaires aux travaux</p> <p>Mesures de compensation : Remplacement et/ou mise en place d'un réseau de drainage de substitution</p>	Risque de rupture accidentelle d'un drain non identifié
	Maintien de la luminosité nécessaire aux milieux aquatiques en phase exploitation	Viaduc au droit du plateau de Saclay	Impact faible en première approche au vu de la largeur et de la hauteur du viaduc	<p>Mesures de réduction en phase exploitation : Mesures techniques définies dans le cadre des études de conception post-DUP et dossiers réglementaires associés</p>	

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Faune, flore, milieux naturels	Chiroptères	Section aérienne	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats des chiroptères : gîtes/corridors/zones de chasse Dérangements des populations Modification des axes de déplacement (limitation de la connectivité des habitats)</p> <p>En phase d'exploitation : Risque de collision d'espèce avec la circulation du métro Dérangements des populations Modification de la composition paysagère</p> <p>Impacts résiduels modérés après mesures</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Etudes des variantes Limiter les emprises du projet adapter les coupes des boisements à l'écologie des chauves-souris Précaution lors des abatages d'arbres Remise en état des sites Création d'une haie arborée entre la croix de Villebois et la forêt de Palaiseau Renforcer/Créer des haies et alignements pour rétablir des axes de vol depuis la forêt de Palaiseau vers la vallée de la Bièvre en passant par le réseau de rigole et de haies Assurer une gestion des boisements favorable aux chiroptères Sécurisation du franchissement du secteur en tranchée ouverte au niveau de la Croix de Villebois Limiter l'éclairage au niveau de la transition viaduc/souterrain</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Avant le démarrage des travaux : identification des gîtes, Si identification de gîte : accompagnement dans l'abattage d'arbres En phase chantier : des visites de terrain seront réalisées par l'écologue pour identifier si les mesures prises sont suffisantes, A l'issue de la phase chantier : remise en état des sites et installations d'habitats favorables au groupe (accompagnement dans la revégétalisation, etc.), A l'issue de la phase chantier : un suivi des espèces patrimoniales connues et impactées par le projet sera réalisé à n+3 ans et n+5 ans</p>	Modéré
		<p>ZAC QOX (boisement de la Croix de Villebois)</p>	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'oiseaux et des individus en période de nidification Dérangements des individus (augmentation de la fréquentation aux abords du chantier, bruit, pollution lumineuse)</p> <p>En phase d'exploitation : Dérangements des individus (augmentation de la fréquentation dans les parcs, bruit) Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes Risque de collision d'individus au droit du viaduc</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Etudes de variantes et choix de tracé le moins impactant, Adaptation du calendrier travaux (défrichage hors période de nidification), Conserver une lisière de 30m (mesure EPPS) Créer une haie arbustive d'essences fruitières faisant lien entre la lisière boisée et la forêt de Palaiseau (Bouvreuil pivoine)</p> <p>Mesure d'accompagnement : Accompagner la mise en place du plan de gestion des boisements sur la ZAC QOX et par extension, sur le plateau de Saclay</p> <p>Besoin de compensation pour la Linotte mélodieuse et le Bouvreuil pivoine</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier Avant le démarrage des travaux : inventaires complémentaires pour vérifier l'absence d'enjeux des espèces potentielles, En phase chantier : des visites de terrain par un écologue, A l'issue de la phase chantier : un suivi des espèces patrimoniales, Un suivi spécifique de la mortalité induit par le viaduc.</p>	Modéré pour le Bouvreuil pivoine
<p>ZAC QOX (zones arbustives), Friche du CEA, Friche « La Perruche » de Châteaufort, OA 18</p>	<p>Modéré à l'échelle du projet (Linotte mélodieuse)</p>				

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Faune, flore, milieux naturels	Amphibiens	ZAC QOX	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'amphibiens et des individus Perte de fonctionnalité des corridors écologiques</p> <p>En phase d'exploitation : Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Etudes de variantes pour la mare 59H Etude de variantes de tracé sur la ZAC QOX et discussions en cours avec l'EPPS et choix de tracé le moins impactant, Pose de barrières anti-retour, Adaptation des périodes de défrichage et déplacement des individus si nécessaire, Assurer la transparence de la base chantier à la traversée de la rigole de Corbeville, Remise en état des sites</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Mise en place d'une gestion extensive</p> <p>Besoin de compensation potentiel pour le Triton crêté</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier Avant le démarrage des travaux : inventaires complémentaires pour vérifier l'absence d'enjeux sur les sites identifiés, Avant le démarrage des travaux : mise en place des barrières anti-retour autour des futures emprises, En phase chantier : des visites de terrain par un écologue, Fin de chantier : enlèvement des barrières anti-retour et de l'ouvrage de traversée de la rigole de Corbeville, A l'issue de la phase chantier : un suivi des espèces patrimoniales.</p>	Modéré pour le Triton crêté
	Insectes	OA14, Zone humide 54H, Viaduc – Franchissement de la Rigole de Corbeville, Viaduc – CEA, Viaduc – friche de la « Perruche » - Châteaufort	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'insectes et des individus Dégradation des habitats de reproduction des cortèges inféodés aux milieux aquatiques par pollution accidentelle</p> <p>En phase d'exploitation : Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Etude de variantes Assurer la transparence de la base chantier à la traversée de la rigole de Corbeville Restaurer la friche xero-thermophile voir thermohygrophile au niveau des friches sèches à humide du CEA et de Châteaufort Déplacement des orthoptères (expérimental) Développer une base chantier imperméable</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Mise en place d'une gestion extensive</p> <p>Mesures de compensation : Restaurer la friche xero-thermophile voir thermohygrophile au niveau des friches sèches à humide du CEA et de Châteaufort</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Avant le démarrage des travaux pour le déplacement des orthoptères : 2 passages d'écologue, En phase chantier : des visites de terrain par un écologue, En phase chantier : nettoyage régulier des abords du chantier pour éviter le risque de pollution</p>	Modéré

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Faune, flore, milieux naturels	Zones humides	Zones humides de Polytechnique et mares et mouillères de QOX Nord Dépression humide et rigole de Corbeville Zones humides du CEA Bassin du rond-point de Châteaufort	Risque de destruction de zones humides et de la faune associée à proximité	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Evitement de la mare XX au niveau de la ZAC QOX Limitation des emprises chantier par balisage des habitats humides Assurer la transparence de la base chantier à la traversée de la rigole de Corbeville Conservation de la végétation rivulaire lors du franchissement de la rigole de Corbeville Remise en état du site</p> <p>Mesures d'accompagnement : Dispositif de veille écologique Faciliter la reconquête des milieux Sensibilisation et communication Choix de la palette végétale</p> <p>Mesures de compensation : 1031m² de zone humide sur la ZAC (mare) si celle-ci ne peut être évité, 176m² de zone humide au niveau de la rigole de Corbeville, 280 m² de zone humide du CEA, 2100m² de zone humide au niveau du bassin du rond-point de Châteaufort Besoin de compensation sur près de 3587 m² (ratio de 100%) à 5380,5 m² (ratio de 150%)</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Idem mesures prises relatives à la gestion des eaux superficielles</p>	Modéré
Faune, flore, milieux naturels	Continuités écologiques	Ensemble de la section	Perte de continuités écologiques	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Mesures spécifiques Faune, flore, milieux naturels Assurer la transparence de la base chantier à la traversée de la rigole de Corbeville Création d'une haie fruitière dense faisant le lien entre la Croix de Villebois et la forêt domaniale de Palaiseau Renforcer/Créer des haies et alignements d'arbres pour rétablir des axes de vol depuis la forêt de Palaiseau vers la vallée de la Bièvre en passant par le réseau de rigoles et de haies Assurer une gestion favorable des boisements aux chiroptères</p> <p>Mesure générale : Restauration des emprises chantier non concernées par des emprises définitives du projet au nord de la Francilienne et du site de maintenance</p>	Faible à modéré
Patrimoine culturel, architectural et archéologique	Patrimoine culturel et architectural	Bordure du plateau de Saclay, Mérantaise	Modification des abords de la Porte de Mérantais et du site inscrit Vallée de Chevreuse	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Consultation de l'ABF Chantier faible nuisance Optimisation du projet de rampe à Guyancourt</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Intégration paysagère des ouvrages</p>	Modéré

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Paysage	/	SMR et rampe de Palaiseau	Chantiers dans un secteur en mutation structuré par les boisements Présence des ouvrages	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance coordonné avec les autres acteurs et avec programmation fine des abattages Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère en concertation avec les acteurs du territoire	Les ouvrages sont intégrés dans le paysage de lisière du « Campus Urbain »
		Viaduc dans les quartiers de Polytechnique, de Corbeville et du Moulon Gare Palaiseau Gare Orsay-Gif	Chantiers dans un secteur en mutation Présence des ouvrages	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance coordonné avec les autres acteurs Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère en concertation avec les acteurs du territoire	Les ouvrages sont intégrés dans le paysage de lisière et les nouveaux quartiers du Campus Urbain
		Viaduc au niveau du Vallon de Corbeville (franchissement de la RN118)	Chantiers dans un secteur en mutation structuré par les boisements Présence de l'ouvrage	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance avec limitation des abattages et terrassement (cf. tablier poussé) Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère en concertation avec les acteurs du territoire	L'ouvrage franchit le vallon dans le respect de la structure du paysage
		Viaduc le long de la RN 118 entre les gares Orsay-Gif et CEA Gare CEA	Chantiers à proximité immédiate d'une route structurante et dans un paysage agricole Présence de l'ouvrage	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère en concertation avec les acteurs du territoire intégrant la requalification des abords de la RN118 et un projet paysager pour le rond-point du Christ	Les ouvrages sont associés à un espace requalifié au sein du paysage agricole
		Viaduc du CEA à Magny-les-Hameaux	Chantiers à proximité immédiate d'une route structurante (RD36), entre paysage agricole et villages en coteau Présence de l'ouvrage	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère en concertation avec les acteurs du territoire intégrant les enjeux particulier de la frange du coteau	Les ouvrages sont intégrés dans un paysage de transition entre les villages et le plateau agricole

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Agriculture et sylviculture	Pédologie	Partie aérienne du tracé entre Palaiseau et Magny-Les-Hameaux (OA15)	En phase chantier (avec impact permanent) : Réduction du potentiel pédologique par disparition ou dégradation de sols agricoles Aucun impact n'est identifié en phase exploitation.	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Prise en compte de la Zone de Protection Naturelle, Agricole et Forestière du plateau de Saclay	Perte limitée du potentiel pédologique par disparition ou dégradation de sols agricoles
	Agriculture	En phase chantier : OA 14 (6,65 ha cultivé en colza - exploitation 091-406074) Emprise chantier du viaduc (environ 27 ha de terres agricoles principalement cultivées en blé tendre, en maïs grain et ensilage impliquant 13 exploitations différentes : 091-406074, 091-406488, 091-406309, 091-406804, 091-406149, 091-406737, 091-406585, 091-406817, 091-4063608, 091-406453, 091-406826, 078-355257, 078-355496) En phase exploitation : OA 14 environ 35000m ² qui seront impactés précédemment par le projet de ZAC Camille Claudel - exploitation 091-406074) Emprise définitive du viaduc non évaluable à ce stade de définition du projet	En phase chantier : Diminution temporaire de l'espace agricole disponible et fragmentation des parcelles Perturbation de l'activité agricole et des chemins agricoles (Diminution de la fonctionnalité des exploitations) Impacts sur le drainage agricole En phase d'exploitation : Diminution de l'espace agricole disponible et fragmentation Diminution de la production sur les secteurs où des modifications hydrauliques et lumineuses sont identifiées	Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Lancer une démarche de consultation auprès des exploitations (prévenir des travaux – localisation des piles en coordination avec les exploitants) Conservation des premiers horizons de terre et remise en état des sols après travaux Conservation des chemins agricoles ou déviation au plus près si impossibilité Assurer un relevé du réseau de drainage Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Permettre aux agriculteurs de se réapproprier les espaces situés sous le viaduc Mesures de suivi en phase chantier : Suivi de l'accessibilité des parcelles en phase chantier Mesures de compensation : Soutien financier pour compenser la perte de résultat temporaire des exploitations Soutien financier pour compenser la perte pérenne de résultat des exploitations	Impacts résiduels faibles à modérés

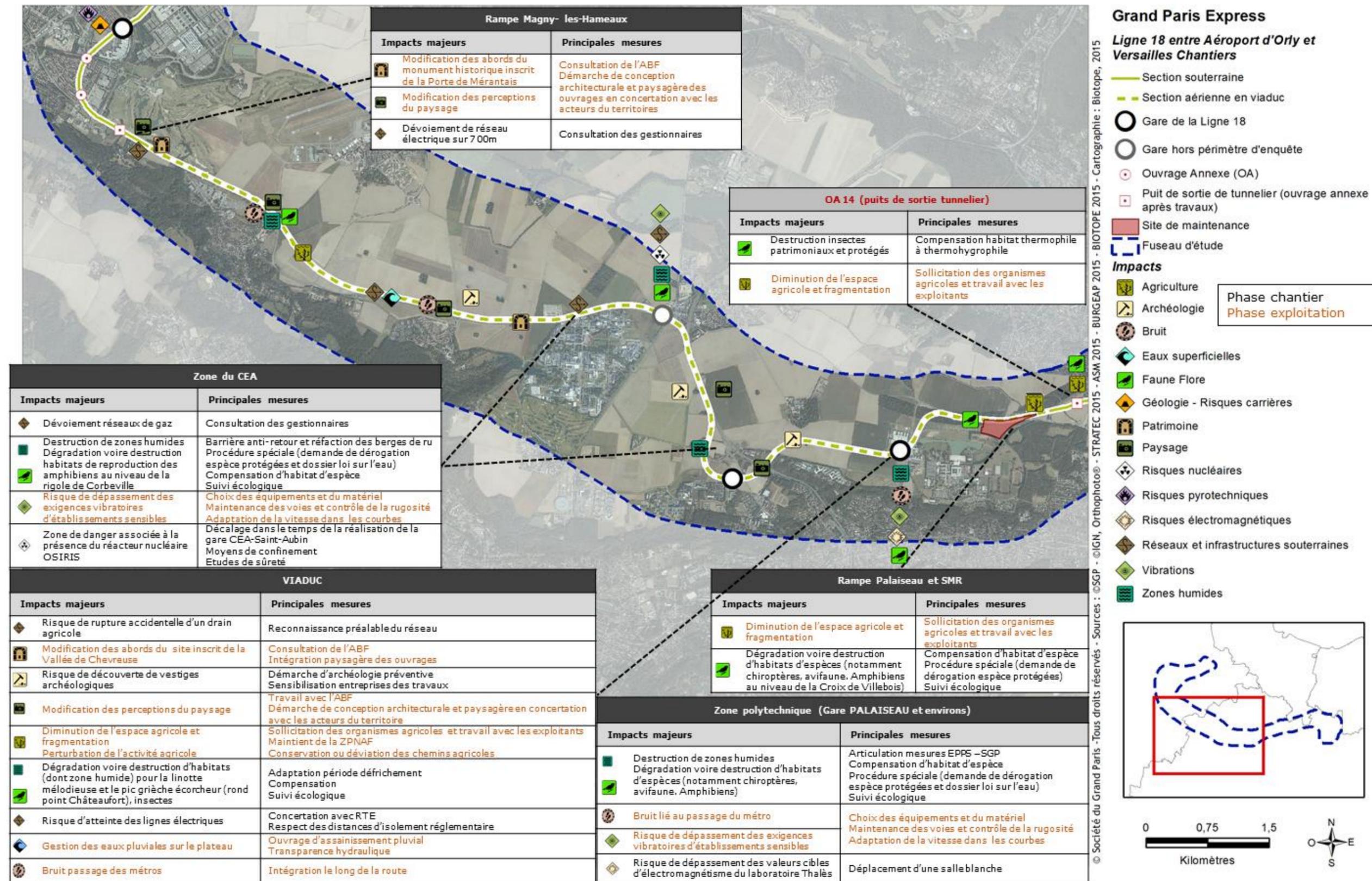
Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Population, emploi et occupation du sol	Croissance démographique et crise du logement	Ensemble de la section	Attraction d'habitants supplémentaires dans des proportions importantes à l'horizon 2030 par rapport à la référence, en particulier à Saclay (projet CDT) et sur les trois communes d'Orsay, Palaiseau et Gif-sur-Yvette (ZAC Existantes).	<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes concernées afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir.</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Point régulier sur l'évolution de l'urbanisation et du prix de l'immobilier autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Faible
	Emploi et déséquilibres habitat/emploi		Création d'emplois directs et indirects, surtout dans les communes d'Orsay, Palaiseau et Gif-sur-Yvette (ZAC Existantes).	<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi.</p>	Positif
	Densification des espaces urbanisés		De par l'importance de zones protégées de l'urbanisation (ZPNAF...), la densification du bâti ne se focalise pas sur cette section.	<p>Mesures de réduction en phase chantier : Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires à la fin des travaux.</p> <p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Evaluation de la compacité du développement urbain</p>	Faible
Activités économiques	/		<p>-Création d'environ 2000 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Désenclavement des pôles d'activités et de recherche du plateau de Saclay : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation</p>	<p>Mesures de suivi en phase exploitation : Evaluation de l'évolution localisée de l'emploi et des constructions d'activités et de bureaux autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Positif
Réseaux et infrastructures souterraines	Réseaux gaz	Viaduc : à l'est et au sud du Christ de Saclay gazoduc le long de la RN306 ; à l'ouest un gazoduc longe la RD36	Dégradation du réseau, fuites, explosion	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Adaptation du tracé</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier : Dévoisement de réseaux si pas d'alternative de tracé possible</p>	Dévoisement de réseaux si pas d'alternative de tracé possible Atteinte au réseau malgré les mesures prises
	Transport aérien d'électricité	Viaduc : la ligne HTA Elancourt-Saint-Aubin longe le viaduc la ligne HTA Saint-Aubin-Villejust-Montjay longe puis traverse le viaduc à la hauteur du quartier Bel-air de Villiers-le-Bâcle	Dégradation du réseau, atteinte des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Ajustement du profil en long de l'infrastructure ; concertation avec RTE Respect des distances d'isolement réglementaires (choix du matériel de chantier...)</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier : Mise en place des protections nécessaires au niveau des pylônes</p>	Atteintes des câbles pouvant entraîner une électrisation, électrocution des intervenants malgré les mesures prises

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Risques technologiques	Risques industriels	Viaduc : à l'ouest du Christ de Saclay : plusieurs ICPE non localisées dans l'emprise du CEA	<p>Phase études et chantier : Risque d'exposition d'ouvriers à des risques industriels Impacts/risques du chantier sur le site industriel</p> <p>Phase exploitation : Accident sur un site industriel proche entraînant une exposition des usagers de la Ligne 18 à un phénomène dangereux Accident au niveau de la Ligne 18 entraînant une agression sur une installation à risque</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Evaluation du danger par une étude balistique</p> <p>Mesures de réduction en phase chantier : Arrêt intégral du chantier en cas d'évènement à risque survenu à proximité</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Intervention des secours Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs</p>	Faible
		Viaduc : le long de la RN118 au sud de Saclay : présence d'une station-service	En cas du maintien de la station essence, interférence entre les piles d'appuis du viaduc et les réseaux et stockages de carburant ainsi que la circulation des véhicules de la clientèle	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Déplacement de la station-service</p>	/
Risques technologiques	Risques nucléaires	Viaduc : situé dans le rayon de 1 000 m de danger autour de l'INB 40 (OSIRIS)	<p>Phase chantier : Risque d'exposition d'ouvriers à des risques nucléaires Impacts/risques du chantier sur les installations nucléaires</p> <p>Phase exploitation : Risques d'exposition des usagers à des risques nucléaires Impacts/risques de la ligne sur les installations nucléaires</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Un dossier a été remis au CEA et à Cisbio International ; il détaille toutes les thématiques encadrant les études sécurité autour des INB</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Arrêt intégral du service en cas d'accident nucléaire, mise en œuvre des mesures d'urgence (confinement...) prévues par le PPI</p>	Exposition des usagers ou des ouvriers à des risques nucléaires (effets rares)

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Bruit	/	Ensemble de la section	<p>Phase chantier : nuisances sonores temporaires engendrées par les travaux</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Choix de sites éloignés des riverains actuels, en zone agricole et/ou fortement impacté par le bruit (A126 / RD36 / RN118) Choix de sites proche d'axes routier important pour l'évacuation des déblais Méthodes constructives de parois moulées et/ou à base d'éléments préfabriqués pour réduire durée de chantier et impacts sur la circulation routière Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux Adapter l'organisation des zones de chantier Au besoin : traitement acoustique des sources (capotages, silencieux, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.) Mesures de suivi en phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers Au besoin : monitoring pour les chantiers les plus sensibles</p>	<p>Impact fort au niveau des ZAC polytechnique et du Moulon en raison de la proximité avec des bâtiments ou sites sensibles et les aménagements prévus à court terme.</p> <p>Impact modéré entre Saclay et Magny les hameaux, notamment des zones pavillonnaires de Villiers-le-Bâcle et de Châteaufort</p>
			<p>Phase exploitation : augmentation des niveaux sonores liée au passage des métros et exploitation des gares et SMR</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : <u>Au niveau de la circulation du métro :</u> Intégration de la section aérienne le long d'axes routier importants (RN118, RD36) Intégration partielle de la section aérienne en zone agricole et souvent éloignée des riverains de plus de 120m Réduction de la vitesse dans les courbes Choix du matériel roulant et des équipements de voies les moins bruyants, etc. <u>Mesures d'évitement / de réduction au niveau des gares, SMR/SMI/PCC et ouvrages annexes :</u> Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores Isolation des équipements techniques (Capotages, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.) Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit Élaboration d'une charte architecturale Concertation avec les acteurs locaux Aménagement de pôles bus et réaménagement des liaisons bus Mesures de suivi en phase exploitation Mesures in situ du niveau de bruit</p>	<p>Impact lié au bruit du métro : impact modéré à fort pour la section longeant les futurs bâtiments des ZAC polytechnique et du Moulon (risque de non-conformité).</p> <p>Augmentation des niveaux sonores liée à l'exploitation des gares, au SMR et aux équipements techniques (OA et gares) : Impact nul à faible sur l'ensemble de la section</p>

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Vibrations	/	<p>Secteur du Polytechnique présentant des établissements sensibles</p> <p>Secteur du CEA présentant des établissements sensibles</p>	<p>Tracé aérien, viaduc</p> <p>Impact vibratoire sur les établissements sensibles</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation :</p> <p>Tracé en partie aérien, notamment au droit du CEA de Saclay</p> <p>Vitesse d'exploitation réduite dans la courbe à l'approche des gares</p> <p>Optimisation des propriétés dynamiques du viaduc</p> <p>Renforcement des fondations des piles du viaduc</p> <p>Insertion d'une barrière entre les piles et les bâtiments sensibles (paroi en acier raide ou paroi moulée)</p> <p>Techniques spécifiques de pose antivibratile</p> <p>Application du Plan de Management : suivi permanent par l'organisme de second regard</p> <p>Mesures de suivi :</p> <p>Réalisation de mesures en phase chantier et en exploitation</p> <p>Contrôle de la rugosité</p> <p>Mesures de compensation :</p> <p>Indemnisation des éventuels impacts constatés</p>	<p>Dépassements vibratoires modérés au niveau des équipements sensibles au sein du CEA de Saclay en phase exploitation</p> <p>Et Thalès</p>

Carte de Synthèse Palaiseau - Magny-les-Hameaux



8.7.10. Impacts et mesures pour la section Magny-les-Hameaux – Versailles

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Géologie et risques associés	Risques carrières	Guyancourt	Risque d'effondrement lié à la présence potentielle d'une zone d'ancienne carrière à ciel ouvert	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : positionnement du tracé en dehors des zones à risque connu</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Investigations des anciennes carrières avant le chantier Mise en œuvre d'un système de reconnaissance géophysique à l'avancement Etude de vulnérabilité du bâti Injection et/ou comblement des anciennes carrières identifiées</p>	Passage en zone de carrières non connues ou non contournables
Eaux souterraines et risques associés	Effet barrage	<p><u>Gares de la Ligne 18 prévus en souterrain :</u> Antonypôle, Massy Opéra, Massy-Palaiseau, Versailles Chantiers</p> <p><u>Tunnel de la Ligne 18 prévu en souterrain :</u> Secteur de Versailles (300 m avant la gare Versailles Chantier jusqu'à l'OA24)</p>	<p>Modifications du régime d'écoulement des nappes : Effet barrage généré par la présence des infrastructures étanches (tunnel et gares souterraines) - relèvement en amont et abaissement en aval</p> <p>Tunnel : Lors du passage sous la Bièvre à Satory où la nappe est au-dessus du tunnel entre le PK 7029.440 et PK 7030.920 (linéaire de 1480 m) A partir de PK 7032.960 jusqu'à PK 7033.600 (linéaire de 640 m) à Versailles</p> <p>Tunnel : 300 m avant la gare Versailles-Chantiers jusqu'à l'OA24 (872 m) Gare : Versailles-Chantiers</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Mise en œuvre de méthodes constructives adaptées : creusement au tunnelier, réalisation des ouvrages sous protection de parois moulées Réalisation d'une première analyse qualitative de l'effet barrage sur l'ensemble de la Ligne 18 prévue en souterrain. Réalisation de modélisations plus approfondies : approche quantitative au niveau du passage du tunnel dans les secteurs de Massy-Palaiseau et Versailles ainsi qu'au niveau des 5 gares si la SGP en fait la demande Mise en place d'un suivi piézométrique Réalisation de reconnaissances hydrogéologiques complémentaires</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Mise en place de mesures de régulation de la nappe si nécessaire.</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Des piézomètres de suivi seront mis en place autour de chaque gare et section du tunnel sensible. A minima, un piézomètre captant la nappe phréatique sera mis en place à l'amont de chaque gare. Les piézomètres qui seront mis en place seront suivis sur une période suffisamment longue (au minimum deux ans) après la mise en place des parois moulées, pour vérifier les effets piézométriques réellement engendrés par le projet. Ces ouvrages feront l'objet d'un suivi régulier, avec des mesures manuelles mensuelles. A partir de ces mesures, il sera alors vérifié si l'effet barrage mesuré est conforme aux prévisions</p>	Non quantifiable

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Eaux superficielles et risques associés	Risque inondation	Ensemble des émergences des gares et ouvrages annexes Puits d'entrée (gare Satory) et de sortie du tunnelier (Stade des Chantiers et Golf National)	Impact modéré à l'échelle de la parcelle, essentiellement vis-à-vis du ruissellement	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Estimation des enveloppes de débordement et positionnement des aires de chantier en dehors de ces secteurs Limitation des stocks sur les secteurs sensibles Plan de retrait anticipé des matériels et matériaux sensibles dans les zones de débordement préalablement identifiées</p> <p>Mesures de réduction en phase exploitation : Réduction des emprises aériennes de l'infrastructure par mise en œuvre de dispositions constructives particulières Le cas échéant protection des ouvertures de l'infrastructure vis-à-vis du risque d'inondation par ruissellement/débordement</p> <p>Mesures de compensation Mise en œuvre, le cas échéant, de mesures de compensation des remblais en zone inondables qui seront précisés dans le cadre des études techniques et réglementaires post-DUP</p>	Impact résiduel si des remblais en zone de débordement sont inévitables. Impact résiduel maintenu à un niveau modéré en l'absence d'étude technique permettant de le préciser
Pollution et qualité du milieu souterrain	/	Gares souterraines en zone potentiellement pollués (Versailles Chantiers)	Dispersion de la pollution Gare Versailles Chantiers Gare Saint-Quentin Est et Satory	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation avant travaux d'études de pollution du milieu souterrain.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées. Stockage de terres polluées sur des aires de stockage aménagées. Suivi des chantiers sensibles vis-à-vis de la pollution du milieu souterrain par un maître d'œuvre spécialisé. Suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers si présence de quartier résidentiel ou d'établissements sensibles.</p>	Entrainement limité de boue ou terres sur la voie publique
			Risques sanitaires pour les travailleurs et les riverains Gare Versailles Chantiers Gare Saint-Quentin Est et Satory	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation avant travaux d'études de pollution du milieu souterrain.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Évacuation des terres polluées vers les installations spécialisées. Suivi des chantiers sensibles vis-à-vis de la pollution du milieu souterrain par un maître d'œuvre spécialisé. Suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers si présence de quartier résidentiel ou d'établissements sensibles.</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Respect des mesures de gestion préconisées Mise en place de parois moulées étanches</p>	Risque d'exposition négligeable pour les travailleurs et usagers

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Faune, flore, milieux naturels	Oiseaux	OA 18	<p>En phase chantier : Dégradation voire destruction des habitats d'espèces d'oiseaux et des individus en période de nidification Dérangement des individus (augmentation de la fréquentation aux abords du chantier, bruit, pollution lumineuse)</p> <p>En phase d'exploitation : Dérangement des individus (augmentation de la fréquentation dans les parcs, bruit) Dégradation des habitats d'espèces lors de l'entretien des dépendances vertes Risque de collision d'individus au droit du viaduc</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Etudes de variantes et choix de tracé le moins impactant, Adaptation du calendrier travaux (défrichage hors période de nidification),</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation Mise en place d'une gestion extensive,</p> <p>Besoin de compensation pour la Linotte mélodieuse</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier Avant le démarrage des travaux : inventaires complémentaires pour vérifier l'absence d'enjeux des espèces potentielles, En phase chantier : des visites de terrain par un écologue, A l'issue de la phase chantier : un suivi des espèces patrimoniales,</p>	Modéré à l'échelle du projet (Linotte mélodieuse)
Patrimoine culturel, architectural et archéologique	Patrimoine culturel et architectural	Centre 8	Destruction d'un bâtiment labellisé « patrimoine du XX ^{ème} siècle	/	Fort
Paysage	/	Coteau de Satory, forêt de Versailles OA 23	Présence ponctuelle de chantiers puis des ouvrages	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Chantier faible nuisance avec attention à porter sur la hauteur des grues (cf. monuments historiques)</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Démarche de conception selon charte architecturale et paysagère intégrant les spécificités du site (milieu forestier, périmètre de protection du Château de Versailles)</p>	L'ouvrage est intégré dans le site Impacts modérés
		Ville de Versailles : Gare de Versailles Chantier OA24	Présence ponctuelle de chantiers puis des ouvrages		L'ouvrage est intégré dans le paysage urbain de Versailles Impacts modérés
Démographie, emploi et occupation du sol	Croissance démographique et crise du logement	Ensemble de la section	Attraction d'habitants supplémentaires dans des proportions importantes dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence, en particulier à Guyancourt, Montigny-Le-Bretonneux et Versailles.	<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes concernées afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir.</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Point régulier sur l'évolution de l'urbanisation et du prix de l'immobilier autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Modéré
	Emploi et déséquilibres habitat/emploi		Attraction d'emplois supplémentaires dans des proportions importantes à l'horizon 2030 par rapport à la référence, principalement dans la commune de Versailles et dans une moindre mesure dans les communes de Guyancourt et Montigny le Bretonneux.		<p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi.</p>

	Densification des espaces urbanisés		Modification de l'occupation du sol : consommation temporaire et permanente, surtout autour des gares de Guyancourt et Versailles.	<p>Mesures de réduction en phase chantier : Limiter l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Remettre en état les occupations temporaires à la fin des travaux.</p> <p>Mesures d'accompagnement en phase exploitation : Mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet</p> <p>Mesure de suivi en phase exploitation : Evaluation de la compacité du développement urbain</p>	Modéré
Activités économiques	/	Ensemble de la section	Création d'environ 2000 emplois du BTP à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Création d'environ 450 emplois directs à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 18 - Amélioration de la desserte en transport public, notamment du secteur Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines : facilité d'accès aux zones d'emplois et d'éducation	<p>Mesures de suivi en phase exploitation : Evaluation de l'évolution localisée de l'emploi et des constructions d'activités et de bureaux autour des gares avec les partenaires de la SGP.</p>	Positif

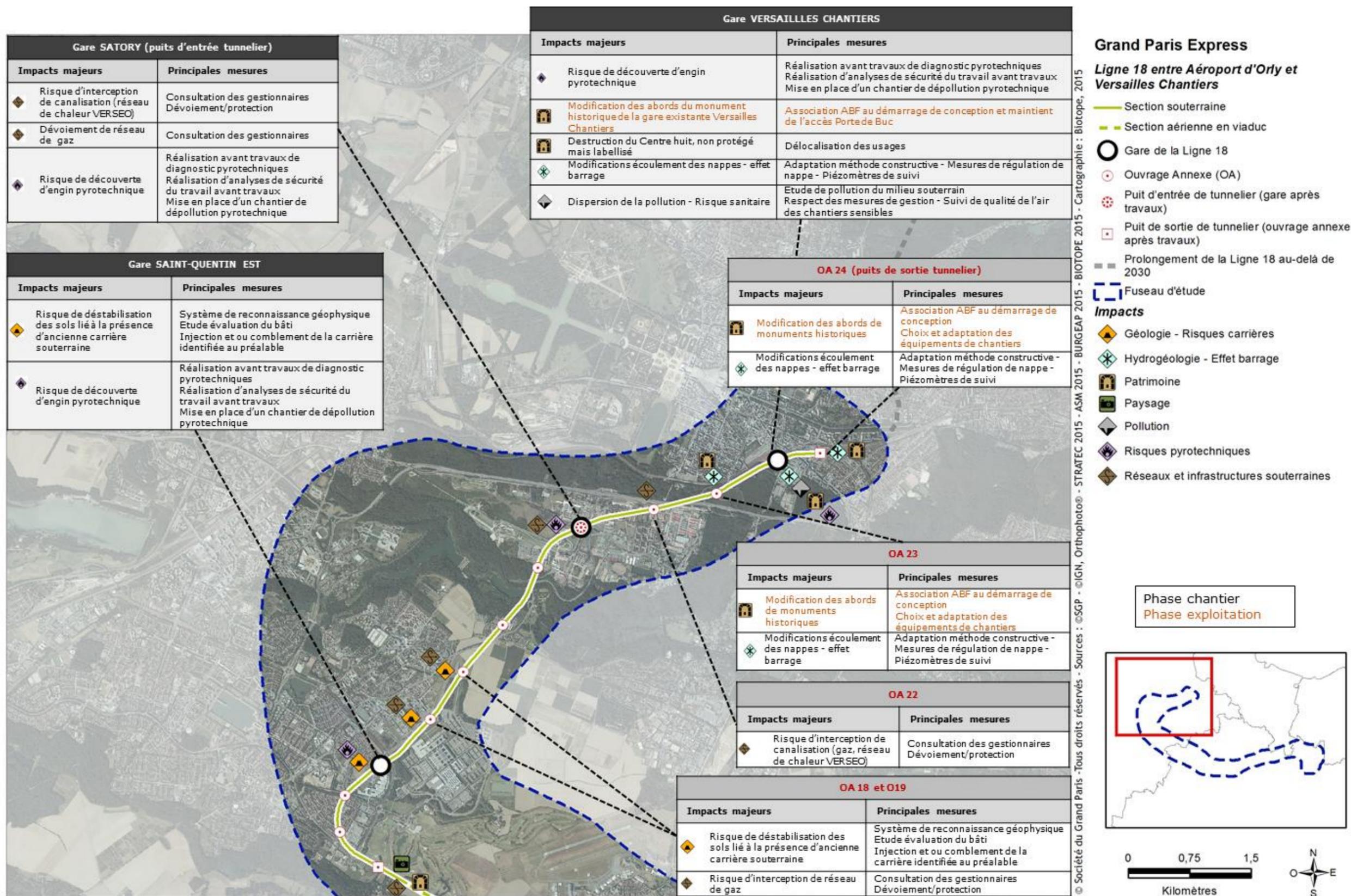
Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Réseaux et infrastructures souterraines	Réseaux gaz	Gare (Satory)	Dégradation du réseau, fuites, explosion	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Adaptation du tracé</p> <p>Mesures d'évitement en phase chantier : Dévoisement de réseaux si pas d'alternative de tracé possible</p>	Dévoisement de réseaux si pas d'alternative de tracé possible
	Réseau électrique souterrain	Viaduc (au niveau du golf national de Saint Quentin)	Dévoisement de réseau, rupture de la continuité de service	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études et chantier : Adaptation du tracé Des mesures seront prises afin d'assurer la continuité de service pendant les travaux de dévoisement</p>	Atteinte au réseau malgré les mesures prises
	Fondations et niveaux de sous-sols	Tunnel	Passages sous zones urbanisées Phase chantier : Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Ajustement du profil en long de l'infrastructure Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Études complémentaires sur la vulnérabilité des bâtis</p> <p>Mesures d'évitement et réduction en phase études chantier : Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Utilisation d'un tunnelier</p>	Déstabilisation des sols pouvant entraîner des dommages sur les ouvrages et bâtiments malgré les mesures prises
Risques technologiques	Risques industriels	Tunnel : entre OA 15-Golf et l'OA16-SNECMA : présence de SNECMA OA21-Nexter, Gare Satory, OA22-Satory : plusieurs équipements et activités ICPE non localisables (camp militaire)	<p>Phase études et chantier : Risque d'exposition d'ouvriers à des risques industriels Impacts/risques du chantier sur le site industriel</p> <p>Phase exploitation : Accident sur un site industriel proche entraînant une exposition des usagers de la Ligne 18 à un phénomène dangereux Accident au niveau de la Ligne 18 entraînant une agression sur une installation à risque</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Adaptation du tracé</p> <p>Mesures de réduction en phase chantier : Arrêt intégral du chantier en cas d'évènement à risque survenu à proximité</p> <p>Mesures de réduction en phase chantier : Intervention des secours Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs</p>	Faible

Gestion des matériaux d'excavation	/	Ensemble des gares souterraines (Saint-Quentin Est, Satory, Versailles Chantiers) Puits d'entrée de tunnelier (OA 8) Tranchées ouverte et couverte (entre le viaduc et l'OA 15)	Perturbation du fonctionnement urbain	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation, sur plus d'un tiers du tracé, d'un métro aérien en viaduc Réalisation et application d'un schéma organisationnel de suivi d'élimination des déchets (SOSED)</p> <p>Mesures réduction en phase chantier : Définition des itinéraires routiers avec les collectivités concernées</p> <p>Mesure de suivi en phase chantier : Suivi de la traçabilité des évacuations par la vérification des bordereaux de suivi de déchets</p>	Perturbations minimales
			Saturation des exutoires de déchets	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase études : Réalisation, sur plus d'un tiers du tracé, d'un métro aérien en viaduc Planification de la gestion des déblais en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport Limiter le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées Identifier les projets nécessitant des remblais en Ile de France et des filières de valorisation existantes ou à développer</p> <p>Mesure de suivi en phase chantier : Vérification des filières d'élimination prévues par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage</p>	/

Thématique	Sous-thématique	Site concerné	Impact brut	Mesures mises en œuvre	Impact résiduel
Bruit	/	Ensemble de la section	<p>Phase chantier : nuisances sonores temporaires engendrées par les travaux</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase chantier : Choix de sites éloignés des riverains actuels et/ou fortement impacté par le bruit Choix de sites proche d'axes routier important pour l'évacuation des déblais Méthodes constructives de parois moulées et/ou à base d'éléments préfabriqués pour réduire durée de chantier et impacts sur la circulation routière Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux Adapter l'organisation des zones de chantier Au besoin : traitement acoustique des sources (capotages, silencieux, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.)</p> <p>Mesures de suivi en phase chantier : Mise en place de supports de communication adaptés Présence d'agents de proximité sur les chantiers Au besoin : monitoring pour les chantiers les plus sensibles</p>	Impact modéré à fort au niveau des zones d'habitats de Guyancourt et de Versailles.
			<p>Phase exploitation : augmentation des niveaux sonores liée à l'exploitation des gares et aux équipements techniques (OA et gares)</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : <u>Au niveau des gares et ouvrages annexes :</u> Conception de la structure des locaux techniques pour contenir les nuisances sonores Isolation des équipements techniques (capotages, plots antivibratiles, écrans acoustiques, etc.) Implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres L'installation des ventilateurs sur des amortisseurs Mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit Élaboration d'une charte architecturale Concertation avec les acteurs locaux Aménagement de pôles bus et réaménagement des liaisons bus</p> <p>Mesures de suivi en phase exploitation : Mesures in situ du niveau de bruit</p>	Impact nul à faible sur l'ensemble de la section

Vibrations	/	Faible présence de bâtiments habités et établissements d'enseignements à proximité du tracé	<p>Tracé aérien, viaduc</p> <p>Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments</p> <hr/> <p>Tracé en tunnel, profondeur supérieure à 25 m</p> <p>Impact vibratoire (gêne des occupants) sur les bâtiments en surface</p>	<p>Mesures d'évitement et réduction en phase exploitation : Pose de voie avec attaches résilients à double étage Application du Plan de Management : suivi permanent par l'organisme de second regard</p> <p>Mesures de suivi : Réalisation de mesures en phase chantier et exploitation</p> <p>Mesures de compensation : Indemnisation des éventuels impacts constatés</p>	Négligeable
------------	---	---	---	--	-------------

Carte de synthèse Magny-les-Hameaux – Versailles



V. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus

1. Définition des projets retenus pour l'analyse des effets cumulés

1.1.1. Notion d'effets cumulés

La notion d'effets cumulés se réfère à la possibilité que les impacts permanents occasionnés par le projet de la Ligne 18 recouvrent les effets directs ou indirects d'autres projets ou interventions dans un même secteur ou à proximité de celui-ci et dans le temps, susceptible d'engendrer des effets de plus grande ampleur sur une entité (activités, ressources...).

Au titre de l'article R.122-5-II-4° du Code de l'environnement, l'étude d'impact doit comporter « une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 (« loi sur l'eau ») et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du Code de l'environnement et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté au titre des articles R. 214-6 à R. 214-31 mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage ».

Les effets cumulés peuvent concerner :

- les impacts en phases de travaux ;
- les impacts liés à l'exploitation des installations.

L'évaluation des effets cumulés porte sur l'ensemble des composantes environnementales identifiées dans le cadre de l'analyse du projet de ligne.

1.1.2. Méthodologie d'identification et de sélection des projets retenus pour l'analyse

La recherche des projets environnants, potentiellement à prendre en compte a été effectuée au niveau des communes traversées par le fuseau d'étude de la Ligne 18.

Les projets recensés sont localisés sur les cartes en pages suivantes.

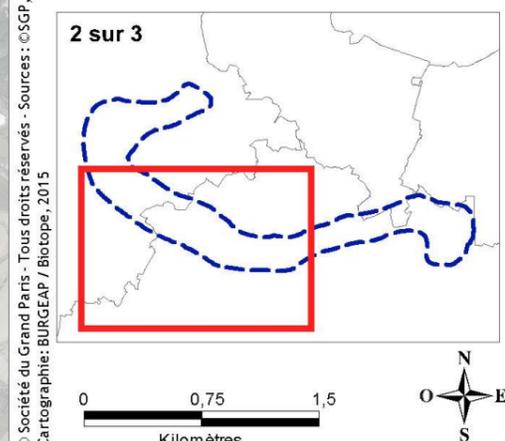
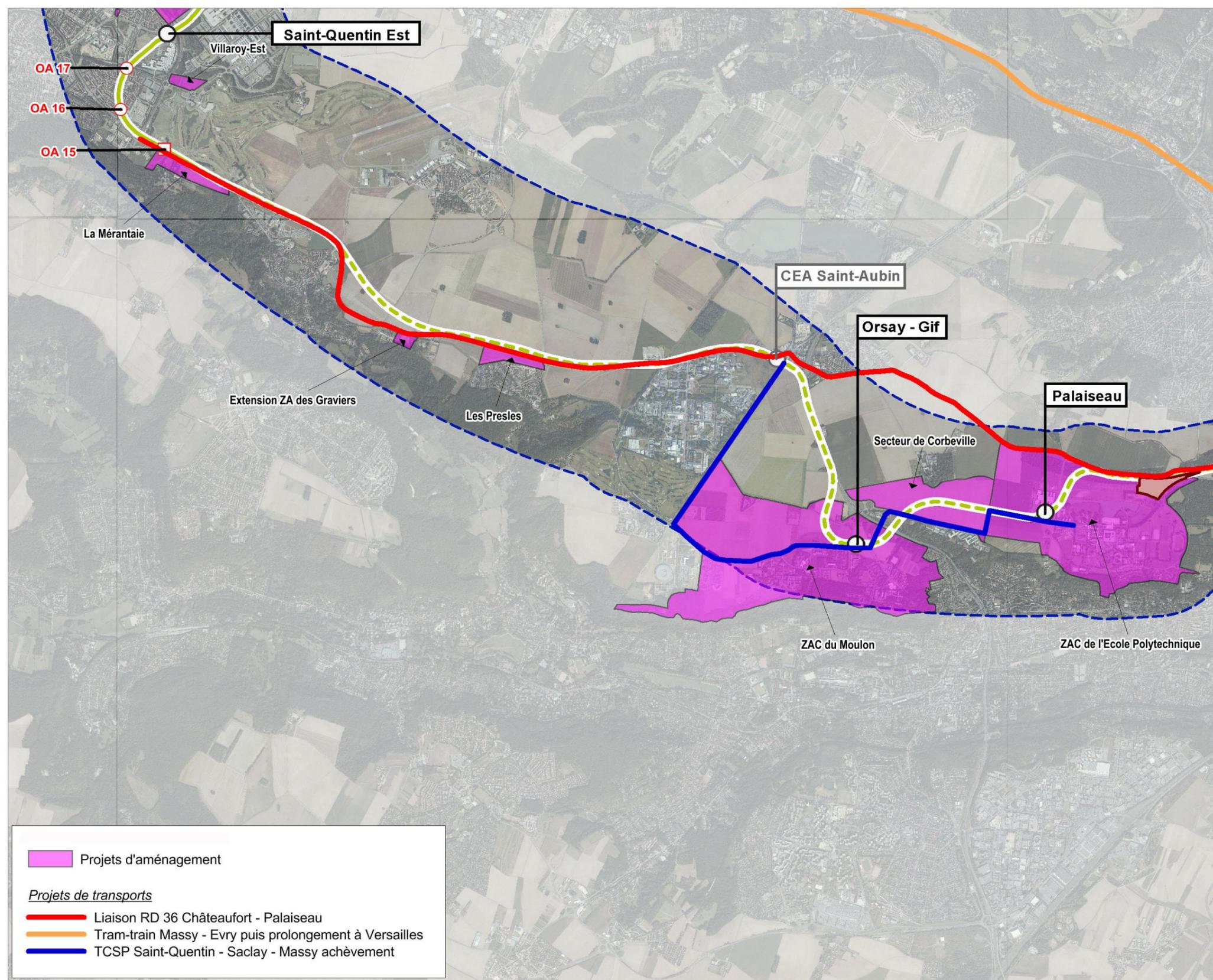
A partir de ce recensement, une sélection des projets à retenir a été effectuée sur la base des prescriptions du code et éléments suivants:

- des projets ayant fait l'objet d'une étude d'incidence et d'une enquête publique au titre de la loi sur l'eau ou dont l'étude d'impact a fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale pour lesquels les impacts peuvent avoir lieu pour tout ou partie dans le fuseau d'étude tel que présenté en pièce G.1 du présent dossier ;
- les projets où un éventuel impact cumulé selon la localisation du projet ou sa temporalité par rapport au fuseau et au tracé de la Ligne 18 a été pressenti à ce stade préliminaire de leurs études, sans pour autant qu'ils aient fait l'objet d'une évaluation environnementale ou d'une autorisation préalable.

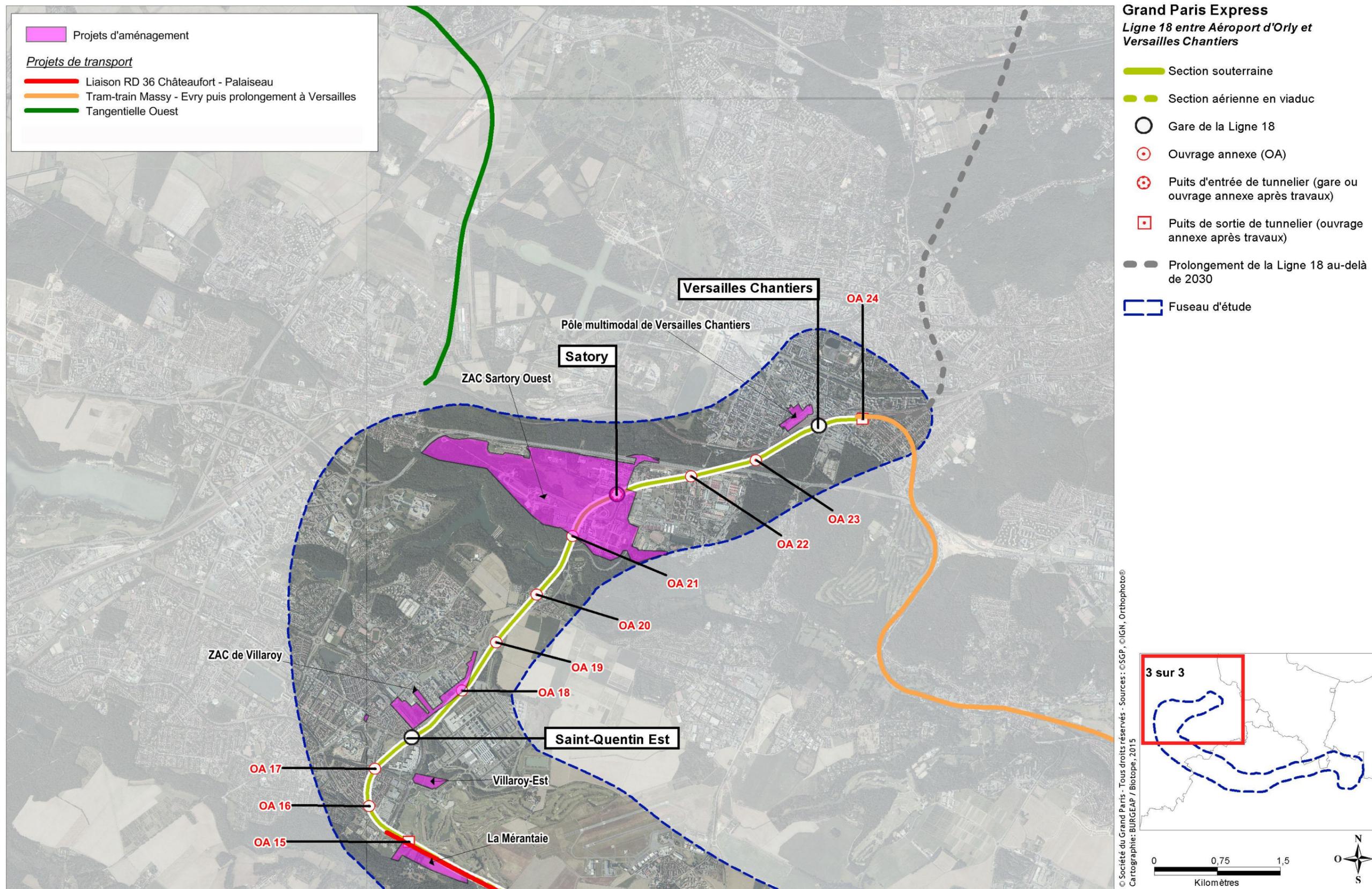
Cette recherche a notamment été réalisée à partir du site de la DRIEE Ile-de-France, du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable pour la recherche des avis de l'autorité environnementale et de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (<http://www.iau-idf.fr/>).

Les tableaux au paragraphe 3 présentent l'ensemble des projets recensés et identifient ceux retenus et ceux écartés pour l'analyse des effets cumulés.

Carte de localisation des projets environnants – Section Palaiseau – Magny-les-Hameaux (iau-idf.fr)



Carte de localisation des projets environnants – Section Magny-les-Hameaux – Versailles (iau-idf.fr)



1.1.3. Projets environnants retenus pour l'analyse des effets cumulés

Projet	Type	Dépt	Communes	Proximité au projet de la Ligne 18	Date de l'avis de l'AE (étude d'impact) ou de l'enquête publique (DLE)	Projet retenu	Justification
PROJETS DE TRANSPORT							
Projet de prolongement du tramway T7 d'Athis-Mons à Juvisy-sur-Orge	Développement de l'offre de transport	91		Projet en aérien, en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	Avis AE 15/03/2013	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet
Liaison tramway T9 Paris - Orly	Développement de l'offre de transport	75, 94,	Paris, Ivry-sur-Seine, Vitry-sur-Seine, Thiais, Choisy-le-Roi et Orly	Projet en aérien, en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	Avis AE 03/04/2014	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet
Liaison Tramway T10 Croix de Berny (Antony) et Clamart Centre	Développement de l'offre de transport	92		Projet en aérien, en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	AE saisie	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet
Interconnexion sud LGV et gare TGV Orly	Développement de l'offre de transport	91,94		En partie dans le fuseau d'étude de la Ligne 18 ; projet en souterrain comme la Ligne 18	/	Non	Enquête publique non faite, pas d'avis de l'AE (étude d'impact / DLE non déposés)
Aménagement ligne Massy Valenton Tronçon Pont de Rungis - Valenton	Développement de l'offre de transport	94		Projet en aérien, en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	Avis AE 27/11/2013	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet
Aménagement ligne Massy Valenton Tronçon Massy - Pont de Rungis et prolongation RER C jusque Massy Palaiseau	Développement de l'offre de transport	92,94		Projet en aérien, en partie dans le fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	Avis AE 27/11/2013	Non	Réalisation prévue de fin 2015 à 2018, non concomitante avec les travaux de la Ligne 18
Tram-train Massy-Evry (Tram Express Sud) et modernisation du RER C	Développement de l'offre de transport	91		Massy-Evry : tracés proches à l'est de la gare Massy Palaiseau Massy-Versailles : tracés proches au sud-ouest de la gare Massy Palaiseau ; ensuite au nord de la L18.	Avis AE 27/08/2012	Non	Projet aérien et L18 souterraine
Projet d'aménagement d'une infrastructure multimodale RD36 du giratoire de Chateaufort à Massy Palaiseau (« doublement RD 36 »)	Développement de l'offre de transport	78 91	Châteaufort Villiers-le-Bâcle, Saclay, Vauhallan, Palaiseau	La Ligne 18 longe la RD36	Avis AE 05/03/2010	Oui	
Prolongement du site propre de la ligne de bus Massy-Saint-Quentin-en-Yvelines entre l'Ecole Polytechnique et le Christ de Saclay	Développement de l'offre de transport	91	Palaiseau, Orsay, Gif-sur-Yvette, Saint-Aubin, Saclay	Le projet et la Ligne 18 sont en aérien. La Ligne 18 recoupe plusieurs fois le tracé; tracés côte à côte entre Polytechnique et la gare Orsay-Gif	Avis AE DUP 09/11/2011 Avis AE 20/02/2013 (joint au DLE autorisation) Enquête publique DLE du 17/06/2013 au 19/07/2014 Avis AE mai 2015	Oui	La réalisation du projet est prévue en 2015 Les impacts cumulés avec la Ligne 18 concerneront donc la phase d'exploitation et non de travaux
Tangentielle ouest	Développement de l'offre de transport	78		Projet en aérien, en dehors du fuseau d'étude de la Ligne 18 qui est souterraine à ce niveau	Avis AE 24/04/2013	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet

Projet	Type	Dépt	Communes	Proximité au projet de la Ligne 18	Date de l'avis de l'AE (étude d'impact) ou de l'enquête publique (DLE)	Projet retenu	Justification
AUTRES PROJETS							
Cœur d'Orly	Développement économique	91	Orly, Parray-Vieille-Poste	Projet hors fuseau d'étude de la Ligne 18	Avis AE du 26/01/2010 sur le projet d'aménagement des dessertes et voiries de cœur d'Orly	Non	Travaux déjà commencés ; pas d'interaction avec la Ligne 18
Bâtiment de jonction entre les terminaux ouest et sud de l'aéroport d'Orly et modification du parking P0	Construction	91	Orly	Le tunnel de la Ligne 18 passe sous le bâtiment et à proximité immédiate du parking	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique –Gare Aéroport d'Orly hors du périmètre d'enquête de la présente étude
Secteur des Avernaises	Développement économique	91	Wissous	En limite sud du tracé	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
Hauts de Wissous 1 et 2	Développement économique	91	Wissous	En partie dans le fuseau d'étude de la Ligne 18, au sud du tracé	Avis AE 22/02/2011	Non	Travaux en cours, Ligne 18 en souterrain, pas d'interaction avec le tracé
Antonypôle	Développement économique	92	Antony	La zone Antonypôle englobe la gare du même nom de la Ligne 18	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique ; projet en cours
PRU LE GRAND ENSEMBLE	Habitat	91	Massy	Du sud-ouest au nord-est de la gare Massy Opéra, en limite nord du tracé	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
Restructuration de la ZAC Franciades-Opéra	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Massy	Proche de la gare Massy Opéra de la Ligne 18	Avis AE 28/03/2011	Non	Date de livraison (2018) antérieure au démarrage des travaux de la L18
Aménagement de la ZAC de la Bonde	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Massy	Hors fuseau (en limite), au sud de Massy Opéra et Massy Palaiseau	Avis 18/04/2013 Enquête publique DLE 21/09/2013 - 23/10/2013	Non	Pas d'interaction compte tenu de la localisation du projet
Projet urbain Massy-Atlantis	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Massy	Proche de la gare Massy-Palaiseau de la Ligne 18	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique ; fini avant démarrage travaux L18
ZAC VILLEMORIN	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Massy	Au nord de la gare Massy-Palaiseau ; Ligne 18 en souterrain	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique ; achèvement en 2015
ZAC de l'Ecole polytechnique	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Saclay, Palaiseau	Traversée en aérien par la Ligne 18	Avis AE modification ZAC 19/12/2012 Enquête publique DLE29/04/13-04/06/13 Avis AE 04/02/2013	Oui	
Secteur de Corbeville	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Saclay, Orsay	Traversé en aérien par la Ligne 18	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
ZAC de Moulon	Mixte habitat/activité Renouvellement urbain	91	Gif-sur-Yvette, Orsay et Saint-Aubin	Traversée en aérien par la Ligne 18 au nord-est de la ZAC, en amont et en aval de la gare Orsay- Gif. Gare Orsay-Gif dans l'emprise de la ZAC	Avis AE 07/09/2013 Enquête publique DLE 02/06/ 2014 -05/07/ 2014	Oui	

Projet	Type	Dépt	Communes	Proximité au projet de la Ligne 18	Date de l'avis de l'AE (étude d'impact) ou de l'enquête publique (DLE)	Projet retenu	Justification
Bâtiment A de l'école centrale de Paris - ZAC du Moulon	Tertiaire	91	Gif-sur-Yvette	Sud-ouest de la gare Orsay-Gif	Avis AE 1/03/2014	Non	Fin des travaux (2017) avant le début des travaux de la Ligne 18
Les Presles	Extension Urbaine	91	Villiers-le-Bâcle	En limite sud du tracé	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
Extension ZA des Gravieres	Développement économique	91	Villiers-le-Bâcle	En limite sud du tracé	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
La Mérantaie	Développement économique	78	Magny-les-Hameaux	En limite sud du tracé	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
Villaroy est	Développement économique	78	Guyancourt	Située au sud de la gare Saint-Quentin Est, Ligne 18 en souterrain	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
ZAC de Villaroy	Habitat	78	Guyancourt	Située au nord-est de la gare Saint-Quentin Est, Ligne 18 en souterrain	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique
Satory Ouest	Développement économique et habitat	78	Versailles	Traversé en souterrain par la Ligne 18 ; gare Satory dans l'emprise de la zone	/	Non	Pas d'avis de l'AE ni enquête publique ; étude d'impact non faite
Pôle multimodal de Versailles chantiers	Développement de l'offre de transport	78	Versailles	Au niveau de la gare Versailles Chantiers	Avis AE 07/02/2011	Non	Fin des travaux (2016) avant le début des travaux de la Ligne 18

Seuls les projets de nature à cumuler des impacts avec le projet de la Ligne 18, objet de la présente étude, et concomitant sont retenus.

Quatre projets connus au moment de l'analyse de la présente étude d'impact et pouvant engendrer des effets cumulés avec le projet de la Ligne 18 sont identifiés, il s'agit :

- De la ZAC du Moulon ;
- ZAC de l'Ecole polytechnique ;
- Projet d'aménagement d'une infrastructure multimodale RD36 du giratoire de Châteaufort à Massy Palaiseau (« doublement RD 36 ») ;
- Prolongement du site propre de la ligne de bus Massy-Saint-Quentin-en-Yvelines entre l'Ecole Polytechnique et le Christ de Saclay.

2. Présentation des projets environnants retenus pour l'analyse des impacts cumulés

Les projets retenus sont dans un premier temps présentés avant l'analyse par thématique des effets cumulés.

2.1. Projets d'infrastructures de transport

2.1.1. Projet d'aménagement d'une infrastructure multimodale RD36 du giratoire de Châteaufort à Massy Palaiseau

Ce projet, porté par les conseils généraux des Yvelines et de l'Essonne a pour objet la création d'une infrastructure multimodale entre les communes de Châteaufort et de Palaiseau. Il s'agit de l'implantation d'une voirie routière en 2x2 voies le long de la RD36 existante. La route actuelle sera requalifiée pour permettre la circulation de transport en commun en mode doux sur des voies propres. Ce projet s'insère dans un programme plus large de développement du plateau de Saclay, lié notamment au projet du Grand Paris Express et à l'Opération d'Intérêt National (OIN) de Paris Saclay.

Le tracé de la Ligne 18 s'insère entre la RD36 et la future voie de TCSP.

Le projet comporte :

- la création d'une chaussée à 2x2 voies le long de la RD 36 existante à l'ouest de la RN 118 ;
- la création d'une chaussée à 2x1 voie le long de la RD 36 existante à l'est de la RN 118 ;
- la création d'une place à vocation urbaine de 3 hectares environ en restructuration du carrefour giratoire du Christ de Saclay ;
- la restructuration du système d'échanges entre la RD 36 et la RN 118, en conformité avec le statut de voirie départementale de la RD 36 ;
- la transformation de la chaussée actuelle de la RD 36 en un site propre pour transports en commun (SPTC) sur la totalité du linéaire du projet ;
- la création d'une circulation douce longeant la nouvelle infrastructure sur la totalité de son tracé.

Ce projet a fait l'objet d'un *arrêté interpréfectoral n° 2011-PREF-DRC L/BEPAFI/SSAF/271 du 14 juin 2011 portant déclaration d'utilité publique du projet de requalification de la RD 36 en une infrastructure multimodale et mise en compatibilité des POS de Châteaufort, Vauhalla, Saclay et des PLU de Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.*

2.1.2. Prolongement du site propre de la ligne de bus Massy-Saint-Quentin-en-Yvelines entre l'École Polytechnique et le Christ de Saclay

Le prolongement du site propre de la ligne de bus 91-06, entre l'École polytechnique à Palaiseau et le carrefour du Christ de Saclay, s'inscrit dans la politique d'amélioration de l'offre et de la qualité de transport développée par le STIF sur le Plateau de Saclay.

Actuellement, la ligne 91-06 relie le territoire d'est en ouest, entre Massy et Saint-Quentin-en-Yvelines. Certains tronçons bénéficient déjà d'une voie réservée.

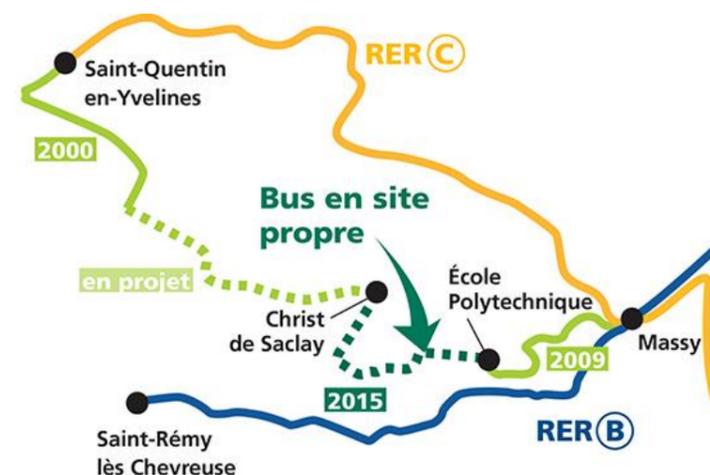
En 2000, un premier tronçon de la ligne entre Saint-Quentin-en-Yvelines et Magny-les-Hameaux a été aménagé en site propre, puis un second en 2009, entre Massy et l'École Polytechnique.

En novembre 2013, les travaux pour la mise en site propre du tronçon entre l'École Polytechnique et le Christ de Saclay ont démarré. Cette nouvelle section, longue de 6.7 km comptera 12 stations (dont une station en réserve).

La mise en site propre de ce nouveau tronçon permettra d'améliorer la qualité de service de la ligne 91-06 en garantissant plus de ponctualité et de régularité grâce, notamment, à la priorité aux carrefours.

Pour valoriser cette amélioration la ligne 91-06 change de nom et devient l'Express 91-06 dès la mise en service.

Le projet de bus en site propre entre Saint-Quentin-en-Yvelines et Massy est inscrit au Schéma Directeur de la Région Île-de-France (SDRIF).



Projet de prolongement du TCSP (<http://www.bus-express-91-06.fr>)

2.2.2. ZAC de Moulon

Le projet s'inscrit dans le périmètre de l'OIN Paris-Saclay, sur la frange sud du plateau, entre les quartiers du CEA et de l'École Polytechnique. Au sein d'un périmètre de 333 ha, il prévoit la construction de 870 000 m² de surface plancher, dont 41,6 % consacrés à l'enseignement-recherche, 28,6 % de logements, 23,8 % d'activités économiques, 3 % d'équipements et 3 % de commerces.

Dans un futur proche, plusieurs établissements d'enseignement supérieur vont rejoindre le site, comme l'École Centrale Paris, l'ENS Cachan et une partie de l'Université Paris Sud. L'objectif du projet est de profiter de ces arrivées pour faire émerger un quartier mixte qui rassemble chercheurs, étudiants, habitants et salariés.

La création des premiers logements a été lancée dès 2014 avec une livraison à l'horizon 2017-2018 pour répondre aux premiers besoins.



Le projet repose sur une programmation totale de 870 000 m², équilibrée entre :

■ 350 000 m ² de programmes scientifiques (enseignement supérieur et recherche)	■ 50 000 m ² de services, commerces et équipements publics (crèches et groupes scolaires, pôles sportifs et centre culturel, terrains de jeux, locaux associatifs, parcs de stationnements publics...)
■ 180 000 m ² de logements familiaux	■ Équipements sportifs
■ 90 000 m ² de logements étudiants	■ Équipements publics
■ 200 000 m ² de développement économique	■ Commerces et services

Projet de la ZAC de Moulon (<http://www.caps.fr/amenager/lamenagement-du-territoire/quartier-moulon/>)



PROJETS IMMOBILIERS

- 1 Ecole Centrale Paris
- 2 Lieu de vie
- 3 Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay

VOIRIES ET INFRASTRUCTURES

- 4 Transport en commun en site propre
- 5 Dévoisement de la RD 128
- 6 Réaménagement de la rue Joliot-Curie
- 7 Démolition des locaux du CNEF

GESTION DES EAUX ET BIODIVERSITÉ

- 8 Création du dispositif de gestion des eaux pluviales le long de la rue du Belvédère et dans les poches de stationnement du quartier

Chantiers menés en 2014 (<http://www.caps.fr/amenager/lamenagement-du-territoire/quartier-moulon/>)

3. Appréciation des principaux effets cumulés

Les tableaux suivants dressent la liste des principaux effets cumulés envisageables entre le projet de la Ligne 18 et les projets environnants retenus par thématique environnementale et par secteur.

Milieu physique										
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés							
			Climat	Relief	Pédologie	Géologie	Qualité du milieu souterrain	Gestion des terres excavées et des déchets du BTP	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Section Palaiseau-Magny-les-Hameaux	Aucun	Modification locale et temporaire du relief (stockage de terre éventuel)	Modification de la couverture du sol	Projet aérien – pas d'impact souterrain	Pas d'impact cumulé car ne devrait pas modifier les propriétés chimiques du milieu souterrain	Chantiers normalement non concomitant. A défaut, engorgement des voies d'évacuation potentiel (route), si importants volumes de déblais	Chantiers gérés indépendamment. Toutefois coordination entre Maîtrises d'ouvrages si les chantiers sont concomitants, notamment vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales et du risque d'une pollution accidentelle se propageant du chantier amont vers le chantier aval	Projet aérien – pas d'impact pour les eaux souterraines
	Exploitation			Sans objet						
Prolongement TCSP	Chantier	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Aucun	Modification locale et temporaire du relief (stockage de terre éventuel)	Modification de la couverture du sol	Projet en surface – pas d'impact souterrain cumulé avec la Ligne 18	Pas d'impact cumulé car ne devrait pas modifier les propriétés chimiques du milieu souterrain	Pas d'impact cumulé car chantiers non concomitants	Sans objet – chantiers non concomitants	Projet en surface – pas d'impact pour les eaux souterraines
	Exploitation			Sans objet						
ZAC Polytechnique	Chantier	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Aucun	Modification locale et temporaire du relief (stockage de terre éventuel)	Modification de la couverture du sol et réduction du potentiel pédologique par disparition ou dégradation de sols	Projet en surface – pas d'impact souterrain cumulé avec la Ligne 18	Pas d'impact cumulé car ne devrait pas dégrader les propriétés chimiques du milieu souterrain	Chantiers normalement non concomitant. A défaut, engorgement des voies d'évacuation potentiel (route), si importants	Chantiers gérés indépendamment. Toutefois coordination entre Maîtrises d'ouvrages si les chantiers sont concomitants,	Projet aérien – pas d'impact pour les eaux souterraines

Milieu physique										
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés							
			Climat	Relief	Pédologie	Géologie	Qualité du milieu souterrain	Gestion des terres excavées et des déchets du BTP	Eaux superficielles	Eaux souterraines
					agricoles				volumes de déblais	notamment vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales et du risque d'une pollution accidentelle se propageant du chantier amont vers le chantier aval
	Exploitation			Sans objet				Sans objet	Sans objet	Infrastructures gérées indépendamment
ZAC du Moulon	Chantier	Section Palaiseau - Magny-les-Hameaux	Aucun	Modification locale et temporaire du relief (stockage de terre éventuel)	Modification de la couverture du sol	Projet en surface – pas d'impact souterrain cumulé avec la Ligne 18		Pas d'impact cumulé car ne devrait pas dégrader les propriétés chimiques du milieu souterrain	Chantiers normalement non concomitant. A défaut, engorgement des voies d'évacuation potentiel (route), si importants volumes de déblais	Chantiers gérés indépendamment. Toutefois coordination entre Maîtrises d'ouvrages si les chantiers sont concomitants, notamment vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales et du risque d'une pollution accidentelle se propageant du chantier amont vers le chantier aval
	Exploitation			Sans objet				Sans objet	Sans objet	Infrastructures gérées indépendamment

Milieu naturel									
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés						
			Natura 2000	Habitats naturels et semi-naturels	Flore	Faune	Zones humides	Continuités écologiques	Services écosystémiques
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Bordure de RD 36 concernée par des milieux agricole, friche, quelques boisements et zones humides	Augmentation potentielle des nuisances sonores à proximité de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides associées »	Consommation d'espaces ouverts agricoles et humides (habitats non patrimoniaux mais habitats d'espèces, voir colonne faune)	-	Consommation des milieux favorables aux insectes, reptiles, oiseaux, chiroptères et amphibiens se limitant aux bords de route actuellement en exploitation	Destruction de zones humides Mesures ERC mises en œuvre	Augmentation de la fragmentation par augmentation de l'imperméabilité de l'infrastructure	Consommation d'espaces agricoles notamment source de services d'approvisionnement
	Exploitation								
Prolongement TCSP	Chantier	Bordure de RD 36 concernée par des milieux agricole, friche, quelques boisements et zones humides	Augmentation potentielle des nuisances sonores à proximité de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides associées »	Consommation d'espaces ouverts agricoles et humides (habitats non patrimoniaux mais habitats d'espèces, voir colonne faune)	-	Consommation des milieux favorables aux insectes, reptiles, oiseaux, chiroptères et amphibiens se limitant aux bords de route actuellement en exploitation	Destruction de zones humides Mesures ERC mises en œuvre	Augmentation de la fragmentation par augmentation de l'imperméabilité de l'infrastructure	Consommation d'espaces agricoles notamment source de services d'approvisionnement
	Exploitation								
ZAC Polytechnique	Chantier	Plateau de Saclay riche en mouillère, milieu agricole, friche et éléments boisés ponctuels	Consommation de milieux boisés, lieu de nourrissage pour le Pic noir Mesures ERC mises en œuvre	Consommation d'espaces ouverts agricoles, de friches, de milieux boisés et humides Mesures ERC mises en œuvre	Destruction de stations d'espèces végétales patrimoniales et protégées (Etoile d'eau) Mesures ERC mises en œuvre	Consommation des milieux favorables aux insectes, reptiles, oiseaux, chiroptères et amphibiens Mesures ERC mises en œuvre	Destruction de zones humides Mesures ERC mises en œuvre	Consommation d'espaces boisés identifiés comme corridors à fonctionnalité réduite d'importance régionale pour la trame boisée	Consommation d'espaces boisés, agricoles et ouverts source de services d'approvisionnement et de régulation
	Exploitation								
ZAC du Moulon	Chantier	Plateau de Saclay riche en mouillère, milieu agricole, friche et éléments boisés ponctuels	-	Consommation d'espaces ouverts agricoles et de friches (habitats non patrimoniaux mais habitats d'espèces, voir colonne faune)	-	Consommation des milieux favorables aux insectes, reptiles, oiseaux, chiroptères et amphibiens	Destruction de zones humides Mesures ERC mises en œuvre	-	Consommation d'espaces agricoles notamment source de services d'approvisionnement
	Exploitation								

Milieu agricole et sylvicole					
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés		
			Agriculture		Sylviculture
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Section Palaiseau-Magny-les-Hameaux	Consommation de terres arables et réduction des superficies exploitables		-
	Exploitation				-
Prolongement TCSP	Chantier		Consommation de terres arables et réduction des superficies exploitables		-
	Exploitation				-
ZAC Polytechnique	Chantier		Consommation de terres arables et réduction des superficies exploitables		-
	Exploitation				-
ZAC du Moulon	Chantier	Consommation de terres arables et réduction des superficies exploitables		-	
	Exploitation			-	

Paysage et patrimoine					
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés		
			Paysage	Patrimoine culturel protégé	Patrimoine archéologique
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Bordure du plateau de Saclay - Méranthaise	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception des abords de monuments historiques liée à une succession de chantiers	Destruction conjointe éventuelle de vestiges s'étendant sur les deux projets -
	Exploitation		Renforcement de l'isolement paysager des espaces agricoles résiduels (Cf. abords du Château de Villiers le Bâcle par ex.) et de l'effet de coupure entre le plateau agricole et les villages au sud	Altération supplémentaires des marges du site inscrit de la vallée de Chevreuse et isolement des champs situés dans les abords du Château de Villiers le Bâcle	-
Prolongement TCSP	Chantier	Plateau de Palaiseau	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	-	Destruction conjointe éventuelle de vestiges s'étendant sur les deux projets (cf. boisements et zone agricole non concernés par le projet de ZAC polytechnique)
	Exploitation		Modification de l'image du territoire d'un plateau agricole vers un campus urbain	-	-
ZAC Polytechnique	Chantier	Site inscrit de la vallée de Chevreuse	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	-	Destruction éventuelle de vestiges
	Exploitation		Modification de l'image du territoire, renforcement du caractère urbain	-	-
ZAC du Moulon	Chantier	Site inscrit de la vallée de Chevreuse	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	Destruction conjointe éventuelle de vestiges s'étendant sur les deux projets (cf. boisements et zone agricole non concernés par le projet de ZAC polytechnique)
	Exploitation		Modification de l'image du territoire, renforcement du caractère urbain	Altération de l'image campagnarde du site inscrit	-
Pôle multimodal de Versailles Chantiers	Chantier	Gare Versailles Chantiers et Centre 8	Prolongation de la durée de la perturbation de la perception du territoire lié à une succession de chantiers	Destruction du centre 8 du fait de l'impossibilité d'aménager la gare du GPE sur le site du pôle multimodal	-
	Exploitation		Restructuration et amélioration des abords de la gare	-	-

Milieu humain : organisation urbaine et socio-économique					
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés		
			Population, emplois et occupation du sol	Activités économiques	Agriculture
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Section Palaiseau-Magny-les-Hameaux	Cumul des chantiers pouvant générer une amplification de l'emprise sur les espaces ruraux ou urbains ouverts ainsi que des coupures temporaires des chemins d'accès.	Cumul des chantiers pouvant perturber certaines activités économiques : par exemple difficultés d'accès supplémentaire à certains commerces.	
	Exploitation		Renforcement significatif de l'accessibilité du plateau de Saclay, et donc augmentation de l'attractivité de la zone hors ZPNAF : attraction d'habitants et d'emplois supplémentaires, amélioration des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération.	Renforcement significatif de l'accessibilité du plateau de Saclay, et donc augmentation de l'attractivité de la zone : création de nouvelles activités hors périmètre ZPNAF.	
Prolongement TCSP	Chantier		Cumul des chantiers pouvant générer une amplification de l'emprise sur les espaces ruraux ou urbains ouverts ainsi que des coupures temporaires des chemins d'accès.	Cumul des chantiers pouvant perturber certaines activités économiques : par exemple difficultés d'accès supplémentaires à certains commerces.	
	Exploitation		Amélioration de l'offre et de la qualité des transports en commun sur le Plateau de Saclay, et donc augmentation de l'attractivité de la zone hors ZPNAF : attraction d'habitants et d'emplois supplémentaires, amélioration des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération.	Amélioration de l'offre et de la qualité des transports en commun sur le Plateau de Saclay, et donc augmentation de l'attractivité de la zone hors ZPNAF : création de nouvelles activités.	
ZAC Polytechnique	Chantier		Cumul des chantiers pouvant générer une amplification de l'emprise sur les espaces ruraux ou urbains ouverts ainsi que des coupures temporaires des chemins d'accès.	Cumul des chantiers pouvant perturber certaines activités économiques : par exemple difficultés d'accès supplémentaire à certains commerces.	
	Exploitation		Augmentation de l'attractivité du Plateau de Saclay : création d'une capacité d'accueil pour répondre aux besoins des habitants et emplois supplémentaires à venir.	Augmentation de l'attractivité du Plateau de Saclay : création de capacités d'accueil pour répondre aux besoins des activités économiques supplémentaires à venir.	
ZAC du Moulon	Chantier	Cumul des chantiers pouvant générer une amplification de l'emprise sur les espaces ruraux ou urbains ouverts ainsi que des coupures temporaires des chemins d'accès.	Cumul des chantiers pouvant perturber certaines activités économiques : par exemple difficultés d'accès supplémentaire à certains commerces.		
	Exploitation	Augmentation de l'attractivité du Plateau de Saclay : création d'une capacité d'accueil pour répondre aux besoins des habitants et emplois supplémentaires à venir.	Augmentation de l'attractivité du Plateau de Saclay hors ZPNAF: création de capacités d'accueil pour répondre aux besoins des activités économiques supplémentaires à venir.		

Fondations, réseaux, risques technologiques et servitudes aéronautiques							
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés				
			Fondations	Réseaux	Risques industriels	Risques pyrotechniques	Servitudes aéronautiques
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Section Palaiseau-Magny-les-Hameaux	Date de livraison non connue : possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour l'emprise des piles du viaduc	Date de livraison non connue : possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour les dévoiements de réseaux électriques	Date de livraison non connue : possible concomitance des travaux et des bases chantiers pouvant présenter des risques industriels l'un vers l'autre	Pas de cumul car chantier non concomitant. Eventuelle découverte d'engins explosifs près de Massy-Palaiseau préalablement aux travaux de la Ligne 18 permettant une meilleure connaissance du milieu et une éventuelle dépollution avant travaux	Date de livraison non connue : possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment si des engins de hauteurs importantes sont utilisés au niveau de la trouée d'atterrissage de Toussus-le-Noble
	Exploitation		Sans objet	Sans objet	Forte proximité avec le viaduc Risque routier	Sans objet	Sans objet
Prolongement TCSP	Chantier		Livraison fin 2015 : le chantier de L18 devra tenir compte des contraintes d'exploitation du TCSP	Livraison fin 2015 : le chantier de L18 devra tenir compte des contraintes d'exploitation du TCSP	Livraison fin 2015 : le chantier de L18 devra tenir compte des contraintes d'exploitation du TCSP	Sans objet, secteur non inclus dans les zones à risque pour la découverte d'engins explosifs	Sans objet
	Exploitation		Sans objet	Sans objet	Risque routier	Sans objet	Sans objet
ZAC Polytechnique	Chantier		possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour l'emprise des piles du viaduc	Date de livraison non connue : possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour les dévoiements de réseaux	Potentiellement de nouvelles ICPE à proximité de la Ligne 18 à prendre en compte	Sans objet, secteur non inclus dans les zones à risque pour la découverte d'engins explosifs	Sans objet
	Exploitation		Sans objet	Sans objet	Potentiellement de nouvelles ICPE à proximité de la Ligne 18 à prendre en compte	Sans objet	Sans objet
ZAC du Moulon	Chantier		possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour l'emprise des piles du viaduc	Possible concomitance des travaux ; coordination à prévoir entre les maîtres d'œuvres notamment pour les dévoiements de réseaux	Potentiellement de nouvelles ICPE à proximité de la Ligne 18 à prendre en compte	Sans objet, secteur non inclus dans les zones à risque pour la découverte d'engins explosifs	Sans objet
	Exploitation		Sans objet	Sans objet	Potentiellement de nouvelles ICPE à proximité de la Ligne 18 à prendre en compte	Sans objet	Sans objet

Mobilité				
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés	
			Déplacements des Franciliens	Sécurité routière
Général	Chantier		De manière générale, lorsque 2 chantiers sont concomitants, le charroi poids-lourd généré par les chantiers peu perturber le trafic, avec notamment un risque accru de congestion près des zones de chantiers. De même, le cumul des chantiers peu avoir un impact sur la déviation des circulations.	
Infrastructure multimodale RD36	Chantier	Section Palaiseau-Magny-les-Hameaux		
	Exploitation		Effet de synergie entre les projets : augmentation de l'attractivité du pôle Saclay/Saint-Aubin/Palaiseau hors ZPNAF.	
Prolongement TCSP	Chantier			
	Exploitation		Effet de synergie entre les projets : augmentation de l'attractivité du pôle Saclay/Saint-Aubin/Palaiseau hors ZPNAF.	
ZAC Polytechnique	Chantier			
	Exploitation		La future gare Palaiseau offre une desserte directe de la ZAC.	
ZAC du Moulon	Chantier			
	Exploitation		La future gare d'Orsay-Gif offre une desserte directe de la ZAC.	

Cadre de vie et santé publique								
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés					
			Energie	Emissions de GES	Qualité de l'air	Environnement sonore	Vibrations	Ondes électromagnétiques
Infrastructure multimodale RD36	Chantier			De manière générale, lors de chantiers cumulés, les émissions de GES sont plus importantes dues au charroi chantier et à l'augmentation de la congestion.	Lors de chantiers cumulés, un risque existe d'augmentation d'émissions de poussières et polluants (via le charroi chantier et l'augmentation éventuelle de la congestion à proximité des chantiers).	Possible cumul des impacts sonores possible si le projet d'infrastructure multimodale RD36 n'est pas terminé avant le démarrage des travaux du Grand Paris.		-
	Exploitation		De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une diminution supplémentaire de la consommation d'énergie par le secteur des transports (cette valeur restera faible par rapport aux objectifs du Grenelle)	De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de GES par l'effet cumulé du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun et l'augmentation de la vitesse de circulation.	Le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de polluant par une baisse de la congestion.	Augmentation des nuisances sonores du fait de l'impact cumulé. L'impact attendu sur le bruit routier est très important (de l'ordre de 9 dB(A) en raison de la charge de trafic supplémentaire induit par le projet mais aussi la circulation des bus		-
Prolongation TCSP	Chantier			De manière générale, lors de chantiers cumulés, les émissions de GES sont plus importantes dues au charroi chantier et à l'augmentation de la congestion.	Lors de chantiers cumulés, un risque existe d'augmentation d'émissions de poussières et polluants (via le charroi chantier et l'augmentation éventuelle de la congestion à proximité des chantiers).	Pas d'impacts cumulés		-

Cadre de vie et santé publique								
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés					
			Energie	Emissions de GES	Qualité de l'air	Environnement sonore	Vibrations	Ondes électromagnétiques
Prolongation TCSP	Exploitation		De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une diminution supplémentaire de la consommation d'énergie par le secteur des transports (cette valeur restera faible par rapport aux objectifs du Grenelle)	De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de GES par l'effet cumulé du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun et l'augmentation de la vitesse de circulation.	Le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de polluant par une baisse de la congestion.	Pas d'amplification des impacts sonores liés aux réseaux de transports en commun sur les portions où seront mutualisés les deux projets.		-
ZAC Polytechnique	Chantier			De manière générale, lors de chantiers cumulés, les émissions de GES sont plus importantes dues au charroi chantier et à l'augmentation de la congestion.	Lors de chantiers cumulés, un risque existe d'augmentation d'émissions de poussières et polluants (via le charroi chantier et l'augmentation éventuelle de la congestion à proximité des chantiers).	Les travaux du projet de ZAC sont prévus sur une période de 13 ans. Il y aura donc un cumul des impacts sonores en phase chantier avec ceux de la Ligne 18.		-
	Exploitation		De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une diminution supplémentaire de la consommation d'énergie par le secteur des transports (cette valeur restera faible par rapport aux objectifs du Grenelle)	De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de GES par l'effet cumulé du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun et l'augmentation de la vitesse de circulation.	Le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de polluant par une baisse de la congestion.	Augmentation des risques de nuisances sonores liées à la circulation des métros et aux équipements techniques en raison du développement urbain de la zone et de la densification de la population piétonnière. L'impact attendu cumulé sur le bruit routier est compris entre 2 et 5 dB(A) sur les voiries existantes.		-

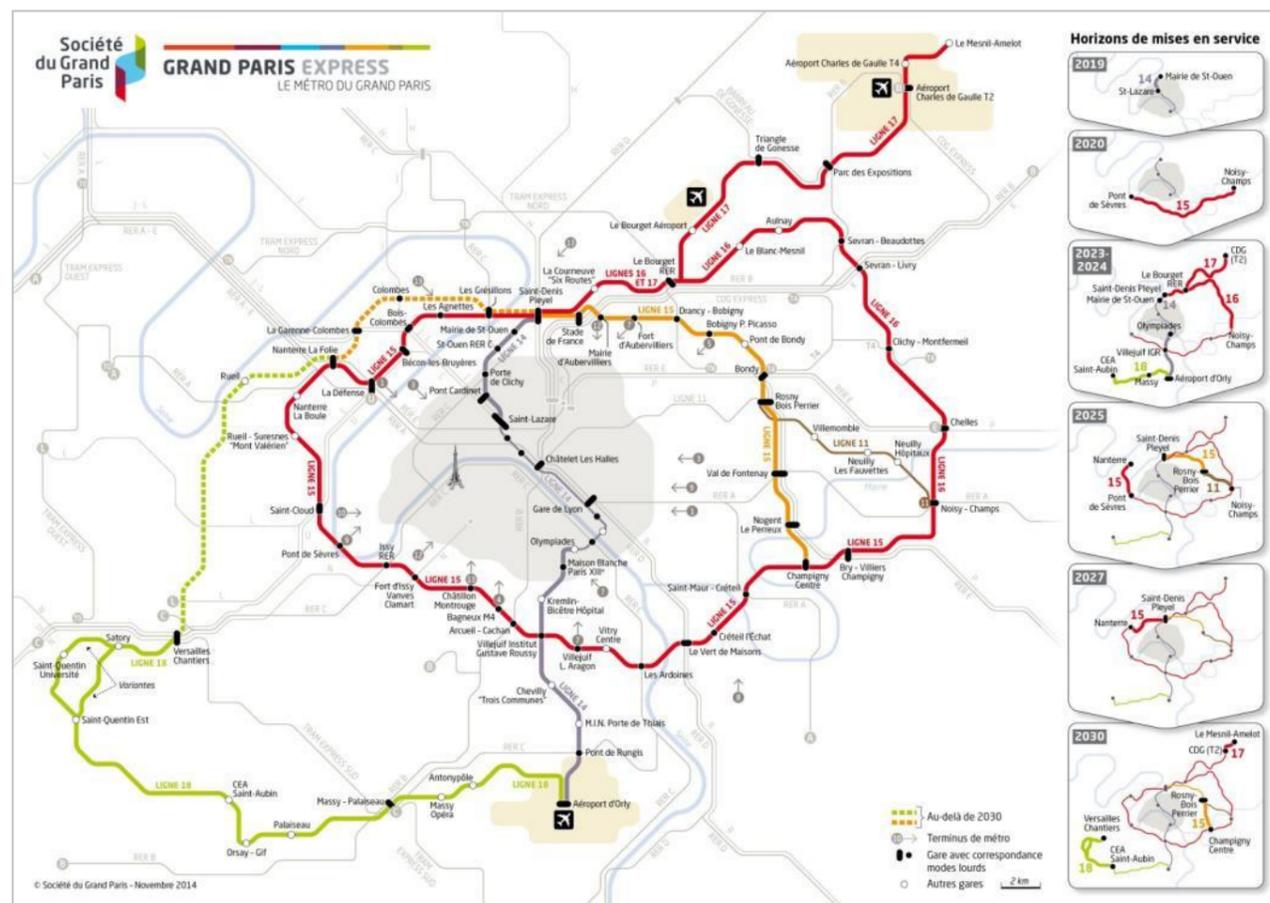
Cadre de vie et santé publique							
Projet	Phase	Secteur concerné	Risques d'impacts cumulés				
			Energie	Emissions de GES	Qualité de l'air	Environnement sonore	Vibrations
ZAC du Moulon	Chantier			De manière générale, lors de chantiers cumulés, les émissions de GES les plus importantes sont dues au charroi chantier et à l'augmentation de la congestion.	Lors de chantiers cumulés, un risque existe d'augmentation d'émissions de poussières et polluants (via le charroi chantier et l'augmentation éventuelle de la congestion à proximité des chantiers).	Les travaux de la ZAC du Moulon sont prévu jusqu'en 2026. Il y aura donc un cumul des impacts sonores en phase chantier avec ceux de la Ligne 18.	-
	Exploitation		De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une diminution supplémentaire de la consommation d'énergie par le secteur des transports (cette valeur restera faible par rapport aux objectifs du Grenelle)	De manière générale, le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de GES par l'effet cumulé du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun et l'augmentation de la vitesse de circulation.	Le cumul de projets de réseaux (transport en commun ou routier) avec le projet de la Ligne 18 induira une baisse des émissions de polluant par une baisse de la congestion.	Augmentation des risques de nuisances sonores liées à la circulation des métros et aux équipements techniques en raison du développement urbain de la zone et de la densification de la population piétonnière. L'impact attendu cumulé sur le bruit routier sera faible sur les voiries existantes (de 1 à 2 dB(A)).	-

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

1. Méthodologie suivie

La Ligne 18 est un maillon du projet plus global du Grand Paris Express qui comprend la construction d'environ 200 km de lignes de métro automatique pour relier les territoires de l'Ile-de-France. En effet, elle permet de desservir des territoires en mutation et de relier d'important pôles économiques, scientifiques et de transport (aéroport d'Orly).

Le réseau du Grand Paris Express desservira 68 nouvelles gares et connectera de nombreux pôles d'activités ainsi que 3 aéroports et des gares TGV. Le réseau complet et les horizons de mise en service sont illustrés sur la carte ci-après :



Carte du réseau Grand Paris Express et des horizons de mises en services des différentes lignes (source : Société du Grand Paris)

La Ligne 18 faisant partie de cet ensemble, ses impacts sur certains domaines environnementaux sont donc intrinsèquement liés à ceux du Grand Paris Express dans son ensemble. En respect du code de l'environnement, l'étude d'impact concernant la mise en œuvre de la Ligne 18 **doit donc proposer une analyse des incidences du programme global d'aménagement** (l'ensemble du Grand Paris Express).

En effet, lorsque la totalité des travaux prévus au programme d'aménagement est réalisée de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacune des phases de l'opération doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme.

Dans le cas présent, le programme d'aménagement est assimilable à la réalisation de l'ensemble des lignes du réseau Grand Paris Express, à savoir, pour l'horizon 2030 :

- le prolongement sud de la **Ligne 14** compris entre les gares Olympiades et Aéroport d'Orly, qui a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique ayant reçu un avis du CGEDD³⁴ (Autorité environnementale) en date du 25 février 2015 ;
- la **Ligne 15** incluant :
 - o le tronçon Sud entre les gares Pont de Sèvres et Noisy-Champs a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique ayant reçu un avis du CGEDD en date du 10 juillet 2013 et ayant été mis à disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 7 octobre au 18 novembre 2013 ;
 - o le tronçon Ouest entre les gares Pont de Sèvres et Saint-Denis Pleyel, qui a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique et ayant reçu un avis du CGEDD en date du 6 mai 2015 ;
 - o le tronçon Est entre les gares Saint-Denis Pleyel et Champigny Centre est en cours d'étude ;
- la **Ligne 16** comprise entre les gares de Saint-Denis Pleyel et de Noisy-Champs, dont le dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique a reçu un Avis du CGEDD en date du 28 mai 2014 et a été mis à la disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 13 octobre au 24 novembre 2014. Ce dossier intègre également la jonction de la Ligne 14 Nord entre les gares Mairie de Saint-Ouen et Saint-Denis Pleyel, complétant ainsi les travaux en cours (sous maîtrise d'ouvrage RATP-STIF) sur la Ligne 14 entre les gares Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen ;
- la **Ligne 17** comprise entre les gares Saint-Denis Pleyel et Mesnil-Amelot, en cours d'étude ;
- La **Ligne 18** comprise entre les gares Versailles Chantiers et Aéroport d'Orly, objet du présent dossier.

Les domaines pour lesquels les impacts de la Ligne 18 sont fortement liés à ceux du programme d'aménagement sont principalement ceux qui s'appliquent de manière diffuse à l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France et non pas uniquement à la zone située à proximité immédiate du projet.

Les enjeux élargis du Grand Paris Express sont identifiés au sein de la synthèse proposée dans la pièce G.1. Ils concernent principalement l'urbanisation future du territoire francilien au travers de l'occupation du sol et de l'étalement urbain, la mobilité, les consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre ou encore la qualité de l'air. Les autres domaines dont les impacts du projet sont moins liés à ceux des autres lignes ne sont abordés que plus sommairement.

³⁴ CGEDD : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

2. Impacts et mesures par thématique environnementale

2.1. Relief

2.1.1. Impacts

La topographie naturelle des zones traversées par le projet ne constitue pas un enjeu environnemental en tant que tel mais constitue une contrainte technique pour les projets d'aménagement/infrastructures lorsque la pente du terrain naturel est importante. Les pentes maximales rencontrées à l'échelle du Grand Paris Express sont de l'ordre de 20 % sur la Ligne 15 Ouest, sur des linéaires faibles.

Les travaux vont générer des volumes importants de déblais dont le stockage entrainera une modification locale du relief : au niveau des chantiers (impact temporaire en attente d'évacuation des déblais) et au niveau des installations de stockage choisies pour accueillir les déblais ne pouvant faire l'objet d'un recyclage. Le stockage consiste toutefois la plupart du temps à combler des vides (remblaiement de carrières notamment), ce qui limite cet impact.

2.1.2. Mesures

Phase étude :

Adaptation du profil en long en fonction des contraintes de pente ainsi que pour réduire la profondeur de l'ouvrage et donc la quantité de déblais.

Phase chantier :

Mise en place de palissades masquant la perception du site.

Phase post-chantier :

- choix des modes de stockage impactant le moins la topographie ;
- valorisation des déblais.

2.2. Géologie et risques associés

2.2.1. Impacts

A l'échelle du Grand Paris Express, et au vu des études déjà entreprises sur les Lignes 14 Sud, 15 Sud et 16, les réflexions liées à la géologie ont essentiellement portées sur les contraintes existantes vis-à-vis d'un projet de métro souterrain.

Aussi, les principaux paramètres pris en compte ont été :

- la structure même du sous-sol : sur la base des campagnes géotechniques, les enchevêtrements de couches géologiques ont été reconnus. Des zones laissent apparaître une séquence géologique très nette, avec des enchevêtrements couramment identifiables en région Ile-de-France.
- D'autres secteurs, par ailleurs, ont montré des failles géologiques, l'absence de certaines couches ponctuellement ou tout simplement des incertitudes quant aux résultats obtenus lors des missions de reconnaissance géotechnique ;
- De fait, **l'hétérogénéité des couches géologiques traversées se présente comme une contrainte indéniable à la réalisation des différents tunnels.**
- l'ensemble des risques géologiques tels que :
 - o la présence d'anciennes carrières souterraines ou aériennes, remblayées ou non, ou de cavités souterraines non exploitées ;
 - o la présence de couches géologiques admettant d'éventuels bands de gypse, sensible aux phénomènes de dissolution suivant les circulations d'eau induites ;
 - o la présence de zones d'aléas plus ou moins fort vis-à-vis des retraits et gonflements des argiles ; les argiles sont en effet très réactives aux paramètres climatiques ;
 - o la présence de zones de glissement de terrain en fonction des dénivelés identifiés.

L'ensemble de ces paramètres influe ainsi sur :

- les méthodes de mises en œuvre de l'infrastructure et des différents ouvrages, permettant éventuellement de s'affranchir d'un front de coupe hétérogène ;
- la stabilité des terrains en phase chantier. Le but est d'estimer les zones susceptibles d'être déstabilisées lors de la mise en œuvre de l'infrastructure ;
- les risques encourus par la confrontation de l'infrastructure avec une zone désignée à risque.

2.2.2. Mesures

Les principales mesures concernant la prise en compte du risque géologique à l'échelle du Grand Paris sont de plusieurs ordres :

- réalisation des travaux suivants des méthodes constructives adaptées aux différents secteurs concernés :
 - o plusieurs typologies de tunneliers : tunneliers à pression de terre et tunnelier à pression de boues, afin d'entreprendre le creusement suivant les différentes configurations géologiques rencontrées dans les secteurs d'Ile de France concernés par le Grand Paris Express ;
 - o différentes typologies de mise en œuvre des ouvrages (gares et OA) : tranchée couvertes, travaux sous protection de parois moulées, injection ou non d'un fond injecté... Ces dernières sont alors adaptées à chaque contexte local ;
 - o à la réalisation d'injection de mortier de soutènement dans les secteurs où les affaissements sont les plus probables ;

- prise en compte des risques géologiques de types carrières, dissolution de gypses, mouvement des argiles, glissement de terrain : les principales mesures mises en œuvre correspondent :
 - o au complément d'étude sous la forme des missions géotechniques G2, G3 et G4 permettant de définir plus précisément les paramètres du sous-sol ;
 - o à la mise en œuvre d'une collaboration active avec les services de l'Inspection Générale des Carrières ;
 - o à la réalisation de contrôle et de suivi à l'avancement des creusements (interférométrie radar, système d'inspection du front de coupe,...) ;
 - o au respect général de différentes préconisations des zonages réglementaires recoupés (PPR Mouvement de Terrain, art. R111-3 du code de l'urbanisme,...).

proche du sol, des phénomènes d'inondations par remontées des nappes seront susceptibles d'apparaître ;

- sur l'approvisionnement en eau potable par les champs captant de la métropole. En effet, la modification locale du niveau de l'eau souterraine dans les périmètres de protections des captages d'alimentation en eau potable modifiera de fait les caractéristiques des captages et notamment leur productivité ;
- sur l'environnement, l'alimentation de certains plans d'eau définis comme « réservoir écologique » (plan d'eau du parc département du Sausset et de La Courneuve) étant directement fait par les nappes souterraines. Ainsi, abaisser une nappe aux abords de ces plans d'eau entraînera un abaissement de leur niveau, synonyme de perturbations des systèmes écologiques identifiés.

2.3. Eaux souterraines et risques associés

2.3.1. Impacts

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles impacts sur la modification du niveau des nappes souterraines traversées par l'infrastructure. De fait, plusieurs aspects sont à considérer :

- les tunnels seront susceptibles d'obstruer l'écoulement de nappes souterraines (effet barrage), occasionnant une élévation du niveau de ces dernières à l'amont des tunnels et un abaissement de leur niveau à l'aval ;

Au stade d'avancement des études, ces effets d'obstruction ont été analysés au niveau du nord-Est du réseau (secteur d'Aulnay-sous-Bois et Sevran) ainsi qu'au niveau du sud de Paris (Kremlin-Bicêtre). Les études en cours et à venir tâcheront de définir et étudier les zones où les impacts nécessitent d'être étudiés ;

- de même, l'ensemble des émergences, traversant parfois plusieurs niveaux géologiques abritant des nappes d'eau, se positionnera en obstacle aux écoulements des eaux. Il s'agit également « d'effets barrage », qui sont plus localisés, car engendrés uniquement par le positionnement de la boîte gare. Toutefois, même ponctuels, ces derniers peuvent avoir une incidence forte sur les écoulements souterrains (cf. ci-dessous) ;
- les pompages nécessaires pour assécher les fonds de fouille des ouvrages participeront éventuellement à modifier très ponctuellement le niveau de nappes, suivant les paramètres de ces dernières.

Or, la modification du niveau d'une nappe présente des impacts potentiels :

- sur le contexte bâti, par une modification des paramètres des couches géologiques où des élévations/abaissements des niveaux d'eau s'occasionneront. De fait, les sols seront susceptibles de se déformer, perdant éventuellement leur portance et entraînant des déstabilisations des ouvrages construits en surface. Au niveau des secteurs où la nappe est

Par ailleurs, pour les gares, les points d'attaque et de sortie du tunnelier et les puits d'aération, les pompages permettant l'assèchement des fonds de fouille entraîneront une nécessaire gestion des eaux d'exhaures avant rejet :

- gestion quantitative : estimations des débits d'eau souterraine pompée et identification des émissaires de rejet (milieu naturel, réseaux d'assainissement existants) ;
- Gestion qualitative : traitements préalables des eaux souterraines notamment dans les secteurs où des pollutions du sol ont été identifiées.

2.3.2. Mesures

En mesures lors de la phase chantier, la Société du Grand Paris :

- s'est engagée à entreprendre des études nécessaires réglementaires au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet. L'ensemble des études permettront de définir les méthodologies de mise en œuvre des ouvrages permettant d'éviter les impacts sur les eaux potables souterraines et l'augmentation des phénomènes de remontées de nappes ;
- propose les méthodes constructives adaptées, permettant de limiter les échanges avec les eaux souterraines :
 - o les tunnels sont étanches de par leur nature. Leur mise en œuvre permet de réduire au maximum les échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de l'infrastructure. Les tunneliers permettront ainsi de garantir un front de creusement confiné ;
 - o les gares et puits seront réalisés par une méthode dite de parois moulées, techniques limitant les pompages pour assécher les fonds de fouille, et donc, les rabattements de nappes importants ;
- assurera un traitement des eaux et boues d'exhaure, pour permettre leur rejet ou leur envoi en centres spécialisés en cas de pollution avérée de ces dernières.

2.4. Eaux superficielles et risques associés

2.4.1. Impacts

De par sa nature, à la fois aérienne et souterraine, l'ensemble du réseau de transport du grand Paris est susceptible d'avoir des incidences notables sur le contexte hydraulique (et hydrogéologique cf. point précédent) de la région Ile-de-France.

Le réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit en traversée de plusieurs grands cours d'eau de la région, notamment la Seine et la Marne.

De plus, certains des ouvrages des différentes lignes s'inscriront aux abords des cours d'eau et, de fait, entreront en interactions avec les eaux superficielles. C'est notamment le cas des gares positionnées aux abords de la Seine (gare Ponts de Sèvres, gares Grésillons) de la Marne (Chelles) et du canal de l'Ourcq (Sevran-Livry).

Toutefois, le contexte hydrographique ne s'arrêtant pas uniquement aux cours d'eau mais à l'ensemble des écoulements superficiels, un regard large sur les autres ouvrages des lignes est nécessaire pour proposer une vision globale des impacts.

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentiels impacts sur:

- la qualité des cours d'eau et des eaux de ruissellement, au travers des phases chantiers d'aménagement des émergences notamment. A l'image des incidences propres à chaque ligne :
 - o des pollutions accidentelles seront éventuellement occasionnées par les mouvements des camions sur sites ainsi que l'emploi d'engins de constructions. En effet, les polluants déposés sur les voiries et entraînés par ruissellement des eaux pluviales sont susceptibles de se retrouver au sein des cours d'eau ;
 - o les eaux de ruissellement se verront charger de particules en suspension liées à la mise à nu des terrains lors des opérations de nivellement ;
- les débits de ruissellements urbains sur les emprises chantiers et en direction des exutoires naturels ou des réseaux d'assainissement existants. Cette incidence sera également à prendre en compte lors de la phase d'exploitation en raison de la mise en œuvre d'émergences limitant l'imperméabilisation des eaux pluviales (modification quantitative des ruissellements).

En effet, l'imperméabilisation des surfaces aujourd'hui à nu entrainera des volumes d'eau pluviale plus importants à gérer ;

- la physionomie même des cours d'eau franciliens traversés par les lignes du réseau de transport du Grand Paris. Deux points plus particuliers sont aujourd'hui en étude :
 - o inscription de la gare Pont de Sèvres au niveau des berges de la Seine, dont les travaux impliquent une modification temporaire du lit mineur du cours d'eau ;
 - o positionnement de la gare Sevran-Livry sur les berges du canal de l'Ourcq ;

- les zones d'expansion des crues par la mise en œuvre de travaux en zones inondables (parfois désignées et réglementées par des Plans de Prévention des Risques appropriés). Il s'agira principalement des travaux engagés le long des rives de la Marne et de la Seine, où l'aléa d'inondation peut être fort (submersion supérieure à 1 mètre). Les principaux impacts durant la phase chantier s'illustrent par :
 - o incidence sur l'écoulement de la crue : ralentissement, changement d'orientation ;
 - o incidence sur les zones d'expansion de crue : réduction par occupation d'un volume où les eaux de crue s'étendent ;

En effet, la disparition des zones où les crues s'étendent entraîne inévitablement l'apparition de nouvelles zones de débordements, sur des secteurs non référencés comme zone d'expansion des cours d'eau ;

- o dégâts sur les ouvrages et matériels de chantier : non placés hors d'eau ou non évacués.

Plusieurs gares des lignes du réseau de transport s'inscrivent directement dans des zonages réglementaires de PPRI. Dans ces zones, les aménagements sont prescrits afin de limiter leurs impacts sur le cours d'eau et ainsi assurer une transparence hydraulique du projet.

- l'alimentation en Eau Potable de la métropole, en raison des prises d'eau existantes sur la Seine (différentes prises d'eau au niveau du Val de Marne et de l'Essonne) et sur la Marne (prise d'eau de Neuilly sur Marne).

2.4.2. Mesures

la Société du Grand Paris s'engage sur les mesures en phase chantier et exploitation suivantes :

- la réalisation des études nécessaires réglementaire au titre de la Loi sur l'Eau, qui seront mises en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet ;

Ces études permettront notamment de définir l'ensemble des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement et les mesures de prise en compte des zones de crues ;

- la prise en compte des prescriptions d'aménagement relatives à la protection des eaux de surfaces destinées à l'alimentation en eau potable et à la mise en œuvre de mesures adéquates permettant de pérenniser leur approvisionnement sur le territoire de la métropole ;
- l'entretien des ouvrages de gestion des eaux pluviales selon les protocoles et procédures définies dans les dossiers Loi sur l'eau, en phase chantier et en phase d'exploitation ;
- la définition d'une procédure de gestion des situations accidentelles et de gestion des situations de crue par débordement des principaux cours d'eau.

2.5. Pollution et qualité du milieu souterrain

2.5.1. Impacts

Le réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit dans une zone géographique concernée par de nombreuses activités industrielles actuelles ou passées, dont les activités sont susceptibles d'avoir dégradé la qualité du milieu souterrain.

Les travaux du Grand Paris Express mobiliseront un important volume de déblais qui pourraient être pollués, compte-tenu du passif environnemental des terrains concernés par le projet. La mobilisation de ces terrains pollués pourraient avoir de potentielles incidences sur :

- la dispersion des polluants ;
- l'exposition pour les travailleurs et riverains à ces polluants.

L'importance de ces impacts est influencée par les paramètres suivants :

- le type de polluants ;
- l'environnement du chantier (présence ou non de riverains, d'établissements sensibles,...) ;
- la durée des travaux ;
- les méthodes constructives des ouvrages.

2.5.2. Mesures

Afin de réduire les impacts potentiels liés à la pollution du milieu souterrain, la Société du Grand Paris s'engage à :

- la réalisation avant travaux d'études de pollution du milieu souterrain (études historiques et documentaires, diagnostics de pollution au droit des gares, des ouvrages annexes, des puits de tunnelier, plan de gestion si nécessaire) ;
- l'application des mesures spécifiques définies par le plan de gestion ;
- l'évaluation quantitative des risques sanitaires selon les résultats des diagnostics ;
- l'optimisation des volumes des ouvrages afin de limiter la durée de chantier et la quantité de sols mobilisés ;
- l'évacuation des terres polluées vers les installations et filières spécialisées ;
- le nettoyage des roues des véhicules et engins de chantiers afin de ne pas salir les voiries aux abords des bases chantier ;
- limiter l'envol de poussières par l'arrosage des pistes et l'utilisation de bâches sur les camions de transport et sur les terres stockées sur les bases chantier ;
- faire suivre particulièrement les chantiers sensibles vis-à-vis de la pollution du milieu souterrain par un maître d'œuvre spécialisé ;
- suivre la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers sensibles.

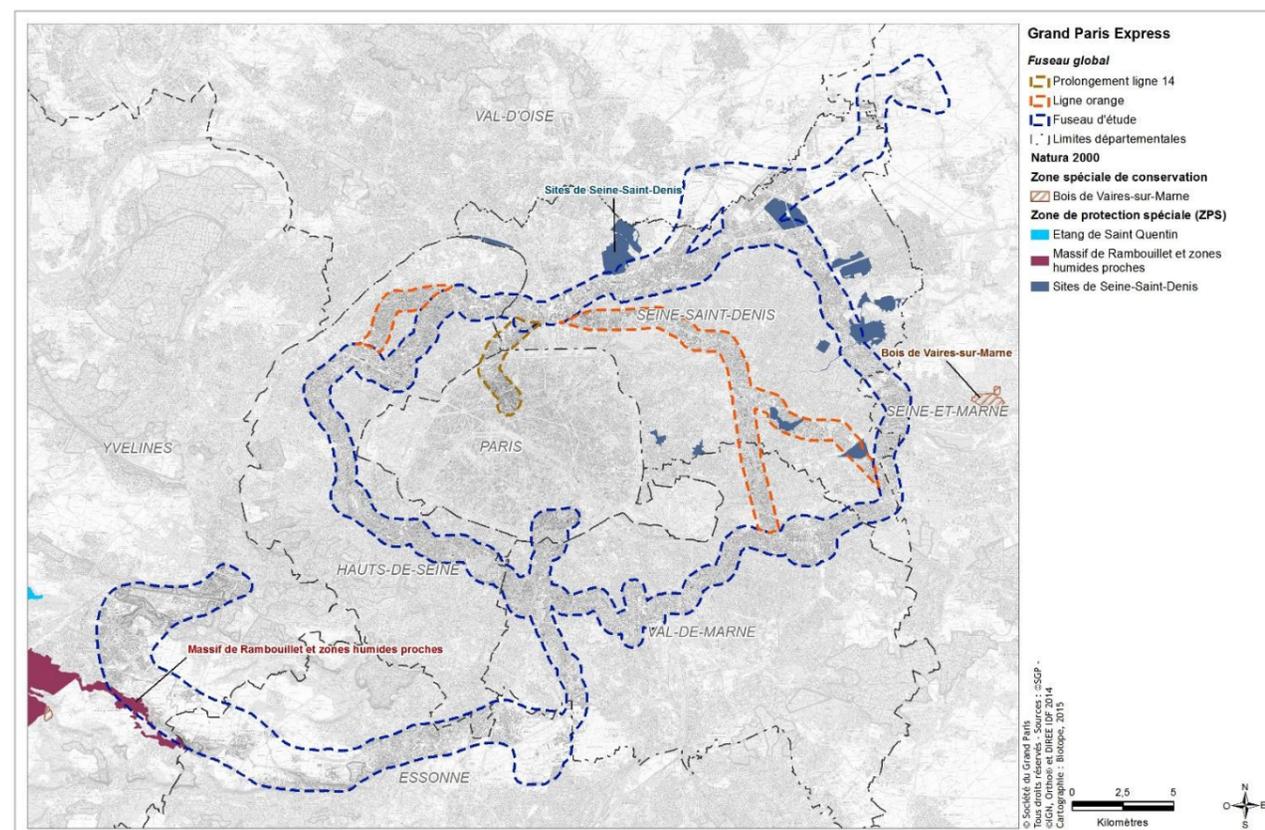
2.6. Faune, flore et les milieux naturels

2.6.1. Zones Natura 2000

Deux sites Natura 2000 sont directement concernés par le fuseau d'étude du programme du Grand Paris Express, à savoir la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ». Ces sites font donc l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Les études d'incidences complètes seront annexées au dossier d'étude d'impact des lignes concernées. Les premières conclusions de ces dossiers sont reprises dans ce résumé.

Outre ces deux sites en interaction directe avec le programme du Grand Paris Express (périmètre du site traversé par le fuseau d'étude), une attention particulière a été portée aux sites, hors fuseau, potentiellement en interaction hydrogéologique avec les travaux pour la construction des gares, et dans une moindre mesure, pour le tunnel et ce en fonction des techniques utilisées. La ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne » a été identifiée comme en interaction potentielle. Ce site qui ne présente après analyse et modélisation hydrogéologique pas d'incidence est cité pour la complétude de la démarche et du dossier.



Carte de localisation des sites Natura 2000 aux alentours du programme du Grand Paris Express (DRIEE)

ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » :

Le site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » est concerné par deux portions du projet de métro du Grand Paris : la ligne 16 « Saint-Denis Pleyel - Noisy-Champs » et la ligne 17 « Le Bourget RER - Le Mesnil Amelot ».

Cette Zone de Protection Spéciale est composée de 15 entités. Seules les entités directement concernées par le fuseau d'étude ont été retenues pour l'analyse des incidences, à savoir : le Parc départemental 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 départemental Georges Valbon, le Blongios nain pour le parc départemental du Sausset, les Pics noir et mar pour le parc de la Poudrerie et la forêt de Bondy et le Martin pêcheur d'Europe, la Sterne pierregarin et la Pie grièche écorcheur pour le parc de la Haute Ile.

Les entités du site Natura 2000 sont évitées, ce qui limite les incidences directes possibles. De même au stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative** avec la mise en œuvre des mesures de réduction proposées telles que :

- la localisation des installations de base chantier afin de limiter les incidences liées aux dérangements en phase travaux,
- au niveau de la gare Clichy-Montfermeil où l'aménagement de surface prendra en compte les incidences potentielles sur la fréquentation de la forêt de Bondy (dérangement en phase opérationnelle).

Des recommandations ont été formulées mais des investigations nouvelles seront nécessaires à l'échelle de chaque projet de ligne afin de s'assurer du dimensionnement exact des impacts.

L'incidence du projet sur les niveaux d'eau souterraine est fondamentale. Tous les plans d'eau ne sont pas sensibles aux variations piézométriques des eaux souterraines car certains sont alimentés par les eaux superficielles mais beaucoup de zones humides en Ile-de-France sont en interactions fortes avec les eaux souterraines. Les Etangs des Brouillards et du Vallon, du Parc départemental Georges Valbon, le Marais et l'Etang de Savigny du Parc départemental du Sausset et les étangs du Parc de la Haute Ile sont par exemple très sensibles aux variations de la piézométrie. Leur sensibilité repose sur leur distance par rapport au tracé et leur profondeur.

Ces secteurs font l'objet d'une attention particulière dans la conception du projet et dans le détail de chaque ligne afin de conclure à une absence d'incidence significative sur l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaires.

ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » :

Cette Zone de Protection Spéciale (ZPS) est concernée par la Ligne 18 « Aéroport d'Orly-Versailles Chantiers » du projet de métro automatique du Grand Paris.

Le site Natura 2000 ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » est composé de plusieurs entités. Le fuseau d'étude en recoupe une seule : la forêt de Port-Royal, site sur laquelle

au moins cinq espèces, listées au FSD, y trouvent des habitats favorables : le Pic mar, le Pic noir, l'Engoulevent d'Europe, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore.

Les entités du site Natura 2000 sont évitées, ce qui limite les incidences directes possibles. De même au stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative** avec la mise en œuvre des mesures de réduction pour éviter et réduire des impacts indirects potentiels avec :

- des ouvrages de traitement/rétention/régulation adaptés à la nature des effluents collectés ;
- prévention des pollutions accidentelles (gestion des stockages, étanchéification des zones à risque de pollution) ;
- mise en place d'un protocole de gestion d'une éventuelle pollution accidentelle et dispositifs permettant de confiner la pollution sur le site ;
- réalisation d'aires de chantier d'emprises compatibles avec le réseau hydrographique superficiel ;
- utilisation de dispositions constructives de moindre emprise, notamment concernant le viaduc ;
- transparence hydraulique des aires de chantier vis-à-vis des cours d'eau, étangs, rigoles ;
- mise en place de fossés longitudinaux interceptant les ruissellements extérieurs au projet. Ces fossés assureront la transparence hydraulique de la Ligne 18 vis-à-vis des ruissellements superficiels ;
- des mesures spécifiques pour limiter le bruit (cf. chapitre dédié) ;
- des mesures spécifiques pour limiter les impacts sur le réseau hydrographique (cf. chapitre dédié).

Le secteur en viaduc longeant le site Natura 2000 fait l'objet d'une attention particulière dans la conception du projet et dans le détail de chaque ligne afin de conclure à une absence d'incidence significative sur l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaires.

2.6.2. Habitats naturels, faune, flore*2.6.2.1 Impacts et mesures en phase chantier*

Les impacts des sections souterraines du projet de métro du Grand Paris sur les espèces et les milieux naturels sont **réduits**. Seuls les ouvrages annexes, les gares et les sites de maintenance et de remisage auront effectivement une emprise au sol.

Les **principaux impacts potentiels** identifiés sont liés à la **phase travaux**. La traversée des cours d'eau et des nappes d'eaux en souterrain, la localisation des points d'entrée du tunnelier, les nuisances potentielles liées aux creusements du tunnel (vibrations, rabattement de nappe) et des gares et le stockage des matériaux sont les étapes importantes à considérer en phase travaux afin de réduire les impacts sur le milieu naturel.

Le fuseau d'étude à l'échelle du programme coupe à plusieurs reprises la Seine et la Marne ainsi que les canaux de Saint-Denis, de l'Ourcq, de Chelles et traverse d'importantes masses d'eau souterraines. Ces points sont autant de **risques de pollution** ou de **modifications des conditions hydrologiques**, qui sont considérés comme des impacts potentiels et dont l'analyse se trouve dans le détail par ligne.

Concernant la localisation des zones de stockage des matériaux de déblais, leur situation devra là encore tenir compte au maximum des enjeux écologiques, en limitant par exemple l'emprise sur les milieux naturels ou encore le dérangement provoqué par les poids lourds évacuant les déblais.

Malgré un effet d'emprise réduit sur les milieux naturels, les sections en souterrain peuvent avoir des impacts importants en phase travaux, notamment sur le réseau hydrologique. Une attention spécifique a été portée sur ce point.

2.6.2.2 Impacts et mesures en phase exploitation

En phase exploitation, les impacts potentiels du projet sont réduits, notamment en raison de son emprise au sol réduite aux ouvrages annexes, aux gares et aux sites de maintenance et de remisage. Seules les lignes 17 et 18 sont concernées par des sections aériennes (viaducs) qui augmentent l'emprise au sol du projet.

2.6.3. Continuités écologiques

A l'échelle du programme du Grand Paris Express, le fuseau d'étude intersecte plusieurs continuités écologiques et réservoirs de biodiversité identifiés dans le cadre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique adopté en 2013.

Sur la Ligne 18 les réservoirs de biodiversité sont la forêt domaniale de Versailles, la Vallée de la Bièvre et la Vallée de la Mérintaise incluant la forêt de Port-Royal qui est une entité Natura 2000 de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ».

Sur la Ligne 17, le réservoir de biodiversité identifié est l'entité Natura 2000 du parc départemental du Sausset inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis ».

Sur la Ligne 16, les réservoirs de biodiversité sont les entités inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis » avec la promenade de la Dhuis, la forêt de Bondy.

Sur la Ligne 15 Sud, le réservoir de biodiversité est le parc départemental des Lilas.

Les Lignes 14 Sud et 15 Ouest n'intersectent pas de réservoirs de biodiversité.

Toutefois, des secteurs d'intérêt en contexte urbain sont identifiés pour les lignes de la Petite Couronne. Il s'agit généralement de petits parcs urbains d'intérêt local.

Les incidences du projet sur les continuités écologiques s'évaluent au regard des questionnements autour de la fonctionnalité de la trame verte et bleue (surface, agencement spatial, etc.), de l'équivalence écologique et de la potentialité de création de nouvelle trame au vue des réflexions sur l'équivalence.

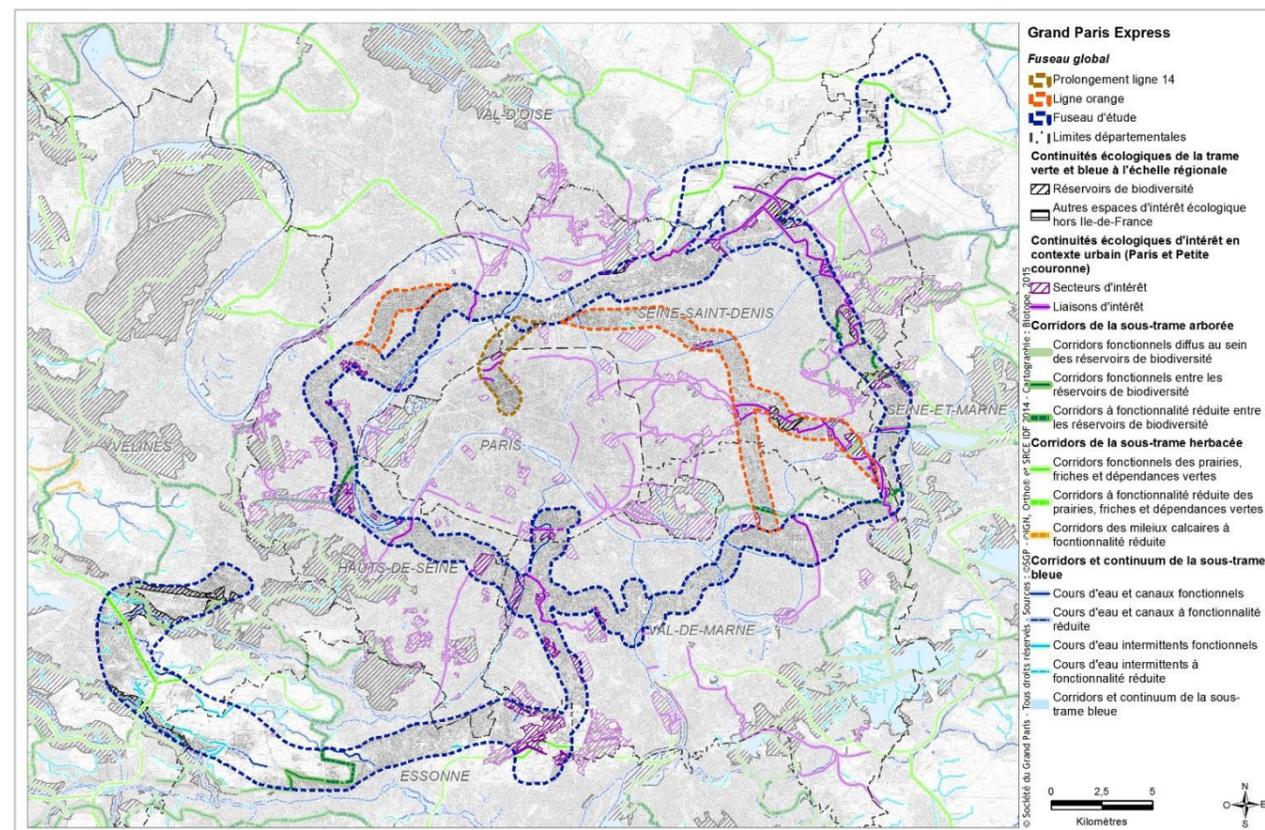
Les incidences sur les continuités écologiques se limitent aux tracés en aérien et aux émergences (gare, ouvrage, sites de maintenance et de remisage) dans les tronçons en souterrain :

- destruction d'habitats présents dans les continuités écologiques ;
- fragmentation des continuités écologiques ;
- coupure d'axe de communication ;
- perte de fonctionnalité des continuités écologiques ;
- surmortalité par collision.

Une analyse fine à l'échelle de chaque ligne est réalisée pour préciser les impacts et leur localisation. Cette analyse se base notamment sur le SRCE IDF et les trames verte et bleue départementales et locales qui sont identifiées sur le territoire. Des mesures sont proposées pour réduire les interactions.

Par ailleurs, ce type de programme peut être l'objet d'une analyse d'opportunité de création de corridors et de renforcement de la fonctionnalité écologique. A titre d'exemple, le passage en viaduc et la mise en place de mesures simples peuvent être favorables au déplacement des Chiroptères si le viaduc est associé à l'implantation d'un linéaire boisé.

Des mesures afin de favoriser la restauration des continuités sont proposées sur plusieurs des lignes du programme du Grand Paris Express.



Carte de localisation des continuités écologiques (réservoirs et corridors écologiques) identifiées dans le SRCE IDF (DRIEE, 2013)

2.7. Patrimoine culturel, architectural et archéologique

2.7.1. Patrimoine culturel

Cette thématique présente un enjeu faible à l'échelle du Grand Paris Express ; elle concerne très majoritairement les sections en aérien des lignes 17 et 18.

2.7.2. Patrimoine archéologique

Le réseau de transport du Grand Paris Express est en grande partie souterrain

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologiques sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;
- dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle ;
- sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,...). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera donc principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- le livre V du code du patrimoine ;
- la loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive ;
- le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'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.

2.8. Paysage

Cette thématique présente un enjeu faible à l'échelle du Grand Paris Express ; elle concerne très majoritairement les sections en aérien des lignes 17 et 18.

2.9. Contexte pédologique, agricole et sylvicole

Pour les activités agricoles, une distinction nécessaire est faite entre les sections aériennes et souterraines du réseau de transport public du Grand Paris Express. Les impacts et les mesures sont traités suivant cette distinction.

2.9.1.1 Sections aériennes

Pour les sections en aérien, **l'effet d'emprise** est le principal impact direct identifié à ce stade, dont découlent la **consommation de terres agricoles** et la **fragmentation de l'espace agricole** notamment (coupure siège exploitation / terrain). Cet effet d'emprise direct (due à la présence des emprises chantier) s'élève à près de 50 ha à l'échelle du programme en phase chantier.

La perte de terres arables ou la fragmentation des parcelles peut avoir des incidences sur la pérennité d'une ou plusieurs exploitations agricoles :

- Perte de Surface Agricole Utile (SAU), dont la superficie et la localisation sont précisés pour chaque projet de ligne ;
- Remise en cause potentielle des contrats auxquels les agriculteurs ont souscrits (agriculture durable, conversion en agriculture biologique, etc.) ;

- 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), etc.

Ces impacts concernent principalement les lignes 17 Nord et 18 en raison du contexte agricole dans lequel elles s'insèrent.

En phase travaux, plusieurs impacts indirects liés à la construction du métro du Grand Paris Express pourront affecter les récoltes comme la modification de l'écoulement de l'eau ou de la fertilité des sols, liés à des opérations de remblais/déblais, le stockage de matériaux, la pollution accidentelle de l'eau servant à l'irrigation des cultures ou encore la perte de rendement des plantes, à cause de poussières. L'ensemble de ces **incidences potentielles liées à la phase travaux** et identifiées à ce stade peuvent être **réduites et des mesures de réductions simples** sont proposées (mesures génériques définies dans la Charte environnement des chantiers de la SGP).

2.9.1.2 Sections souterraines

Pour les sections où le tracé est en souterrain, **l'effet d'emprise est réduit** aux ouvrages annexes et aux gares, ce qui limite le risque de consommation d'espaces agricoles et réduit l'impact lié à la fragmentation de l'espace agricole.

Les incidences liées à la modification des conditions écologiques locales 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 et **des mesures de réductions simples** sont proposées (mesures génériques définies dans la Charte environnement des chantiers de la SGP).

2.10. Milieu humain

2.10.1. Population, emplois, occupation du sol

2.10.1.1 Méthodologie et hypothèses

Le présent chapitre fait l'objet d'une analyse « programme » relative à la réalisation du Grand Paris Express à l'horizon 2030. Cette analyse s'attache à analyser l'effet du projet sur la densification potentielle des territoires dans une situation de projet où tous les tronçons du Grand Paris Express sont réalisés, par rapport à une situation de référence dans laquelle aucun tronçon du Grand Paris Express n'est considéré comme réalisé.

Deux cadrages prospectifs distincts en matière de projections de population et d'emploi sont alors pris en compte en situation de projet et en situation de référence. La réalisation de l'intégralité du Grand Paris Express conduit en effet à envisager une croissance socio-démographique accrue dans la région Ile-de-France (conséquence de l'attractivité renforcée de la région du fait de la nouvelle infrastructure), avec, en sus, une localisation préférentielle de la croissance socio-démographique dans les territoires desservis par le réseau. Cette croissance socio-démographique accrue est en lien, notamment, avec l'augmentation des migrations provenant de l'extérieur de l'Ile-de-France vers les territoires desservis par le Grand Paris Express. Les impacts du projet hors Ile-de-France, liés à l'effet migration, n'ont cependant pas été pris en compte dans l'analyse ci-dessous.

Les hypothèses d'évolution socio-démographique selon que l'on considère ou non le Grand Paris Express comme réalisé, ont été explicitement établies dans l'objectif d'alimenter l'exercice d'évaluation des impacts et des bénéfices du projet et ont pour finalité de servir de données d'entrée aux calculs effectués dans ce cadre. Elles ont également été utilisées comme données d'entrée pour alimenter les volets suivants : mobilité, bruit, air et énergie.

Les effets du projet sur la lutte contre l'étalement urbain, et les conséquences environnementales qui en découlent, sont analysés grâce aux deux indicateurs présentés dans l'étude.

2.10.1.2 Evolution de l'occupation du sol

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France entre 2005 et 2030, avec et sans réalisation du programme Grand Paris Express, sont présentées dans les tableaux suivants. Ce scénario, qui prévoit notamment que la réalisation du Grand Paris Express peut être à l'origine d'une croissance supplémentaire d'environ 115 000 emplois et 50 000 habitants entre 2005 et 2030 (par rapport à la situation de référence), a été qualifié d'hypothèse « raisonnable » par le Conseil scientifique de la Société du Grand Paris.

Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

	2005	2030			
	Base ¹	Situation de référence ²	Evolution par rapport à 2005	Situation de projet	Evolution par rapport à 2005
Totaux en Ile-de-France					
Population totale	11 433 500	12 782 20	+1 348 700	12 839 840	+1 406 340
Emploi total	5 360 500	6 044 050	+683 550	6 160 500	+800 000

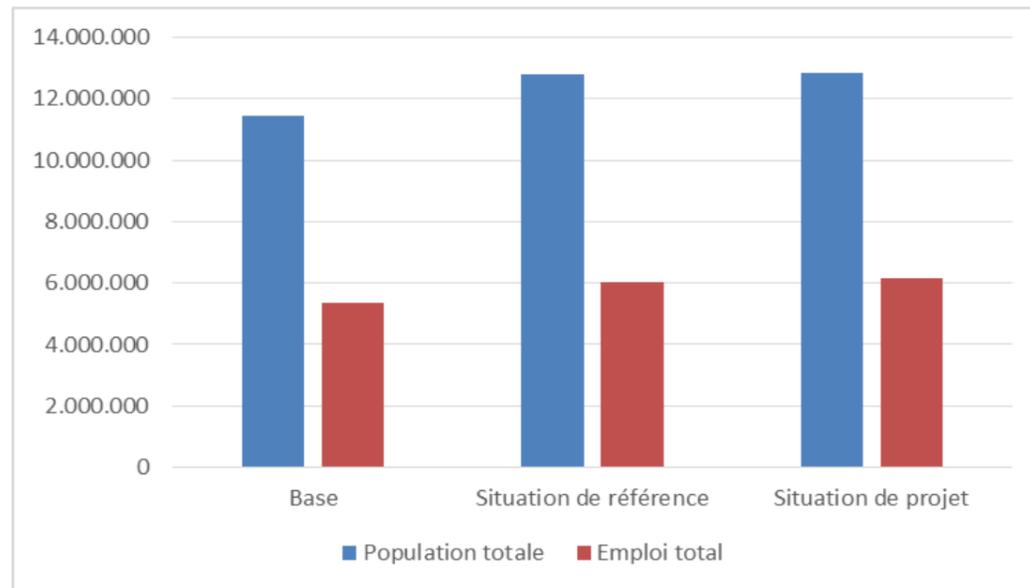
¹ données INSEE, 2005.

² cadrages du scénario « bas 56% », 2014.

³ cadrages du scénario « central », 2014.

Globalement à l'horizon 2030, le réseau du Grand Paris Express devrait donc permettre de favoriser les créations d'emplois (+15% en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express) et d'attirer davantage d'habitants (+12%) en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express en Ile-de-France.

Cette croissance de la population et de l'emploi serait notamment concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.



Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

La réalisation du Grand Paris Express est susceptible de créer une augmentation des migrations au profit de l'Ile-de-France d'ici à 2030, avec des différences de population et d'emploi en scénario de projet et scénario de référence.

Un double effet est donc observé à l'horizon 2030 :

- une augmentation des migrations en provenance de zones hors Ile-de-France, les espaces préservés de l'urbanisation nouvelle hors Ile-de-France suite à cet effet migration n'ont cependant pas été prise en compte dans le calcul des indicateurs ci-dessous,
- une densification supplémentaire potentielle de ces populations au sein des territoires traversés par le tracé, par exemple autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

Les résultats pour les deux indicateurs environnementaux à l'horizon 2030 sont présentés ci-après.

• **Limitation des espaces par l'urbanisation nouvelle d'ici à l'horizon 2030 (indicateur n°1) : préservation de 600 ha d'espaces naturels**

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express favorise la densification à l'échelle de la totalité de l'Ile-de-France, grâce au maillage global apporté par le réseau. La contribution du projet Ligne 18 à cette densification portant sur l'ensemble des territoires franciliens est estimée à environ 600 hectares préservés de l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle dans le périmètre d'étude pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2030 (Stratec, 2015, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha)	Différence Projet - Référence	Variation Projet - Référence
Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 18)	-600	

• **Réduction des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle d'ici à l'horizon 2030 (indicateur n°2) : réduction de 130 km de voiries et réseaux**

A l'horizon 2030, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possible par le projet Ligne 18 permettrait d'éviter la construction d'approximativement 130 km de VRD liés à l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Coûts de viabilisation pour l'urbanisation dans périmètre d'étude pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2030 (Stratec, 2015, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km)	Différence Projet - Référence	Variation Projet - Référence
Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 18)	-130	

2.10.2. Activités économiques

Au stade actuel, il n'est pas possible de fournir une analyse plus approfondie que celle fournie dans le chapitre sur les activités économiques. Les conclusions et impacts ne diffèrent pas entre l'analyse programme et tronçon, hormis une amplification de l'attractivité due à une synergie entre les territoires.

2.10.3. Réseaux et infrastructures souterraines, bâtiments et installations particuliers ou sensibles

2.10.3.1 Impacts

Les principaux impacts concernent :

- le déplacement des réseaux en interaction directe avec les ouvrages des différentes lignes ;
- le renforcement des structures lorsque ces dernières sont positionnées en approche des ouvrages.

Or, en fonction des ouvrages considérés, les impacts engendrés ne concernent pas les mêmes réseaux ou bâtis :

- l'ensemble des gares et des OA peut principalement être en interaction avec des réseaux de surface. En effet, creusés depuis le terrain naturel, les emprises des ouvrages peuvent tout à fait être en interaction avec des réseaux superficiels type CPCU, GRT Gaz, Eaux usées de surface, réseau TRAPIL... ;
- le tunnel, quant à lui, engendrera des impacts sur les réseaux structurants du territoire (généralement les plus en profondeurs : collecteur SIAAP, infrastructure de transport type métro, RER ou autoroutes), ainsi que sur fondations des bâtiments, lorsque ces dernières sont profondément ancrées.

2.10.3.2 Mesures

Au stade des études DUP, la Société du Grand Paris prend en considération l'existence de ces contraintes du sous-sol et s'engage d'ores et déjà à :

- entreprendre les collaborations nécessaires avec les différents gestionnaires de réseaux afin de connaître précisément l'emplacement de ces derniers ainsi que les contraintes techniques de déplacement et de dévoiement nécessaires au maintien de leur fonctionnement lors de la phase d'exploitation ;
- entreprendre, lorsque cela sera nécessaire, les études géotechniques complémentaires ainsi que les sondages nécessaires pour renforcer la connaissance des caractéristiques des terrains à proximité des fondations de bâtiments ;
- réaliser les études de vulnérabilité du bâti, sur les immeubles à la verticale du passage des différentes lignes ;
- mettre en œuvre les renforcements techniques nécessaires permettant de sécuriser ces réseaux en phase d'exploitation, sans à entreprendre un quelconque dévoiement en phase chantier ;
- entreprendre un suivi dans le temps des mouvements des terrains (et des bâtis).

A défaut, et en cas de problématique naissante au cours de la phase d'exploitation, la Société du Grand Paris assurera un dédommagement des travaux et/ou des relogements rendus nécessaires.

2.10.4. Risques technologiques

2.10.4.1 Impacts

En ce qui concerne les risques industriels ont à distinguer :

- D'une part les installations liées au projet, qui peuvent constituer une source d'agression pour l'environnement naturel et humain. Ce risque est très limité et concerne pour l'essentiel la phase chantier compte tenu des installations qui peuvent être présentes sur les bases ;
- D'autre part les installations à risques présentes à proximité des ouvrages du Grand Paris Express et qui peuvent constituer une source d'agression pour ces derniers, notamment vis-à-vis des usagers.

Les lignes du Grand Paris Express étant majoritairement en souterrain, les risques technologiques sont limités et concernent pour l'essentiel les gares ainsi que les parties aériennes des lignes 17 et 18.

La Ligne 18 se distingue par la présence du CEA de Saclay et des risques radiologiques associés.

La présence éventuelle d'engins pyrotechniques non exposés génère un risque d'accident en phase chantier. Ce risque est peu présent dans les zones urbanisées, les terrains ayant déjà fait l'objet de remaniements. La zone la plus vaste concernée par ce risque est le camp militaire de Satory (Ligne 18).

2.10.4.2 Mesures

Risques industriels :

Les installations de chantier seront gérées en respect des principes de prévention des pollutions et des risques. Elles respecteront les réglementations en vigueur, en particulier les prescriptions techniques applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement lorsqu'elles relèveront de cette législation.

L'implantation des ouvrages du Grand Paris Express respecteront les dispositions de maîtrise de l'urbanisation éventuellement associées à certains sites à risques proches.

Risques pyrotechniques :

- Réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques au droit des ouvrages excavés depuis la surface du sol ;
- dépollution si nécessaire ;
- malgré les études préalables, la découverte fortuite d'un engin explosif dans une zone non identifiée à risque ne peut être exclue. Dans ce cas le chantier sera immédiatement arrêté et les autorités prévenues afin de procéder au déminage.

2.10.5. Gestion des terres excavées et des déchets du BTP

La gestion des déblais en phase chantier est une problématique importante en termes de nuisances et d'effets négatifs.

Elle commence dès la sortie du sol :

- la gestion des flux est essentielle pour limiter les stockages sur base chantier : les stocks seront réduits au minimum pour limiter les effets visuels négatifs et les émissions de poussières issues des stocks ;
- les circulations des camions d'approvisionnement des camions d'évacuation des déblais seront également gérés afin d'éviter les files d'attente qui seront susceptibles de perturber la circulation dans un voisinage proche de la base chantier ;
- les trajets vers les points de réception des déblais seront également fixés au préalable en tenant compte des effets négatifs et des nuisances. Ces trajets seront imposés aux transporteurs et des sanctions prévues en cas de non-respect.

Les déblais identifiés comme pollués seront par ailleurs traités à part, dans des filières spécialisées. La manipulation de déblais pollués sur le chantier fera l'objet de consignes strictes au personnel qui y sera exposé en application du Code du Travail.

La Société du Grand Paris a d'ores et déjà réalisé des études spécifiques permettant d'identifier :

- les points d'accueil susceptibles d'accueillir les terres et leurs capacités ;
- les modes de transport entre les points d'extractions et les points d'accueil.

De fait, un Schéma Directeur d'Élimination des Déblais (SDED) a été produit à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris et décliné pour chaque tronçon (pièce G.4.2 du dossier).

Il a pour vocation d'anticiper l'organisation à l'échelle de l'ensemble du projet la gestion des déblais (40 millions de tonnes de déblais) et fixe un certain nombre d'obligations et de prescriptions auxquels les gestionnaires de chantier seront tenus.

2.11. Mobilité

Cette partie vise à apprécier l'impact de la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble sur les déplacements dans le secteur géographique directement concerné par la réalisation du projet soumis à l'enquête (Ligne 18). Cette partie est donc complémentaire de la précédente (Cf. chapitre III), qui s'attachait à décrire les impacts sur les déplacements du projet soumis à l'enquête, à son horizon de mise en service.

Dans cette partie, la situation « avec projet » correspond ainsi à la configuration de réseau prenant en compte l'ensemble des tronçons du Grand Paris Express mis en service à l'horizon cible 2030 ; la situation « sans projet » correspond à une situation théorique dans laquelle aucun des tronçons du Grand Paris Express ne serait réalisé à l'horizon 2030.

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier plus généralement les impacts, sur le périmètre d'étude du projet, liés à la réalisation du programme du Grand Paris Express.

- **Amélioration de la desserte et de l'offre/Restructuration du réseau**

A l'horizon 2030, le projet s'inscrit dans une offre en transports publics davantage développée qu'en 2030. La quasi-totalité du Grand Paris Express (hors sections Versailles – Rueil – Nanterre et Saint-Denis Pleyel – Colombes – Nanterre) sera ainsi en service.

- **Incidences sur la demande en déplacement – tous modes**

L'offre apportée par le Grand Paris Express a des impacts significatifs sur la mobilité à l'échelle du périmètre d'étude. Les tableaux qui suivent présentent l'évolution du nombre de déplacements ayant leur origine dans le périmètre d'étude selon le mode (tous modes ou transports publics) et le département de destination.

Tout comme le nombre total des déplacements émis par la zone d'étude entre la référence et le projet qui connaît une croissance de 17,2%, la répartition des destinations évolue fortement.

Le nombre de déplacements internes au périmètre d'étude augmente ainsi de 21,5 %. A noter que toutes les destinations sans exceptions voient leur nombre de déplacements augmentés mais de manière plus ou moins prononcée (en valeur relative). Ainsi, la Seine-Saint-Denis connaît une augmentation de ses déplacements de près de 23 %, tandis que Paris, les Yvelines, l'Essonne, les Hauts-de-Seine et le Val d'Oise connaissent des augmentations d'environ 10-11%. Au contraire le Val-de-Marne et la Seine-et-Marne ont des augmentations relativement plus faibles (respectivement +5,2% et +1,5%). Cette augmentation est particulièrement notable s'agissant des destinations auxquelles le Grand Paris Express permet d'accéder, via d'autres tronçons en correspondance avec la Ligne 18 comme la ligne 14 (qui dessert Paris). La majorité des déplacements journaliers a cependant toujours lieu en interne au périmètre d'étude ou à destination du Val de Marne.

Evolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements tous modes, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Evolution entre le projet et la référence
Paris	53 000	13,7%
Seine-et-Marne	8 000	1,5%
Yvelines	189 000	10,3%
Essonne	195 000	11,1%
Hauts-de-Seine	113 000	10,9%
Seine-Saint-Denis	11 000	23,0%
Val-de-Marne	100 000	5,2%
Val-d'Oise	8 000	11,6%
Périmètre	1 101 000	21,5%
Total	1 777 000	17,2%

Ces résultats illustrent l'effet de synergie lié à la réalisation des différents tronçons du Grand Paris Express. Dans la présente analyse, la situation de référence ne comprend aucun des tronçons du Grand Paris Express, alors que, dans l'analyse réalisée précédemment (Cf. chapitre III), la situation de référence intégrait les tronçons du Grand Paris Express autres que la Ligne 18 : de la sorte, les résultats présentés pour l'horizon 2030 traduisaient uniquement l'effet « différentiel » associé à l'ajout de la Ligne 18.

La comparaison de l'évolution des déplacements issus du secteur d'étude pour l'horizon 2030 montre ainsi que la recomposition des déplacements sur le territoire est significativement plus marquée lorsque l'ensemble des tronçons du Grand Paris Express sont pris en considération par rapport à la référence.

- **Incidences sur la demande en déplacement en transports en commun**

Le nombre de déplacements en transports en commun débutant dans la zone d'étude augmente très significativement avec la réalisation du programme Grand Paris Express (+21,6%). Cette augmentation est d'autant plus marquée vers les départements de proche et grande couronne, les différents tronçons du Grand Paris Express contribuant en particulier à faciliter les déplacements de banlieue à banlieue en transports en commun depuis le secteur d'étude. Elle est également à relier à l'accentuation de la croissance socio-démographique dans la situation prenant en compte la réalisation du Grand Paris Express, par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express.

Evolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements en transports en commun, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Evolution entre le projet et la référence
Paris	29 000	18,4%
Seine-et-Marne	3 000	37,4%
Yvelines	38 000	11,8%
Essonne	33 000	19,3%
Hauts-de-Seine	26 000	20,9%
Seine-Saint-Denis	6 000	34,4%
Val-de-Marne	20 000	26,5%
Val-d'Oise	3 000	15,8%
Périmètre	94 000	25,5%
Total	253 000	21,6%

- **Incidences sur le report modal**

Comme le montre le tableau suivant, le report modal induit en faveur **des transports en commun** est relativement faible de l'ordre de 0,5 point. Cela s'explique par une induction importante du nombre de déplacements en transport en commun par rapport à la référence.

La part modale des transports en commun augmente le plus fortement à destination de la Seine-et-Marne (+11,4 points), de la Seine-Saint-Denis (+5,5 points) et du Val-de-Marne (+4,1 points). Ce sont aussi vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus (et vers Paris). Cela s'explique notamment par la connexion qu'offre la Ligne 18 avec les lignes 14 et 15 (via la ligne 14) du Grand Paris Express, permettant une connexion aisée avec ces 3 départements.

Evolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Transports en commun (points de %)	Automobile (points de %)
Paris	2,3%	-2,3%
Seine-et-Marne	11,4%	-11,4%
Yvelines	0,3%	-0,1%
Essonne	1,3%	-0,8%
Hauts-de-Seine	2,1%	-2,0%
Seine-Saint-Denis	5,5%	-5,5%
Val-de-Marne	4,1%	-2,2%
Val-d'Oise	1,7%	-1,7%
Périmètre	0,3%	0,0%
Total	0,5%	-1,1%

- **Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun**

En matière d'utilisations globales, la fréquentation des réseaux de RER, Transilien, tramway et métro est réduite sur certaines sections lorsque le réseau Grand Paris Express est réalisé, du fait des reports de voyageurs depuis le réseau classique : certains itinéraires deviennent en effet plus rapides et plus directs pour les déplacements qui ne nécessitent pas de transiter par Paris. Les baisses de fréquentation par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express peuvent atteindre 10%.

Les lignes qui profitent le plus de cet allègement de leur trafic avec la mise en service du réseau Grand Paris Express sont les RER A, B et E, de même que les sections centrales des lignes de métro maillées au nouveau réseau. On observe un résultat similaire avec les lignes Transilien sur les sections comprises entre les points de maillage avec le réseau du Grand Paris Express en rocade et leur terminus dans Paris.

L'analyse des charges maximales permet d'apprécier l'effet attendu localement sur les sections les plus sollicitées de chaque ligne. Par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express, les charges maximales sont généralement réduites sur l'ensemble des lignes.

Les diminutions les plus importantes sont observées sur les lignes proposant des itinéraires de banlieue à banlieue, soit en rocade comme les tramways, soit en radiales traversantes comme les RER ou le métro. Ainsi, sur le RER B, la réduction de la charge maximale du tronçon s'établit aux environs de -10% par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express.

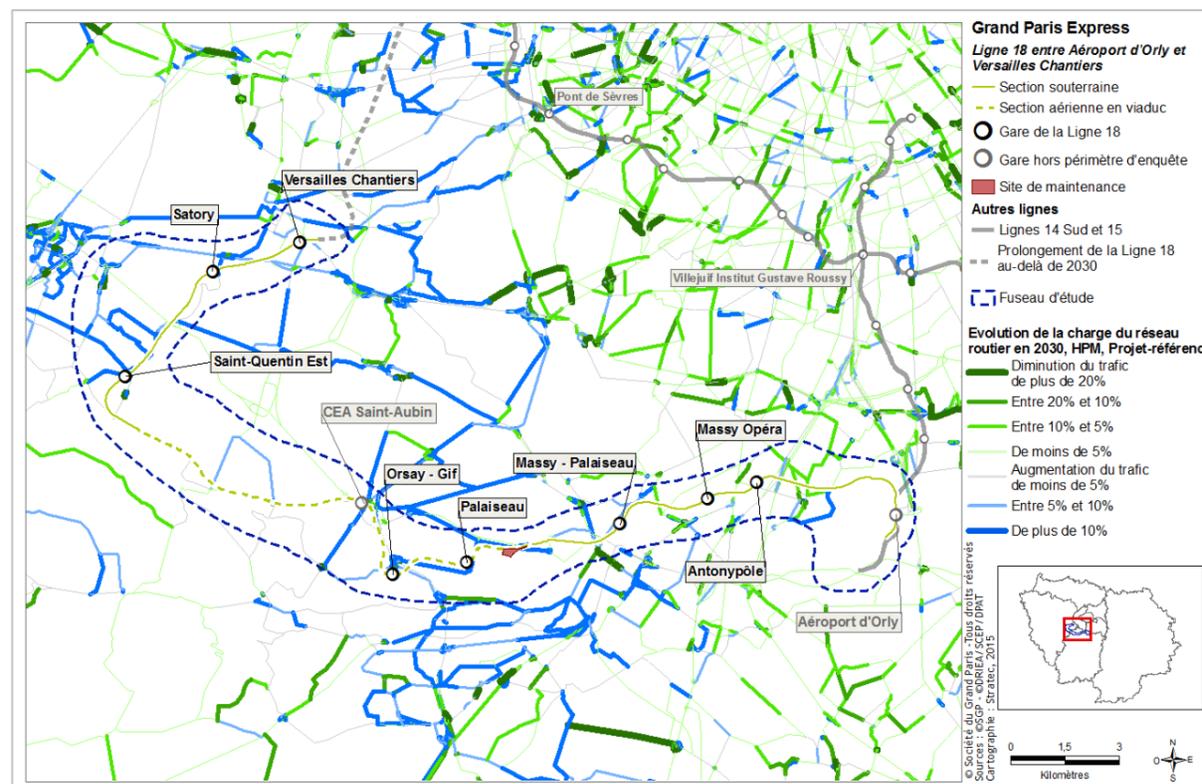
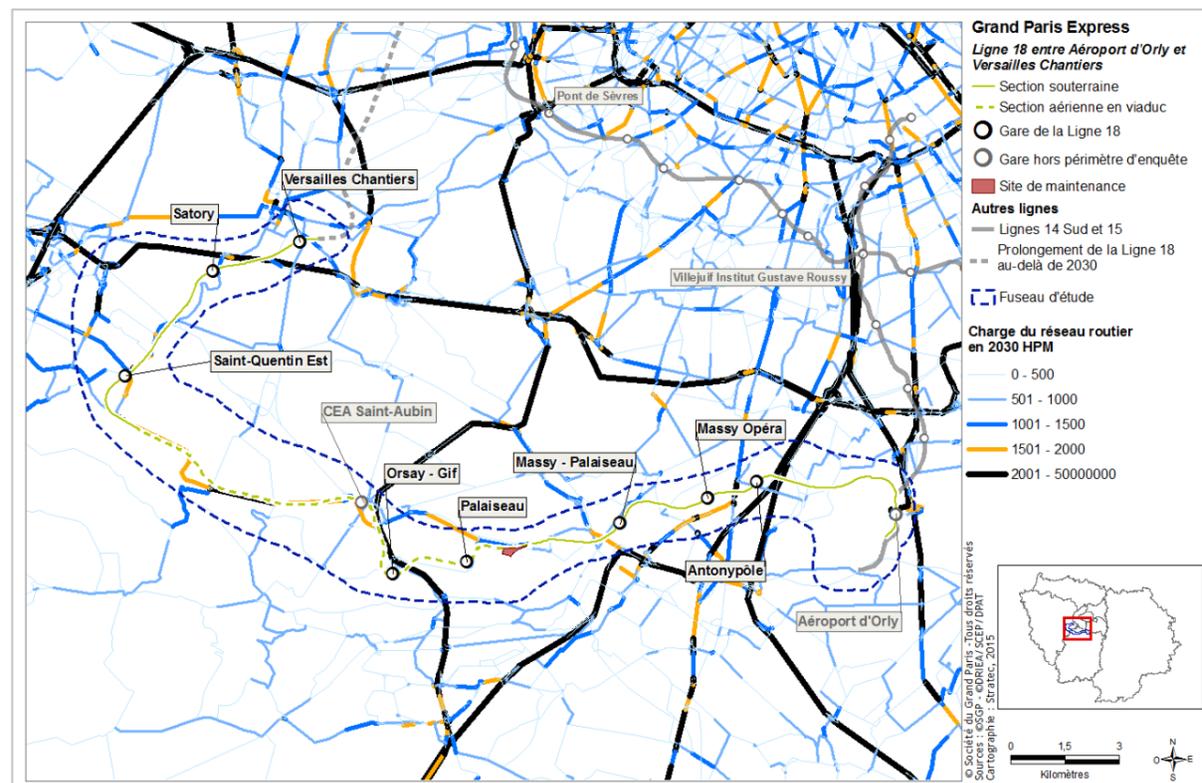
Sur le métro, les effets de réduction de la charge maximale concernent de nombreuses lignes, principalement celles qui sont en correspondance avec le projet du Grand Paris Express. La diminution de la charge maximale est notamment comprise entre 10% et 20% pour les lignes 4, 6, 7, 9 et 13, à l'intérieur de Paris.

Pour plus de détails sur l'impact du réseau du Grand Paris Express sur la fréquentation du réseau de transport, se référer à la pièce H du présent dossier.

- **Incidences sur la charge et différence de charge du réseau routier**

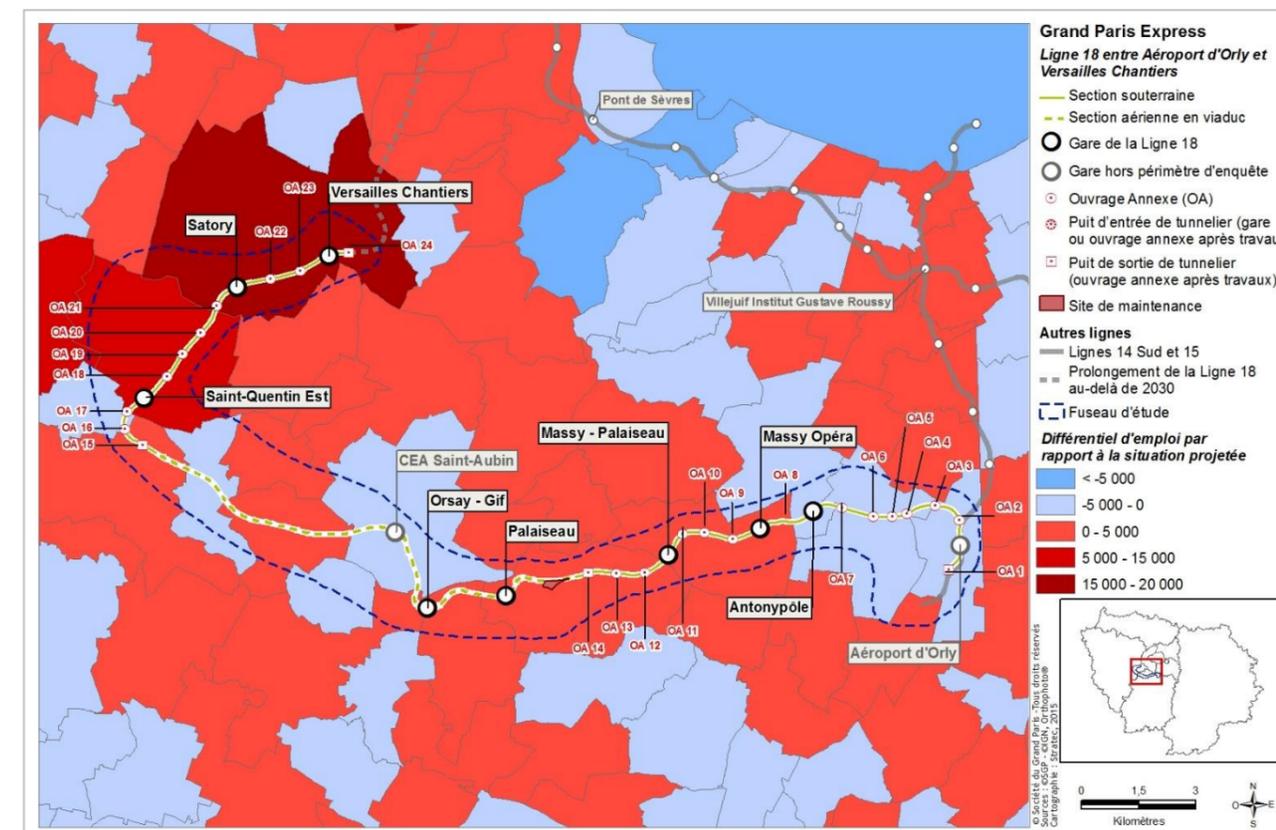
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- le réseau routier chargé à la pointe du matin, en situation avec projet à l'horizon 2030, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2030.

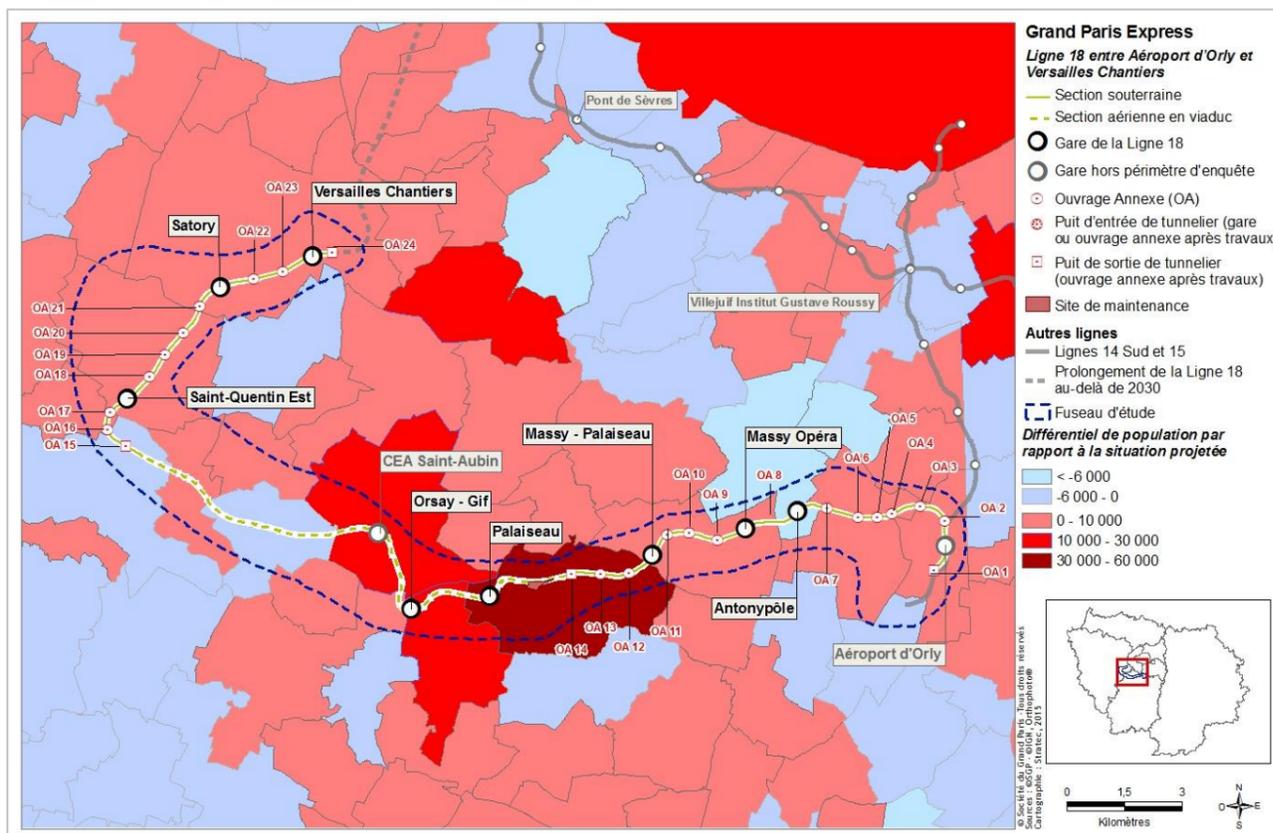


Comme c'est le cas pour l'analyse projet (Cf. chapitre III), les voies qui présentent les charges les plus importantes à l'horizon 2030 sont les autoroutes A6, A10, A12 et A106 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN12 ou la RN118.

Contrairement à l'analyse précédente où le réseau routier était moins chargé et où les différences de charge évoluée de manière négative, on constate qu'en situation avec projet, le réseau routier voit sa charge augmentée. Cela s'explique par un scénario de base différent entre les deux analyses. En effet, pour l'analyse « tronçon » (prenant en compte en référence l'ensemble des lignes du réseau du Grand Paris déjà en service excepté la Ligne 18), les hypothèses de population/emploi n'évoluaient pas entre la référence et le projet. Pour l'analyse « programme » au contraire (où la situation de référence ne prend en compte aucune ligne du réseau du Grand Paris Express), il existe un différentiel important pour la population et l'emploi entre les situations de référence et de projet. Le nombre d'habitants et d'emplois évoluent de manière importante en situation de projet (cf. cartes ci-dessous), ce qui explique que le volume de déplacement soit plus important et donc, que le report modal induit par le réseau du Grand Paris Express ne compense pas cette augmentation des flux de déplacements. Ce sont près de 125 000 habitants supplémentaires et plus de 63 000 emplois qui s'installent dans la zone d'étude (zone EGT telle que définie dans la pièce G1, chapitre « Mobilité »).



Charge sur le réseau routier en 2030, à l'heure de pointe du matin, avec projet et Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet



• **Congestion observée du réseau routier**

Le tableau ci-après montre l'évolution du linéaire de voirie saturée à plus de 80% pour l'ensemble de la Région Ile-de-France, avec et sans réalisation du Grand Paris Express, en 2030.

Evolution du linéaire de voirie francilienne saturée entre la référence et le projet, en 2030 (données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Linéaire de voirie saturée à plus de 80%	
Projet, 2030, HPM	2 345 km
Référence, 2030, HPM	2 430 km
Ecart Projet - Référence	-85 km
	-3,5%

La réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble a un impact positif sur la congestion : elle permet de diminuer le linéaire saturé à plus de 80% de 85 km, ce qui correspond à une diminution de 3,5% du linéaire saturé.

Effets sur les modes d'accès aux gares

La répartition du mode d'accès aux gares du projet a été déterminée lors d'une étude sur le stationnement menée par le maître d'ouvrage, portant sur la création, la reconfiguration ou la reconstitution de parkings publics aux abords des gares du réseau de transport public du Grand Paris. Les parts modales prises en considération pour chaque gare du projet sont données dans le tableau ci-après.

Hypothèses de répartition modale pour l'accès à chaque gare du projet dans l'étude de stationnement, à l'heure de pointe du matin pour l'horizon 2030 (Société du Grand Paris)

Gare	Conducteur et passager d'une voiture garée	Déposé en voiture repartie	Bus / TCSP	Marche et vélo
Antony-pôle	13 %	7 %	29 %	51 %
Massy Opéra	14 %	7 %	30 %	49 %
Massy-Palaiseau	12 %	7 %	34 %	47 %
Palaiseau	13 %	7 %	28 %	52 %
Orsay-Gif	25 %	6 %	36 %	33 %
Saint-Quentin Est	25 %	6 %	37 %	32 %
Satory	14 %	7 %	29 %	50 %
Versailles Chantiers	13 %	7 %	27 %	53 %

La part modale d'accès en voiture (cumul « voiture garée » et « dépose minute ») oscille entre 19 % et 31% pour chacune des huit gares du projet. Cette proportion relativement importante s'explique par le contexte d'insertion des gares, qui, dans leur majorité, se situent dans des zones généralement favorable au rabattement automobile.

Evolution de l'emploi (en haut) et de la population (en bas) en 2030 entre les situations avec et sans projet

Ainsi, la réalisation du Grand Paris Express apporte une augmentation des véhicules.km dans le secteur d'étude, par rapport à la situation de référence sans projet : dans le périmètre d'étude, une augmentation de 14 710 véhicules.kilomètres est observée à la pointe du matin, ce qui correspond à une augmentation de 3,1 % par rapport à la référence sans Grand Paris Express. Au contraire de l'analyse « tronçon », il y a ici une nette augmentation du nombre de véhicules.kilomètres car la réalisation du Grand Paris Express provoque une augmentation du nombre de déplacements, qui augmente de +17,2% entre la situation sans et avec projet.

2.12. Cadre de vie et santé publique

2.12.1. Sécurité routière

2.12.1.1 Impacts et mesures en phase chantier

La perturbation des zones de circulation des véhicules et de cheminement des piétons est le seul impact potentiel de la phase de travaux vis-à-vis de la sécurité routière. Celui-ci est lié à l'aménagement temporaire de la voirie lorsque les zones de chantiers empiètent sur les espaces de circulation des véhicules sur la voirie existante. Cet impact n'est pas quantifiable, mais doit toutefois être souligné dans le cadre de cette étude.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Afin d'éviter tout accident de la route et de garantir la sécurité des personnes, la SGP veillera à garantir le respect des normes de sécurité aux abords des bases chantier et il sera mis en œuvre de règles locales de circulation sur la base d'une signalisation claire et lisible.

2.12.1.2 Impacts et mesures en phase exploitation

Les accidents de la route étant au moins indirectement liés aux flux de trafic routier, la mise en service de l'ensemble du Grand Paris Express devrait permettre de réduire les accidents de la route ou tout du moins faciliter leur réduction. Il faut rappeler cependant que les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels, ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent, mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêche les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

Une méthodologie identique à celle utilisée dans le chapitre III.8.1. a été appliquée à l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour évaluer l'impact du report modal sur le nombre d'accidents. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris en 2030

Nombre évité avec la mise en service de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030	Nombre d'accidents évités	185
	Nombre de blessés légers évités	172
	Nombre de blessés graves évités	65
	Tués évités	4

A l'horizon 2030, la mise en service du Réseau de Transport du Grand Paris permettrait d'éviter 185 accidents, 172 blessés légers, 65 blessés graves et 4 tués.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée des lignes constituant le Réseau de Transport du Grand Paris.

2.12.2. Energie

2.12.2.1 Impacts et mesures en phase chantier

Comme mentionné dans le chapitre III.8.2., en phase de construction les consommations énergétiques directes concernent essentiellement l'énergie nécessaire pour les chantiers eux-mêmes (bases vie, engins de chantier, etc.) ainsi que l'énergie nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais. Plus en amont, la production des matériaux nécessaires à la construction peut également nécessiter des quantités très importantes d'énergie.

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Les mesures sont les mêmes que celles mentionnées pour la Ligne 18.

2.12.2.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

- **Besoins propres à l'infrastructure (le Grand Paris Express dans sa quasi-totalité)**

Besoins énergétiques liés à la traction : à l'image de la démarche conduite afin de déterminer les consommations annuelles de la Ligne 18, les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction de l'ensemble des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Consommations énergétiques liées à la traction du matériel roulant pour l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris

	Milliers de voitures.km / an	Consommation annuelle
Réseau global (2030)	232 000	530 000 MWh soit 45 600 tep

Besoins énergétiques des bâtiments : le tableau ci-dessous présente les consommations énergétiques des gares et des bâtiments techniques pour l'ensemble du réseau du transport du Grand Paris (horizon 2030) :

Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques de l'infrastructure du Grand Paris Express

	Gares	Bâtiments techniques
Consommations d'électricité³⁶	73 500 MWh soit 6 320 tep	18 900 MWh soit 1 625 tep
Consommation de chauffage	9 700 MWh soit 749 tep	12 500 MWh soit 964 tep
Total	114 600 MWh soit 9 700 tep	

Conclusion des impacts directs : Du point de vue des consommations énergétiques et sur base des hypothèses détaillées dans le cadre de l'étude similaire concernant la Ligne 18 (Cf. chapitre III), l'ensemble du réseau Grand Paris présente une répartition de sa consommation énergétique de 83% pour la traction et 17% pour les bâtiments.

• **Impact indirects – circulation routière**

En utilisant la même méthodologie que pour la Ligne 18, il a été possible d'estimer les diminutions de consommations énergétiques engendrées par l'ensemble du réseau du Grand Paris à l'horizon 2030. Celles-ci sont reprises dans le tableau ci-dessous :

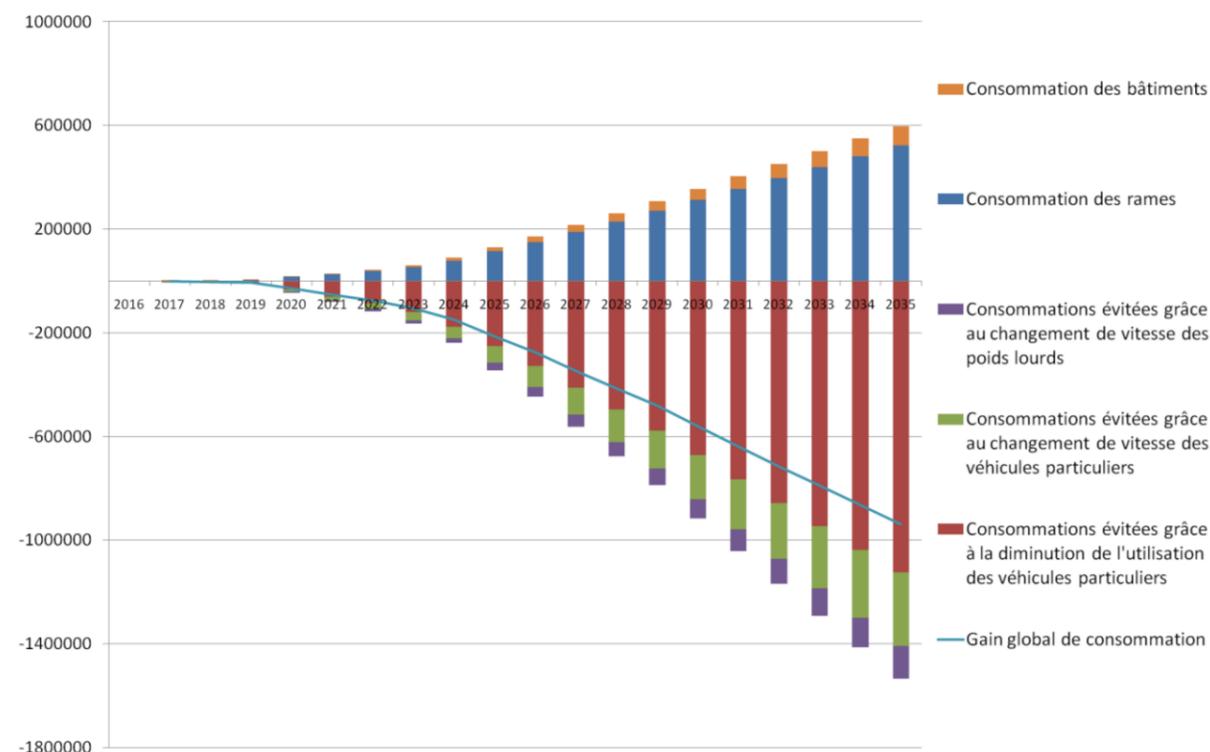
Gains énergétiques annuels liés aux diminutions des consommations du trafic routier engendrées par l'ensemble du Grand Paris à l'horizon 2030

	Impacts de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030
Gains liés aux diminutions des distances parcourues par les véhicules particuliers	- 93 500 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers	- 23 600 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds	- 10 400 tep
Total	- 127 500 tep

Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de 127 500 tep économisées annuellement.

• **Synthèse**

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service des premières lignes du réseau Grand Paris jusqu'à l'horizon 2035 est représentée sur la figure suivante. Celle-ci révèle que le projet global est bénéfique d'un point de vue énergétique dès la mise en service de la première ligne. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.



Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service du réseau Grand Paris Express

Entre 2020 (mise en service des premiers tronçons) et 2035, ce sont 523 000 tep qui seraient nécessaires à la traction des rames et environ 75 000 tep nécessaires au fonctionnement des bâtiments. A l'inverse, l'amélioration du trafic routier (diminution des distances parcourues et diminution de la congestion) permettrait d'éviter la consommation de 1,535 millions de tep. Au total, ce sont donc 937 000 tep qui seraient consommés en moins entre 2020 et 2035 soit en moyenne 58 000 tep économisés par an.

³⁶ 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

2.12.3. Gaz à effet de serre

2.12.3.1 Impacts et mesures en phase chantier

- **Impact indirect : émissions de GES liées aux travaux et études préalables à la construction**

Sur base des estimations des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance, les émissions correspondantes aux études préalables du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 146 600 téq CO₂.

- **Impact direct : émissions de GES liées à la construction de l'infrastructure**

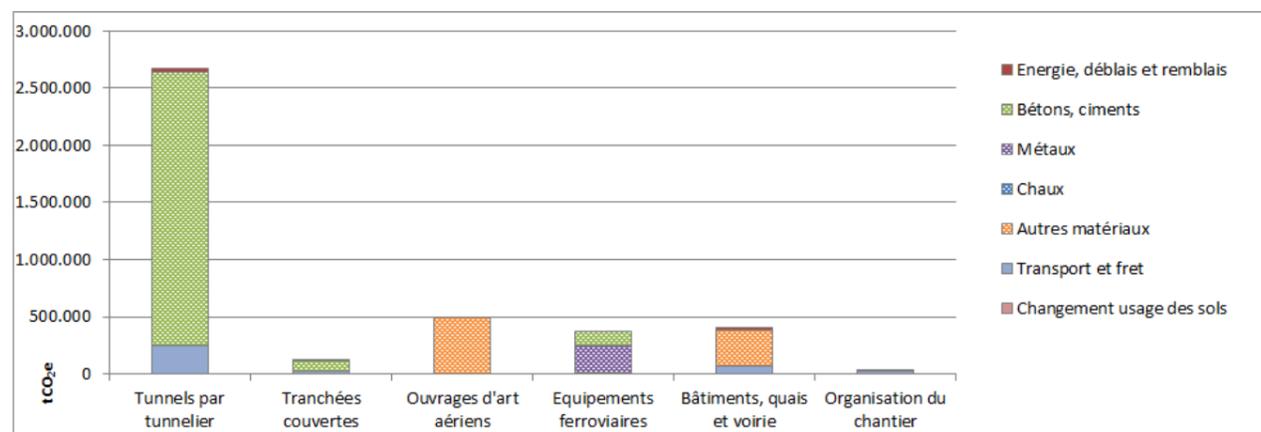
La quantification des émissions de GES de la construction a été réalisée selon la même méthodologie que pour la Ligne 18. La méthodologie utilisée pour réaliser la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 18 s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®.

L'analyse globale des travaux nécessaires aux chantiers du réseau du Grand Paris a permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des parties du réseau. Les valeurs globales sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Emissions globales et par km de voie liées à la construction

Emissions globales (téq CO₂)	4 080 000
Emissions par km (téq CO₂/km)	22 500

Le graphique présente la répartition des flux d'émissions selon les différentes activités composantes des chantiers de construction du réseau.



Emissions de GES, en téq. CO₂, par type d'activité et par type de flux d'émissions

Le flux prépondérant reste les émissions de GES engendrées par la production du béton et/ou du ciment. En effet, les quantités de ces matériaux qui sont mises en œuvre sont très importantes et cet effet masse se combine avec un procédé de fabrication très émetteur de GES pour le béton et le ciment.

2.12.3.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

- **Impact direct : émissions de GES liées au fonctionnement du métro**

Sur base de la même méthodologie que celle appliquée pour la Ligne 18, les émissions liées à l'énergie de traction pour l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 30 200 téq CO₂ en 2030.

Les émissions de CO₂ liées à l'utilisation des bâtiments de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris ont été évaluées à 10 700 téq CO₂, celles liées à la gestion à 44 000 téq CO₂ et celles liées aux rénovations à 22 100 téq CO₂ par an.

- **Impact indirect : réduction d'émissions liées au report modal de la voiture vers les transports publics**

La méthodologie utilisée pour évaluer les émissions évitées liées à la circulation grâce à la mise en service de la Ligne 18 a été appliquée au cas du réseau global. Les résultats révèlent que le réseau du Grand Paris permet une réduction des émissions liées à la mobilité de -385 000 téq CO₂ par an à l'horizon 2030.

A nouveau, cet impact résulte des diminutions des distances parcourues par les véhicules particuliers mais également de l'augmentation des vitesses sur les axes congestionnés.

- **Impact indirect : réduction d'émissions liées au développement territorial**

L'Evaluation Stratégique Environnementale et l'étude Méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre du Réseau de Transport du Grand Paris et des mesures d'accompagnement adaptées est susceptible de créer des gains d'émissions de CO₂ conséquentes.

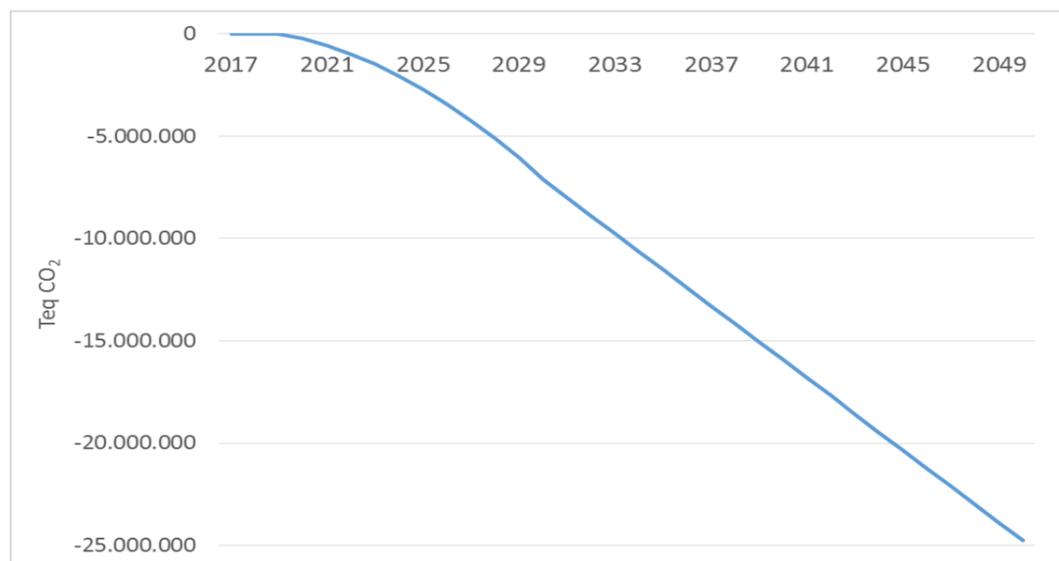
Ce volet calcule³⁷, d'ici à 2050, la différence d'émissions de téq CO₂ induites par le scénario reprenant les hypothèses centrales de développement territorial et, ce, en considérant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments : construction, exploitation et fin de vie du bâti.

La modification du territoire qu'amène le Réseau de Transport du Grand Paris entraîne un large gain des émissions de CO₂. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 24 771 800 téq CO₂ à l'horizon 2050 (avec -885 500 téq CO₂ pour la seule année 2050).

Les gains commencent dès 2020, soit dès la mise en service de la Ligne 15 Sud du réseau. La fabrication et l'acheminement des matériaux entraînent des émissions, alors que la densification permet d'en éviter, par une diminution des km de réseau VRD construits et des parcelles agricoles ou forestières urbanisées. A l'échelle du réseau global, ces émissions évitées compensent presque dès la mise en service du métro les émissions engendrées.

Le graphique qui suit représente les émissions cumulées au cours du temps engendrées par les impacts indirects des différentes phases du projet sur le développement territorial.

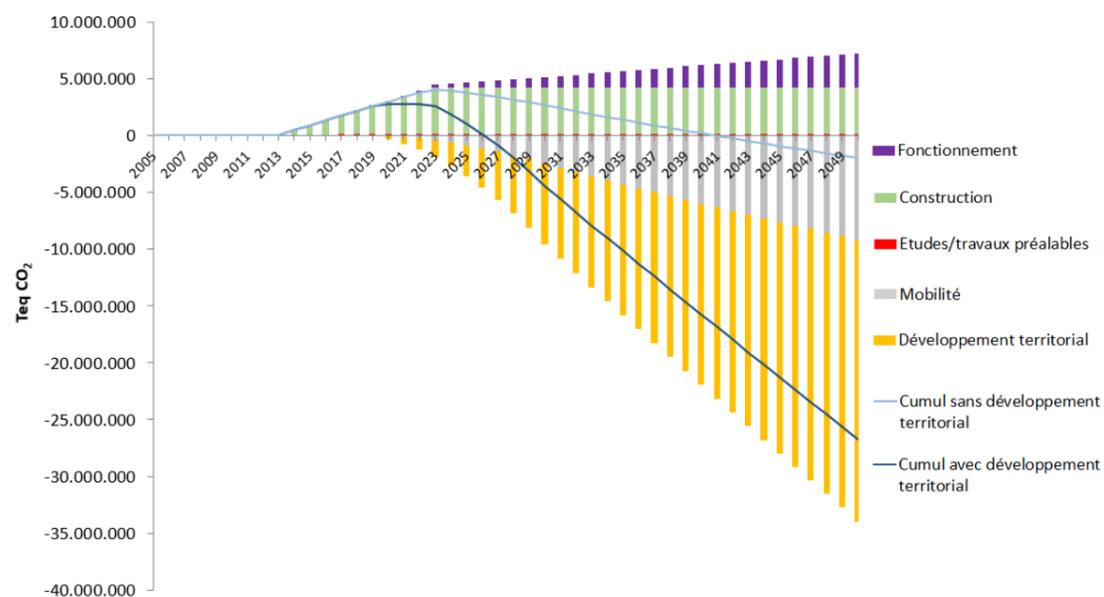
³⁷ Pour plus d'informations, voir Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de CO₂ induites par la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris et les autres annexes relatives.



Comparaison des gains (téq CO₂) cumulés pour le développement territorial suite à la mise en service progressive du Réseau de Transport du Grand Paris

• **Synthèse des émissions**

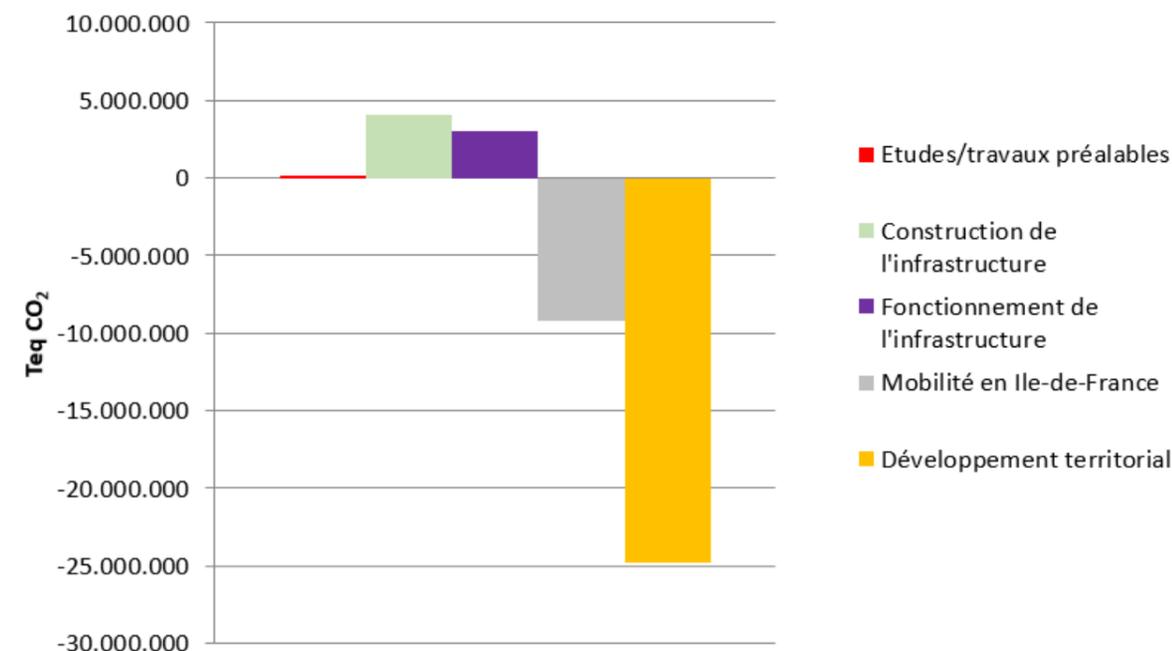
Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre concernant la mise en service de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris sont présentés dans le graphique ci-après. Il permet de comparer les émissions de CO₂ induites ou évitées par les différentes thématiques.



Cumul des émissions de GES (en téq CO₂) liées à la réalisation de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction, ainsi que le développement territorial par la suite) induit des émissions de GES importantes. Ce n'est qu'à partir de la mise en service progressive des tronçons du Grand Paris que le bilan global des émissions induites et évitées commence à décroître. Les émissions induites ne sont plus alimentées que par les émissions de fonctionnement de l'infrastructure. En parallèle, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France et grâce à l'aménagement du territoire augmentent et deviennent de plus en plus importantes dans le bilan global.

Le cumul des émissions induites et évitées représenté sur la figure précédente permet d'estimer la période nécessaire pour que les émissions évitées compensent les émissions. Les émissions évitées seront alors égales aux émissions induites aux alentours de 2026, soit 6 ans après la mise en service de la première ligne du Grand Paris, à savoir l'extension de la Ligne 14.



Bilan des émissions de GES cumulées (en téq CO₂) par poste, à l'échéance 2050

A l'horizon 2050, pour l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris, les émissions induites et évitées, cumulées depuis le début du projet, se répartissent selon la figure précédente. Le poste le plus important est de loin le développement territorial. Les postes de construction et de fonctionnement seront approximativement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement territorial permettront au projet d'avoir réduit les émissions cumulées de GES de 24 800 000 téq CO₂ à l'horizon 2050.

A nouveau, bien que ces diminutions soient non négligeables, elles ne correspondent qu'à une petite partie de l'effort global à réaliser (-75% des émissions entre 1990 et 2050). En effet, la réduction des émissions liées au trafic routier engendrée par le projet (-385 000 téq/an à l'horizon 2030) correspond à une diminution d'environ -2,1% des émissions totales issues du trafic routier en Ile-de-France en 2005 (18 000 000 téqCO₂³⁸). Concernant le développement territorial, la réduction

³⁸ Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails

des émissions de GES induite par le projet de -885 500t_{éq} CO₂ à l'horizon 2050 correspond à environ -3,4% des émissions totales des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Île-de-France en 2005 (26 000 000 t_{éq}CO₂).

Le projet du Grand Paris Express contribue donc de manière significative à la réduction des émissions de GES mais ne constitue qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommation énergétiques.

2.12.4. Qualité de l'air

2.12.4.1 Impacts et mesures en phase chantier

Les sorties d'engins et de camions du chantier provoquent des dépôts de terre et boue sur la voie publique, en particulier lors des phases de terrassement ou de démolition. Outre les nuisances visuelles, ces dépôts sont source d'insécurité car ils rendent la chaussée glissante.

Les salissures en construction neuve peuvent provenir des billes du polystyrène utilisées pour les réservations dans le gros œuvre. Lors du débouchage des réservations, les billes s'envolent au voisinage du chantier.

Les émissions de poussière sont également importantes lors des remplissages des silos à ciment.

De même, lors de certaines phases d'abattage, les chantiers de démolition provoquent des nuages de poussière. Altérant la qualité de l'air et salissant les parcelles et façades environnantes, ces poussières sont très mal perçues par le voisinage.

Le positionnement d'engins de chantier à moteur thermique à proximité de zones sensibles comme une façade de bâtiment occupé, une rue étroite ou un cheminement piétonnier est une source de nuisance supplémentaire de bruit et de pollution de l'air.

Enfin, le charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures est important et génèrera des émissions de polluants atmosphériques tout comme les engins de chantier.

- **Emissions de poussières**

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

Les zones de chantier étant situées principalement en zones urbaines, il sera important de limiter au maximum les émissions de poussières afin de limiter les impacts sur les zones proches. Ces émissions concernent principalement les émissions de particules fines.

Afin de limiter l'émission de poussières, les recommandations suivantes seront appliquées :

- 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 pas 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.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

- **Emissions de polluants atmosphériques liées aux camions et engins de chantier**

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes leur évacuation et leur acheminement seront organisés de manière à limiter les distances parcourues et les impacts induits. Quand cela est possible, une évacuation par voie fluviale ou voie ferroviaire sera mise en place.

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).

MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION

L'impact des camions sur le trafic et les émissions de polluants pourra être minimisé en définissant un plan de circulation tenant compte des particularités locales pour permettre de réduire les incidences. Ce plan sera spatial et temporel afin d'éviter les axes congestionnés et les pics de pollutions.

IMPACTS RÉSIDUELS ET MESURES DE COMPENSATION

Les impacts résiduels après mise en œuvre des mesures seront faibles à modérés. A ce stade aucune mesure de compensation n'est prévue.

2.12.4.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

De manière similaire à ce qui a été constaté à l'horizon 2030 pour la Ligne 18, il y a une forte diminution de la plupart des polluants entre la situation initiale (2005) et la situation de référence (2030). Les émissions de NO_x diminuent notamment de 85% entre la situation initiale et la situation de référence et celles de particules fines diminuent de 78%.

Comme dans le cas de la Ligne 18, la comparaison entre la situation avec réseau et la situation initiale montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. La situation avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030 engendre une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence, d'où un effet bénéfique du réseau sur les émissions de polluants atmosphériques évitées. Avec le Réseau de Transport du Grand Paris en 2030, les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier sont réduites de 38 tonnes par an. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 254 tonnes par an.

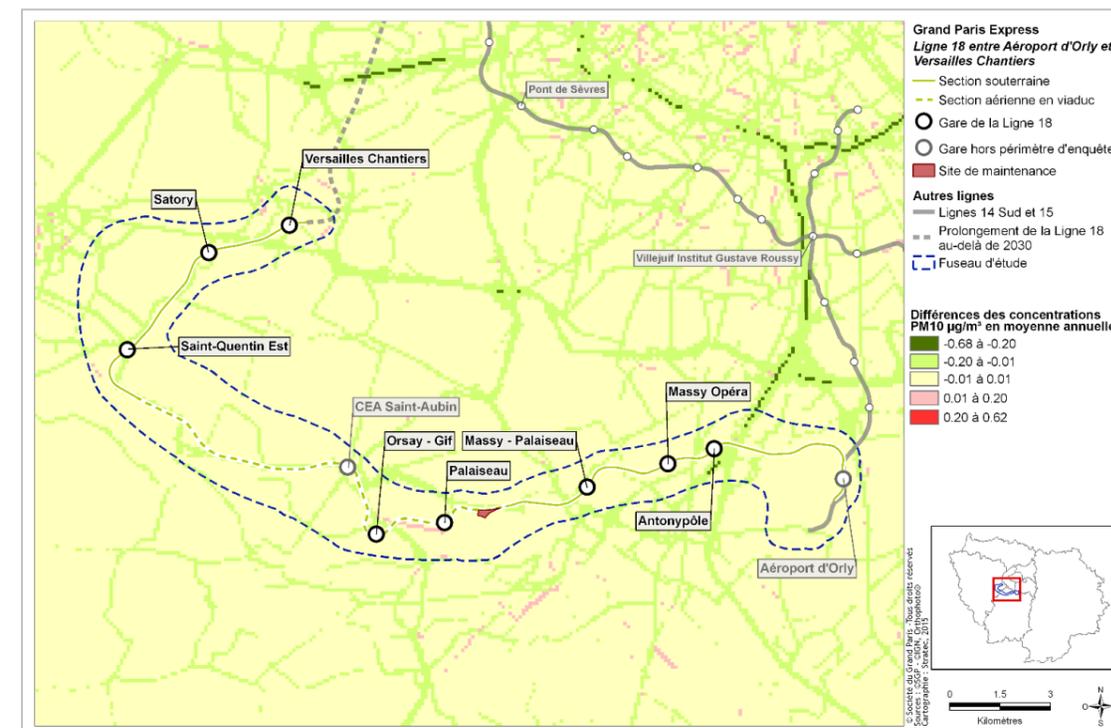
À l'image de la conclusion faite pour la Ligne 18, ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapport aux évolutions prévues entre la situation initiale et les situations avec ou sans réseau en 2030.

Concernant la répartition spatiale des émissions et leur impact sur les concentrations, celles-ci sont, de manière générale, fortement liées aux flux de trafic. Ainsi, sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet, une diminution des émissions est généralement observée. Au contraire, lorsque les flux sont plus élevés dans la situation de projet que dans la situation de référence, un accroissement des émissions est constaté.

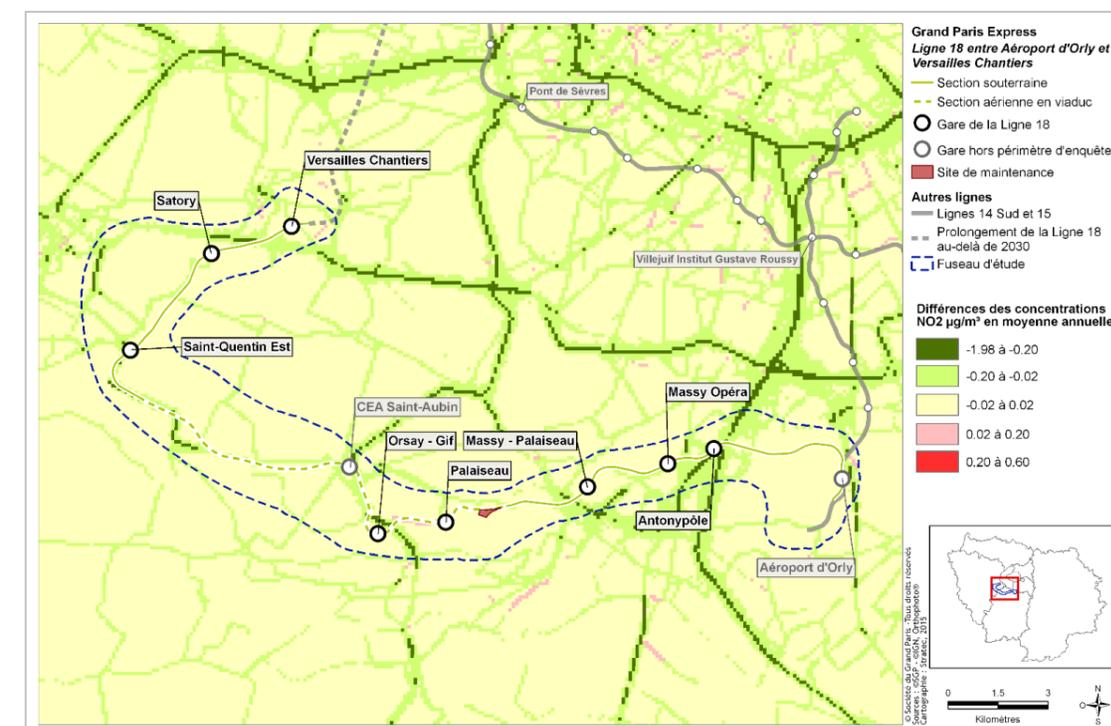
Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de PM₁₀ et NO₂ entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 à proximité de la 18.³⁹

La couleur verte, correspondant à une amélioration de la qualité de l'air grâce au projet, est largement dominante. Seules quelques zones très localisées subissent une légère dégradation de la qualité de l'air suite à une augmentation du trafic sur certaines routes, notamment entre les gares d'Orsay-Gif et Palaiseau, et près des gares de Versailles Chantiers et Aéroport d'Orly.

Comme illustré par cette figure, l'impact du réseau du Grand Paris sur les concentrations en PM₁₀ à proximité de la Ligne 18 est très majoritairement positif avec une réduction des concentrations de l'ordre de -0,01 à -0,2 µg/m³ le long de la quasi-totalité des axes routiers principaux. Ces diminutions restent toutefois relativement limitées vis-à-vis de la valeur limite des PM₁₀ (40µg/m³).



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour les PM₁₀



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour le NO₂

³⁹ Il n'a été possible de réaliser cet exercice de comparaison qu'entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030, les données concernant les situations de référence et avec projet pour l'analyse tronçon n'étant pas disponibles.

Etude d'impact / Pièce G.2 : Analyse des impacts et présentation des mesures

Les concentrations de NO₂ subissent également des diminutions le long de la quasi-totalité des axes routiers du secteur. Ces diminutions sont globalement de l'ordre de -0,02 à -0,2 µg/m³, et descendent même régulièrement sous les -0,2 µg/m³ aux abords des axes présentant un trafic routier très important (A6, A10, A86, N118). A l'image du constat observé dans le cas des PM₁₀, ces baisses de concentrations sont également relativement faibles par rapport à la valeur limite des concentrations en NO₂ de 40µg/m³ (pour rappel, le NO₂ représente environ ¼ des NO_x).

Du point de vue des enjeux liés à la qualité de l'air, la localisation des nouvelles gares du projet représente un paramètre relativement important de l'analyse. En effet, les usagers transitant par les gares seront exposés aux concentrations ambiantes de polluants atmosphériques. Les usagers accédant ou sortant du réseau de transport en commun au niveau de ces gares seront également des sources potentielles d'émissions de polluants s'ils décident d'utiliser un véhicule motorisé pour se rendre ou repartir de ces gares.

Les gares du projet ont donc été étudiées afin d'évaluer leur susceptibilité à subir des concentrations élevées de pollutions atmosphériques. Deux paramètres ont été utilisés afin d'identifier les gares les plus sensibles :

- La quantité de trafic en HPM à proximité de la gare (buffer 500m) qui renseigne sur la pollution de base ;
- Le nombre de personnes entrant et sortant de la gare qui renseigne sur l'influence potentielle supplémentaire de l'implantation de la gare.

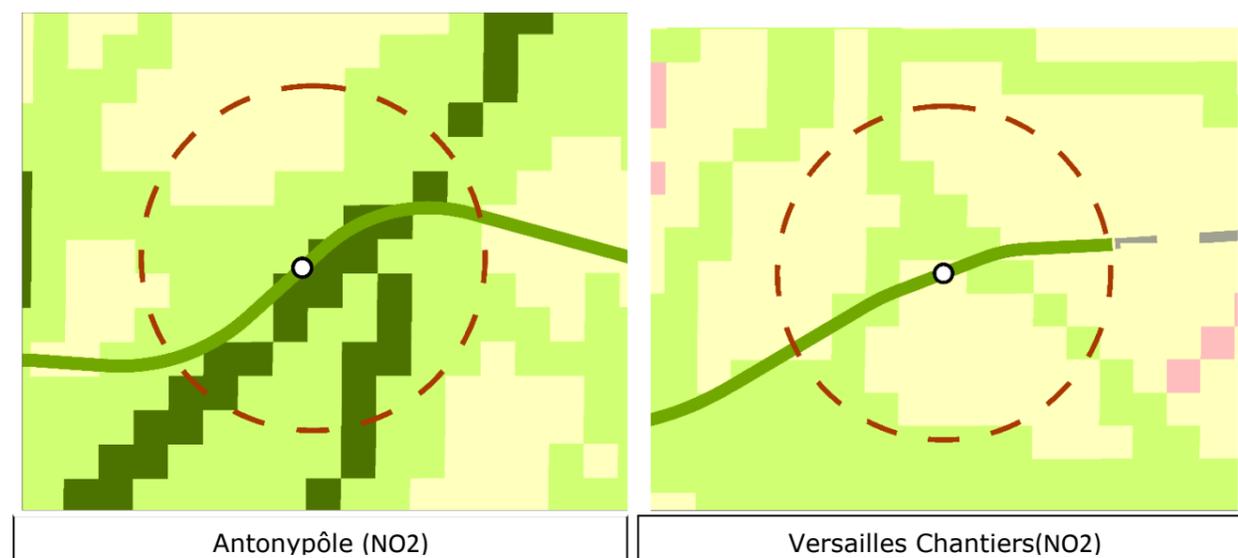
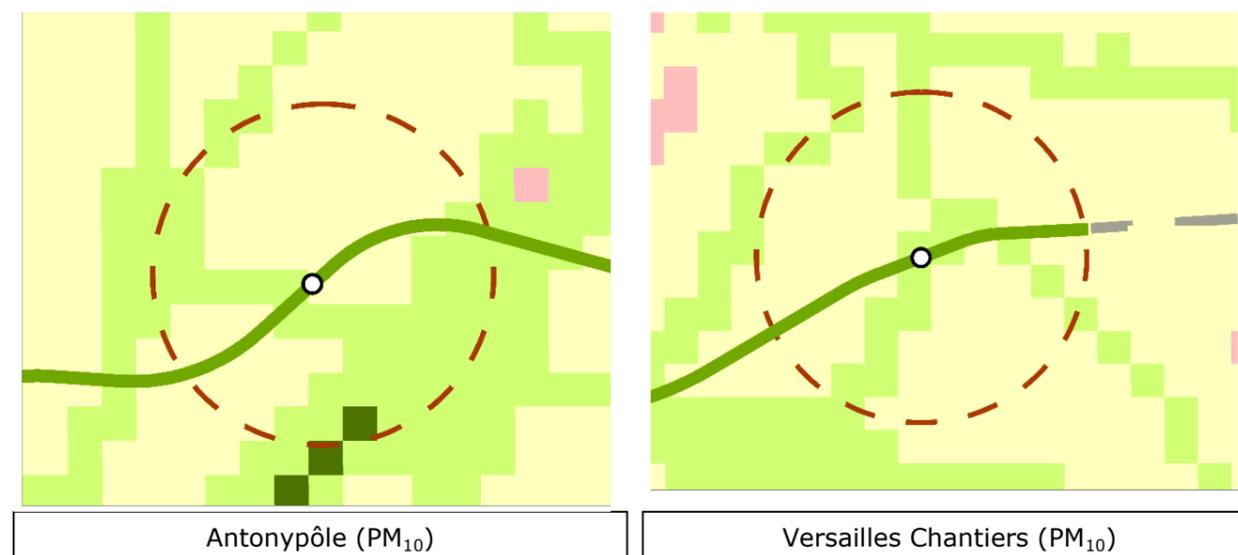
Le tableau ci-dessous reprend les résultats en classant les gares selon l'importance des enjeux vis-à-vis de la qualité de l'air :

Identification des gares à enjeu du projet

Gare	Importance du trafic routier dans la zone d'influence à l'HPM	Importance des flux des voyageurs entrant et sortant de la gare à l'HPM	Enjeu global
Antony-pôle	Fort	Faible	Intermédiaire
Massy-Opéra	Très faible	Très faible	Très faible
Massy-Palaiseau	Très faible	Intermédiaire	Faible
Palaiseau	Très faible	Très faible	Très faible
Orsay Gif	Très faible	Très faible	Très faible
Saint-Quentin Est	Faible	Très faible	Faible
Satory	Très faible	Très faible	Très faible
Versailles Chantiers	Faible	Intermédiaire	Intermédiaire

Les gares qui présentent un enjeu global allant du niveau intermédiaire à fort seront analysées plus en détails ci-dessous. Il s'agit des gares d'Antony-pôle et de Versailles Chantiers.

Les différences de concentrations en PM₁₀ et en NO_x entre la situation de référence et la situation avec projet sont représentées à proximité des gares précédemment identifiées dans la figure ci-dessous.



Différences de concentrations entre situation de référence et situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 au sein des périmètres d'influence des gares de la Ligne 18 identifiées comme potentiellement à risque, cas du PM₁₀ en haut, et du NO_x en bas.

Les figures révèlent que le Grand Paris permet de réduire les concentrations en PM₁₀ et en NO_x quasi-globalement dans les zones proches des gares à enjeux.

De manière générale, il faudra tout de même limiter au maximum l'augmentation du trafic à proximité des gares à enjeu fort, via la mise en place de mesures visant à favoriser l'utilisation des modes doux pour accéder aux gares, au détriment de la voiture particulière.

En conclusion, la mise en service de la Ligne 18 permettra à l'horizon 2030 une réduction globale des émissions de particules fines (<10µm), NO_x, COVNM et benzène, issues du trafic routier, de l'ordre de -0,1%. Plus globalement, le réseau de transport du Grand Paris permettra une réduction d'environ 2 à 3% de ces mêmes polluants, ainsi que du cadmium et du nickel, à l'horizon 2030. Le projet de métro du Réseau de Transport du Grand Paris contribue ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air à proximité de la Ligne 18, et plus généralement en Ile-de-France. Cette amélioration est toutefois minime par rapport aux 80% de polluants émis en moins constatés entre la situation initiale (2005) et l'horizon 2030, grâce principalement au renouvellement du parc automobile.

2.12.5. Bruit

2.12.5.1 Impacts

Les incidences du programme d'aménagement du réseau de transport du Grand Paris ont été nécessairement analysées au travers des deux phases chantier et exploitation.

Les nuisances sonores durant les chantiers du Grand Paris Express seront similaires à celles de la Ligne 18 mis à part qu'elles seront davantage réparties dans le temps (2015-2030) et dans l'espace (répartition relativement uniforme sur les 205 km du Grand Paris Express). Elles seront essentiellement liées aux engins de chantier (mobiles ou présents en permanence), aux outils et équipements de chantier, aux transports de matériel et aux travaux bruyants. Les bruits causés par les éclats de voix, les sirènes de recul et les bruits de chargements/déchargements des matériaux.

Durant la phase d'exploitation des lignes, les incidences du projet s'entendent principalement suivant deux aspects :

- **L'impact direct lié à la circulation du matériel roulant** et donc principalement des émissions sonores des roues sur les rails (ou des pneus sur les supports de roulement),

Les impacts seront très peu perceptibles sur la majorité du tracé du Grand Paris Express dans les sections où le programme s'inscrit en souterrain. Les principales émissions sonores sur ces sections correspondront au bruit en sortie des ouvrages annexes.

Aussi les impacts directs les plus forts d'identifieront au niveau des sections en viaduc, à savoir sur la Ligne 17 et 18, où la densité d'habitats est plus faible (secteurs de Saclay et de Gonesse).

Pour rappel, la réglementation française en matière de nouvelle infrastructure ferroviaire⁴⁰ prévoit que les niveaux sonores maximums (i) pour les logements en zone d'ambiance

sonore préexistante modérée⁴¹, écoles et établissements de soins de santé sont de 60 dB(A) le jour (6-22h) et 55 dB(A) la nuit (22-6h) et (ii) pour les autres logements et bureaux sont de 65 dB(A) le jour (6-22h) et 60 dB(A) la nuit (22-6h).

- **L'impact indirect lié à l'effet du report modal** sur le volume de véhicules empruntant quotidiennement les axes du réseau viaire ou aux activités développées au sein des gares.

Bien que l'effet du Grand Paris Express sur le report modal soit sensiblement plus important que celui de la Ligne 18 uniquement, les variations induites par le projet resteront relativement faibles par rapport à un impact potentiel sur les niveaux sonores. Pour rappel, l'oreille ne perçoit que les modifications sonores inférieures à un décibel, ce qui correspond à une réduction de trafic de l'ordre de 25 %. Les diminutions de trafic souvent de l'ordre de quelques pourcents ne seront donc pas suffisamment importantes pour faire varier les niveaux sonores générés par le trafic routier de manière significative.

Aussi, il semble que les impacts indirects les plus importants seront observés à une échelle locale avec un report de trafic routier plus conséquent qu'à l'échelle de la région où l'impact sur le bruit routier est quasi-nul.

L'implantation des gares sera donc un facteur important dans le report modal et la variation du trafic routier à proximité des gares mais aussi en raison de l'afflux de piétons et de la densification potentiel qu'elles induiront. Les impacts les plus importants seront à prévoir :

- o dans les zones urbaines ou semi-urbaines où aucune gare ni zone commerciale n'est implantée ;
- o dans les zones de coupures entre deux zones urbaines ;
- o dans les zones situées à proximité d'espaces verts si le développement de la gare est associé à une urbanisation importante de la zone.

2.12.5.2 Mesures d'accompagnement

En phase chantier, de manière générale :

- le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier ;
- le personnel sera formé et sensibilisé aux nuisances sonores potentielles des chantiers ;
- une bonne localisation des sources de bruit et de la zone de livraison pourra permettre une réduction significative de la perception des nuisances sonores. Ce point nécessite cependant une analyse ciblée sur la base d'éléments de projet plus aboutis ;
- enfin la planification des tâches et l'information des riverains seront des outils essentiels pour limiter la gêne sonore ressentie par les riverains.

⁴⁰ Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires

⁴¹ 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)

En phase d'exploitation, les mesures mise en œuvre à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris s'articulent autour des facteurs suivants :

- les mesures dites « à l'émission » :
 - o recherche de matériel roulant efficace (blocs moteurs silencieux, freins composites, usage de pneumatiques...) et de technologies moins émettrices de bruit (pose de rails anti-vibratoires...), et entretien régulier des équipements (rails et roues) ;
 - o limitation des vitesses maximales autorisées pour le matériel roulant ;
 - o définition de plans de circulation prenant en compte la dimension « bruit » et limitant notamment les vitesses sur certains axes en zones calmes ;
- les mesures liées « à la propagation des ondes » :
 - o respect de distances minimales entre l'infrastructure et les bâtis dans les études de conception ; définition et mise en place des écrans de protections sonores lorsque les distances ne permettent pas de réduire suffisamment le bruit.

2.12.6. Les vibrations

2.12.6.1 Impacts

Les impacts concernant le contexte vibratoire pour les deux phases de vies du projet, c'est à dire la phase travaux et la phase d'exploitation, sont les suivants :

- **Gêne induite**

La gêne induite correspond au premier impact qualifiable de cette thématique.

La phase travaux, présentant un laps de temps plus court, est moins impactant même si les nuisances générées sont susceptibles de dégrader ponctuellement la qualité de vie des populations.

La phase exploitation correspond quant à elle à la phase de vie du projet à maîtriser au mieux car les vibrations générées constitueront une gêne régulière et habituelle dans un laps de temps relativement long (pour exemple, la ligne 1 du métro est existante depuis plus d'un siècle, même si cette dernière a fait l'objet de rénovation depuis sa mise en service).

Les impacts liés à l'émission de vibrations s'entendent par :

- une gêne potentielle des occupants en raison de la perception tactile des vibrations ;
- une gêne potentielle des occupants en raison du bruit solidien⁴² à l'intérieur des bâtiments, suivant les périodes nocturnes et diurnes et la destination du bâtiment ;
- une perturbation potentielle des activités et/ou équipements particulièrement sensibles aux vibrations.

⁴² La notion de bruit solidien est expliquée dans le volet « Vibrations » du rapport 1/3 : Etat Initial de l'Environnement

En termes d'impacts, plusieurs facteurs influencent les la perception des vibrations, dont le principal est la distance entre l'émetteur et le récepteur. En d'autres termes, plus la distance entre l'infrastructure et le terrain naturel sera grande, moins les vibrations ne seront perçues. A ce titre, les différents projets menés ces dernières années en Ile-de-France font état d'absence de vibration perçue au-delà d'une distance infrastructure-terrain naturel supérieure à 20 m.

Dans le cas des différentes lignes Grand Paris Express, c'est le cas le plus rencontré puisque la Société du Grand Paris a recherché les solutions optimales entre profondeur du réseau et impacts potentiels en termes de réseaux et de vibrations.

Aussi, les impacts les plus forts se retrouvent au niveau des zones les plus densément urbanisées, et où les bâtiments présentent les fondations les plus profondes ou dans les secteurs où des activités présentant une sensibilité particulière aux vibrations sont implantées (par exemple, les laboratoires de recherche du quartier Polytechnique pour la Ligne 18).

- **Tenue des terrains**

L'autre impact concerne la déstabilisation des terrains. En effet, le passage de l'infrastructure aux abords des zones de carrières ou des zones fortement remblayées pose la problématique de déstabilisation du sous-sol et donc des bâtis en surface.

Ces cas sont rencontrés principalement au niveau des zones d'anciennes carrières mentionnées par l'IGC et traversées par le réseau de transport du Grand Paris Express (comme dans le secteur de Guyancourt de la Ligne 18).

2.12.6.2 Mesures d'accompagnement

En phase de creusement du tunnel, les méthodes constructives mises en œuvre permettront logiquement de réduire au maximum les nuisances générées.

Le tunnelier permet de s'affranchir de vitesses de creusement suffisamment faibles pour éviter toutes fractures des matériaux et éviter des émissions importantes de vibration. Bien entendu, dans les zones de traversées de carrières, le comblement de ces dernières permettra alors de s'affranchir d'un éventuel affaissement des cavités.

Aussi, la Société du Grand Paris s'engage à :

- renforcer sa connaissance des zones de carrières connues et pressenties ;
- mettre en œuvre une inspection du fond de coupe afin de connaître la présence de nouvelles carrières à l'avancement ;
- renforcer les zones géologiques susceptibles de s'effondrer sur l'effet du creusement et des vibrations alors générées.

En phase de construction du viaduc, les opérations auront lieu exclusivement en surface, avec l'utilisation de techniques constructives classiques et avec des impacts vibratoires limités voir négligeables.

Concernant les ouvrages annexes, les gares et les portions de tracé en tranchée couverte, l'impact vibratoire des travaux sera dans tous les cas limité voir négligeable pour les mêmes raisons.

A titre indicatif, le rayon d'influence des techniques de construction prévues dans ces deux cas peut être estimé à 40 m environ. Au-delà de cette distance l'impact vibratoire peut être retenu nul.

En phase d'essai des lignes et d'exploitation de ces dernières, le passage dans certains secteurs habités nécessitera :

- de définir avec plus de précisions le niveau de vibrations émis et estimer l'acceptabilité des impacts générés. En ce sens, la Société du Grand Paris réalisera des compléments d'études, sous la forme de modélisations, dans l'ensemble des secteurs jugés à risque. Ces modélisations permettront de définir les seuils vibratoires perçus en surface et de définir le niveau des protections vibratoires à mettre en œuvre ;
- d'entreprendre la mise en œuvre de système de pose de voie anti-vibratiles permettant de générer moins de vibrations à la source ;
- de réaliser un suivi du niveau de nuisance par la réalisation de mesures *in-situ* avant mise en service de la ligne et de mesures à la surface durant les phases d'essai ;
- d'assurer un entretien régulier de l'infrastructure afin de limiter l'usure des rails et des roues favorisant des émissions plus importantes.

2.12.7. Les champs électromagnétiques

L'impact électromagnétique à l'échelle du projet a été évalué par l'intermédiaire de simulation électromagnétique de section souterraine. En effet, le réseau de transport du Grand Paris Express est dans sa majorité de type souterrain. Ainsi l'étude de la section de type souterrain est majorant d'un point de vue électromagnétique du fait du confinement des ondes dans l'environnement tunnel par rapport à une section aérienne.

De manière générale, les principaux équipements générateurs d'ondes électromagnétiques pour l'ensemble des lignes sont de mêmes natures. En effet, les principales sources sont la ligne d'alimentation et les antennes. La ligne d'alimentation peut être la caténaire ou le troisième rail. Les autres dispositifs générateurs d'ondes électromagnétiques sont les antennes de télécommunication (TERA, GSM, WIFI).

2.12.7.1 Impacts en phase chantier

En termes d'ondes électromagnétiques durant la phase chantier, les impacts sont très difficilement quantifiables. Cependant le matériel utilisé pour la construction de l'infrastructure ainsi que leur mode d'alimentation restent compatibles avec les valeurs de référence de champ électromagnétique notamment en ce qui concerne la santé humaine. Ainsi les impacts pour le personnel utilisant les machines durant cette phase sont faibles.

2.12.7.2 Impacts en phase exploitation

L'impact électromagnétique produit par le matériel roulant dans le cadre du projet a été évalué par l'intermédiaire des modélisations électromagnétiques des différentes sources principales d'ondes

électromagnétiques que sont la ligne d'alimentation et les antennes de télécommunications. De ce fait, les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- Les niveaux de champs électromagnétiques émis par les différentes alimentations sont conformes aux exigences de la Recommandation 1999/519/CE relatives à l'exposition du public aux champs électromagnétiques. En effet, les niveaux constatés à l'intérieur et à l'extérieur de la rame dans le cas d'une section de type souterrain sont inférieurs à ceux préconisés par cette même Recommandation. Concernant l'exposition des équipements situés proche du système d'alimentation, il est nécessaire de connaître les équipements présents dans cette zone afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement.
- Les niveaux de champs électromagnétiques émis par les différentes antennes de télécommunications sont inférieurs aux limites maximales de la Recommandation 1999/519/CE. Ainsi le niveau de champ dans la rame ainsi que dans le tunnel respecte les niveaux recommandés. Cependant une zone proche de l'antenne sur le toit (zone circulaire d'environ 50cm de diamètre autour de l'antenne) présente des niveaux supérieurs la Recommandation 1999/519/CE. Dans cette zone les niveaux de champ électrique sont supérieurs à 10 V/m. De ce fait, il apparaît essentiel de connaître les équipements présents dans cette zone autour de l'antenne afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement.

2.12.7.3 Mesures

Dans les zones telles que les aéroports, les hôpitaux où des matériels sensibles aux ondes électromagnétiques sont présents, des mesures suivantes d'évitement et de réduction peuvent être mises en place :

- Choisir des matériels performants : il s'agit d'optimiser les matériels entre leur efficacité sur le chantier et les « doses » d'ondes électromagnétiques émises. Le respect des valeurs de référence est l'un des critères de mesure, donc du choix des matériels concernés.
- Mise en place de protection électromagnétique ou équivalent : dans le cas d'une utilisation de matériel qui émet des niveaux d'ondes électromagnétiques importants, il peut être mis en place des moyens d'isolement tels que la faradisation (Principe de la cage de Faraday).

VII. Compatibilité du projet avec l'affectation des sols, articulation avec les plans, schémas et programmes mentionnés à l'article R.122-17 du code de l'environnement et prise en compte du Schéma de Cohérence Ecologique

1. Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace

1.1. Opérations d'Intérêt National (OIN)

Une opération d'intérêt national (OIN) est une opération d'urbanisme pour laquelle l'Etat conserve la maîtrise de la politique d'urbanisme en raison de son intérêt majeur. Pour ce faire, il confie cette mission à des établissements publics d'aménagement chargé, en lien avec les villes, de conduire les études d'aménagement et la programmation urbaine, d'acquérir et viabiliser les terrains (réalisations des réseaux, des espaces publics), de commercialiser les terrains, de monter et coordonner les opérations et d'aménager les espaces publics. Une fois sa mission achevée, le tout est rétrocédé aux villes qui en prennent la gestion.

1.1.1. Opération d'Intérêt National (OIN) Orly-Rungis-Seine-Amont (ORSA)

L'OIN Orly-Rungis-Seine-Amont (ORSA) a été mise en œuvre en 2007 et est portée par l'EPA ORSA (Etablissement Public d'Aménagement Orly-Rungis-Seine-Amont) sur un territoire de 71 km² dont 13 km² de périmètres stratégiques.

La seule commune du fuseau d'étude concernée est celle de Rungis.

Toutefois le tracé de référence de la Ligne 18 ne concerne pas la commune de Rungis, sur laquelle aucun ouvrage n'est prévu (le tracé de la ligne est souterrain à ce niveau).

En conséquence l'examen de la compatibilité de la ligne avec l'OIN ORSA apparait sans objet.

1.1.2. Opération d'Intérêt National (OIN) Paris Saclay

L'OIN Paris Saclay a été instauré par décret le 3 mars 2009 et est porté par l'EPPS (l'Etablissement Public Paris Saclay).

Le périmètre d'intervention de l'OIN Paris Saclay correspond aux territoires de 49 communes dont les communes de Guyancourt, Magny-les-Hameaux, Montigny-le-Bretonneux, Voisins-le-Bretonneux, Bures-sur-Yvette, Jouy-en-Josas, Buc, Saint-Aubin, Saint-Cyr-l'Ecole, Toussus-le-Noble, Versailles, Châteaufort, Gif-sur-Yvette, Orsay, Palaiseau, Saclay, Vauhallan, Wissous, Massy et Morangis faisant partie du fuseau de la Ligne 18.

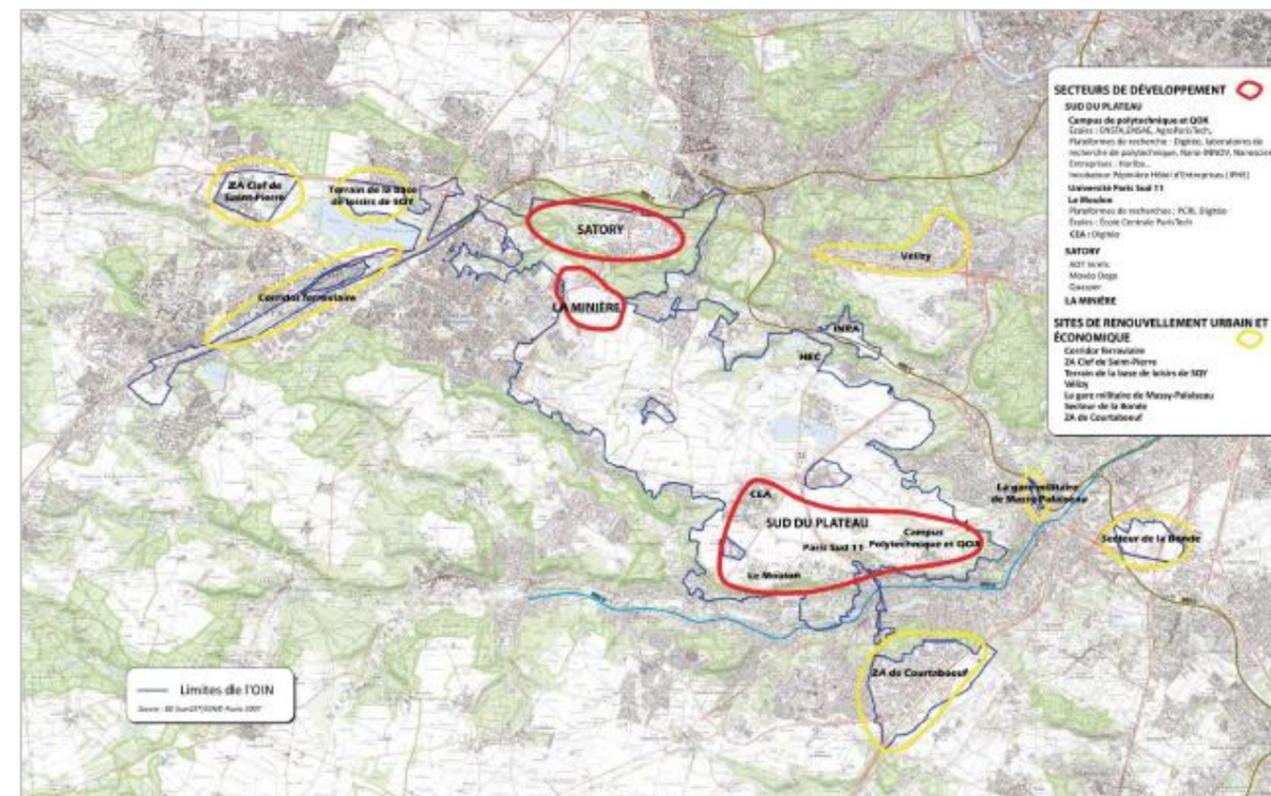
Les missions de l'EPPS sont étendues :

- assurer la cohérence et la qualité de l'aménagement du territoire ;
- réaliser des opérations visant à en faire un lieu où il fait bon vivre, étudier, travailler ;
- favoriser la création et le développement de start-up technologiques, attirer les centres de recherche d'entreprises, et plus largement promouvoir la création d'activités et d'emplois ;
- encourager l'innovation en offrant des prestations en matière de valorisation et de transferts de technologies et en facilitant la circulation des savoirs et des bonnes pratiques ;
- promouvoir l'image du cluster en France et à l'étranger.

Ces trois dernières missions seront menées en étroite coordination avec la FCS et les autres acteurs (pôle de compétitivité, CCI, etc.) dans le souci d'éviter toute redondance.

A l'intérieur du périmètre définissant l'OIN Paris Saclay, 3 secteurs de développement et 7 sites de renouvellement urbain et économique ont été définis et sont centrés sur des portions à enjeux du territoire. Parmi ces périmètres, trois secteurs de développement sont présents dans le fuseau d'étude de la Ligne 18 :

- le secteur sud du Plateau qui regroupe :
 - o le Campus de Polytechnique et QOX ;
 - o l'Université Paris Sud 11 ;
 - o le Moulon ;
 - o le CEA ;
- le secteur de La Minière ;
- le secteur de Satory.



Secteur de développement et sites de renouvellement du territoire de l'OIN Paris Saclay

L'OIN a été créée pour mettre en œuvre le projet de cluster scientifique et technologique de rang mondial sur le territoire de **Paris Saclay**. Situé au sud de Paris, entre les vallées de l'Yvette et de la Bièvre, Paris-Saclay s'appuie sur les pôles urbains de Massy et Palaiseau, Saint-Quentin-en-Yvelines et Versailles.

Paris-Saclay compte 657 000 habitants et 370 000 emplois, sur une superficie trois fois et demi plus vaste que celle de Paris. C'est un pôle majeur d'activités industrielles (10,6 % des emplois) et 15 % des effectifs de la recherche française y travaillent, faisant ainsi de Paris-Saclay le deuxième pôle de recherche français après Paris. Il rassemble notamment :

- des universités tournées vers la recherche fondamentale : l'université Paris-Sud et l'université Versailles-Saint-Quentin ;
- de grandes écoles d'ingénieurs et de management : Polytechnique, HEC, Supélec, etc.
- des organismes de recherche nationaux : CEA, CNRS, INRA, INRIA, ONERA, etc.
- des centres privés de Recherche & Développement : Technocentre Renault, ingénierie de PSA, Dassault Systèmes, Thales, Danone, etc.

Le plateau de Saclay a également vocation à devenir l'un des principaux moteurs de la compétitivité du Grand Paris. Le projet de métro permettant de relier Orly à Saclay est évoqué.

Intégré à l'Opération d'Intérêt National (O.I.N.) Paris-Saclay, le **plateau de Satory** a vocation à regrouper des entreprises technologiques de pointe autour des thématiques des mobilités du futur (installation de VEDECOM : l'Institut français de recherche partenariale publique-privée et de formation dédié à la mobilité individuelle décarbonée et durable), en dialogue avec les pôles automobiles yvelinois déjà implantés (Renault, PSA, etc...) et l'Université Paris-Saclay (dont l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines est membre).

Le quartier de Satory Ouest se distinguera également par une approche innovante des déplacements, s'appuyant non seulement sur les modes habituels, mais aussi sur les circulations douces et les moyens de transport de nouvelle génération. Élément fédérateur de l'ensemble du projet Paris-Saclay, la Ligne 18 desservira directement le plateau de Satory.

Les deux grandes phases envisagées pour le développement de ce projet :

- une première phase de 2016 à 2024, dédiée à l'investissement et à la dynamique de transition fondamentale, permettra de **développer les premiers quartiers autour de l'emprise prévue pour l'implantation de la future gare Satory du Grand Paris Express**, en articulation des secteurs ouest et est de Satory. Elle préfigurera les orientations programmatiques et d'aménagement traduites dans le schéma directeur et permettra d'atteindre la taille critique nécessaire au développement des commerces et du quartier. Des espaces paysagers permettront d'amorcer la réalisation de la trame paysagère à l'échelle du plateau ;
- une deuxième phase de 2025 à 2035, de valorisation et de maturité, permettra d'asseoir la composante Recherche & Développement de Satory Ouest et de renforcer la programmation en logements du quartier, **accompagnés par l'arrivée de la gare métro du Grand Paris Express**.

La Ligne 18 est donc en compatibilité avec le développement de l'OIN.

1.2. Contrats de Développement Territoriaux (CDT)

Les CDT sont issus de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris.

De fait, leurs caractéristiques législatives et réglementaires intègrent le projet. En effet, l'article 1 de la loi précitée, ainsi que le réseau de transport public du Grand Paris, « *s'articule[ent] autour de contrats de développement territorial* ».

De façon corollaire, les objectifs principaux des CDT sont justement d'intégrer le projet et ses conséquences en termes d'urbanisation à une échelle supra-communale.

De fait, **le projet est intrinsèquement compatible avec les CDT**, ces derniers intégrant systématiquement le réseau de transport du Grand Paris dans leur réflexion de mise en œuvre.

Les paragraphes ci-après rappellent les CDT concernés par le projet.

1.2.1. CDIT Grand Orly

L'accord cadre du CDIT Grand Orly a été signé le 2 septembre 2013.

Cet accord cadre mentionne la Ligne 18 « *Il est essentiel que le choix de localisation de la gare et de l'atelier de maintenance des lignes 14 [bleue] et 18 [verte] à Morangis préserve toutes les possibilités de gare supplémentaire au sud de la plateforme, l'enjeu étant l'accès aux activités et emplois par les transports en commun des salariés essonniens du pôle d'Orly.* »

Pour mémoire, le site de maintenance de la Ligne 18 ne sera pas situé à Morangis mais à Palaiseau.

En raison du manque d'information sur les objectifs de ce futur CDIT, il n'est pas possible à ce stade de déterminer la compatibilité du projet avec ce document.

1.2.2. CDT Paris Saclay Territoire Sud

Ce CDT a été arrêté le 2 septembre 2013 et a été soumis à enquête publique du 17 novembre au 18 décembre 2014.

Le programme des actions, opérations et projets du projet de CDT mentionne la Ligne 18 dans les fondamentaux du projet « *Le territoire du CDT sera desservi par la Ligne 18 du réseau de transport du Grand Paris Express, assurée par un Transport Automatique Léger (TAL).* »

Compte-tenu de son stade d'élaboration et du fait de ses caractéristiques législatives et réglementaires, le projet de la Ligne 18 est compatible avec ce CDT.

1.2.3. CDT Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

Ce CDT a été soumis à enquête publique du 29 janvier au 27 février 2015.

La Ligne 18 est mentionnée « *A l'intérieur de ce périmètre réside un potentiel de développement majeur articulé autour des futures gares yvelinoises de la Ligne 18 (Orly-Versailles) du Grand Paris*

Express [...] » et est citée dans plusieurs des actions et projets du CDT (Action 4.3, action 5.1, projet 1.1, projet 1.3, projet 1.8 et projet 2.8).

La programmation des secteurs de projets et les infrastructures avec leur coût sont précisées également.

Compte-tenu de son stade d'élaboration et du fait de ses caractéristiques législatives et réglementaires, le projet de la Ligne 18 est compatible avec ce CDT.

1.3. Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF)

A l'échelle régionale, le SDRIF, approuvé par le décret n° 2013-1241 du 27 décembre 2013, intègre explicitement le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris. En effet, la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris est incluse dans les différentes pièces du SDRIF, dont notamment la « Carte de destination générale des différentes parties du territoire » qui constitue le cœur réglementaire du SDRIF.

Ainsi, le projet de réseau de transport public du Grand Paris est explicitement compatible avec le SDRIF 2013.

2. Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme communaux

2.1. PLU

Toutes les communes concernées par le fuseau d'étude de la Ligne 18 sont dotées d'un PLU, hormis Rungis et Vauhallan (pour lesquelles une révision du POS en PLU est engagée).

L'analyse détaillée des impacts du projet sur les documents d'urbanisme est faite dans la pièce spécifique « I » du présent dossier d'enquête publique, relative à la « Mise en Compatibilité des Documents d'Urbanisme ». Pour une analyse complète et pour la justification législative et réglementaire des modifications nécessaires des documents d'urbanisme communaux, le lecteur se reportera donc à cette pièce.

Les douze documents d'urbanisme nécessitant une mise en compatibilité au titre du projet sont les suivants :

- PLU de Wissous
- PLU d'Antony
- PLU de Massy
- PLU de Palaiseau
- PLU d'Orsay
- PLU de Gif-sur-Yvette
- PLU de Saclay
- PLU de Villiers
- PLU de Châteaufort
- PLU de Magny-les-Hameaux
- PLU de Guyancourt
- PLU de Versailles

Au sein de la pièce I du dossier d'enquête publique, un document par commune précise :

- Les éléments du PLU en vigueur : rapport de présentation, PADD, zonages et règlement, ainsi que les éléments opposables au tiers ;
- Les zones du PLU concernées par le projet ;
- Les incidences de la mise en œuvre du projet sur le zonage et le règlement du PLU ;
- Les propositions de modification de zonage et/ou de règlement pour rendre le document d'urbanisme compatible avec le projet.

Aussi, au travers de la procédure de mise en compatibilité des documents d'urbanisme avec le projet présenté à l'enquête publique, **la Ligne 18 sera rendue compatible avec les documents d'urbanisme des communes traversées.**

2.2. Servitudes aéronautiques

D'après le code de l'aviation civile, des servitudes aéronautiques sont instituées pour la protection de la circulation aérienne (servitudes de dégagement). De même que pour les servitudes radioélectriques, celles-ci limitent le droit d'utiliser le sol. En effet, elles impliquent une interdiction de créer des obstacles fixes (permanents ou temporaires), susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne.

Ces servitudes sont reportées sur les plans locaux d'urbanisme des communes concernées.

Le tracé de la Ligne 18 débute à l'aéroport d'Orly et passe à proximité de trois aérodromes où plusieurs servitudes réglementaires d'aménagement ont été identifiées au stade de l'état initial. Le fuseau de la Ligne 18 n'est pas touché par les servitudes associées à l'aérodrome de Saint-Cyr-l'Ecole.

Servitudes aéronautiques présentes au sein du fuseau d'étude

Source des servitudes	Servitudes aéronautiques de dégagement (T5)	Servitudes de protection des signaux de communication (PT2)	Servitudes relatives aux transmissions radioélectriques concernant la protection contre les perturbations électromagnétiques (PT1)	Instances en charges des plans de servitudes aéronautiques
Aéroport Orly	Décret du 5 juin 1992	Le PSR approuvé est obsolète Le projet de PSR de novembre 2009 a été considéré à titre indicatif		Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile Nord (DSAC Nord) - Subdivision développement durable - 9 rue de Champagne - 91 200 Athis-Mons
Radars de l'aviation civile de Paris Sud Palaiseau	Non concerné	Décret du 06/12/1990		

Aérodrome de Toussus-le-Noble	PSA du 16/06/1997	PSA en cours, absence de plan indicatif	
Aérodrome militaire de Velizy-Villacoublay (base aérienne 107)	Projet de PSA de 2013 communiqué à titre indicatif	PSR de mars 1987 (obsolète) Le plan des servitudes du PLU de Versailles fait état d'un projet de servitude radioélectriques de protection contre les obstacles lié au radar Aladin de l'aérodrome	EMZD Paris IDF - DIV AFM/BSI/DAT - Base des Loges - 8, avenue du Président Kennedy - BP 40202 Saint-Germain en Laye

Rappel des types de servitudes et des contraintes associées:

- Les **servitudes de protection des signaux de communication** (PT2) réglementent l'occupation du sol temporaire et permanente dans des zones spécifiques d'émission :
 - o interdiction dans la zone primaire de créer des excavations artificielles, de créer tout ouvrage métallique fixe ou mobile, des étendues d'eau et de liquide de toute nature, ayant pour résultat de perturber le fonctionnement d'un centre de sécurité aéronautique ;
 - o limitation de la hauteur des obstacles dans les zones primaires et secondaires et dans les secteurs de dégagement. Cette limitation renvoie aux servitudes de dégagement. De fait, ce point est abordé ci-après ;
 - o interdiction dans la zone spéciale de dégagement de créer des constructions ou obstacles au-dessus d'une ligne droite située à 10 m au-dessous de celle joignant les aériens d'émission sans, cependant, que la limitation de hauteur imposée puisse être inférieure à 25 m.
- Les **servitudes aéronautiques de dégagement** (T5) entraînent deux interdictions principales :
 - o Interdiction de créer ou obligation de modifier, voire de supprimer, des obstacles fixes (permanents ou non permanents) susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne ou nuisibles au fonctionnement des dispositifs de sécurité établis dans l'intérêt de la navigation aérienne ;
 - o Interdiction de réaliser sur les bâtiments ou les autres ouvrages frappés de servitudes aéronautiques des travaux de grosses réparations ou d'amélioration exemptés du permis de construire sans autorisation de l'autorité administrative.
- Ces interdictions s'entendent sur la base du plan de servitudes de dégagement de l'aéroport, indiquant les limites maximales constructibles.
- Les **servitudes de protections contre les perturbations électromagnétiques** (PT1) posent en principe :
 - o que les perturbations incompatibles avec l'exploitation des centres de réception sont interdites ;

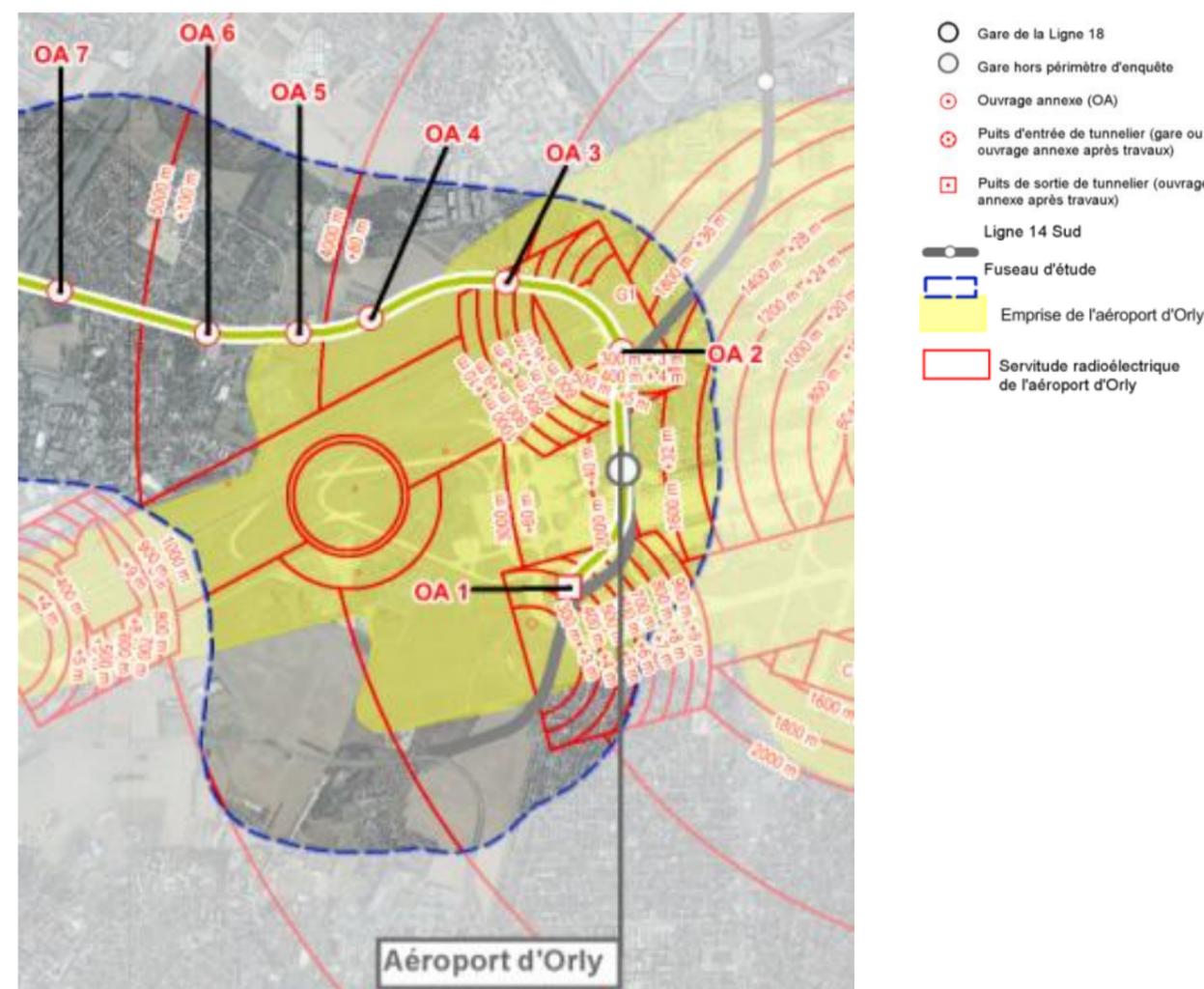
- o que certaines installations et notamment les appareils ISM (industriels, scientifiques et médicaux) susceptibles de perturber ne peuvent être établies qu'après autorisation préalable, notamment dans certaines zones de servitudes.

2.2.1. Respect des servitudes aéronautiques de l'aéroport d'Orly

Servitudes de protection des signaux de communication :

La liste des ouvrages implantés dans les zones de servitudes PT2 de l'aéroport d'Orly est donnée ci-dessous.

Localisation des ouvrages de la ligne par rapport aux servitudes radioélectriques contre les obstacles (d'après le projet de plan des servitudes de novembre 2009, aéroport d'Orly)



Identification des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux servitudes radioélectriques contre les obstacles (d'après le projet servitudes de novembre 2009, aéroport d'Orly)

Ouvrages de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Périmètre spécifique	Hauteur maximale constructible
OA1-Orly sud - Puits de sortie du tunnelier	Zone secondaire de dégagement	+5m
Gare Aéroport d'Orly	Zone secondaire de dégagement	+36m
OA2- Orly P7	Zone primaire de dégagement	+3m
OA3-OrlyTech	Zone secondaire de dégagement	+7m
OA4-Wissous Est 2	Secteur de dégagement	+75m
OA5- Wissous Est	Secteur de dégagement	+85m
OA6- Wissous Centre	Secteur de dégagement	+90m

Le projet entraîne donc la création d'un ouvrage dans une zone primaire où il est interdit de créer des excavations artificielles et des ouvrages métalliques fixes ou mobiles ayant pour résultat de perturber le fonctionnement d'un centre d'émission.

Or la construction de l'OA02 se traduira par des excavations ainsi que par la présence de matériels métalliques susceptibles de perturber le fonctionnement d'un centre.

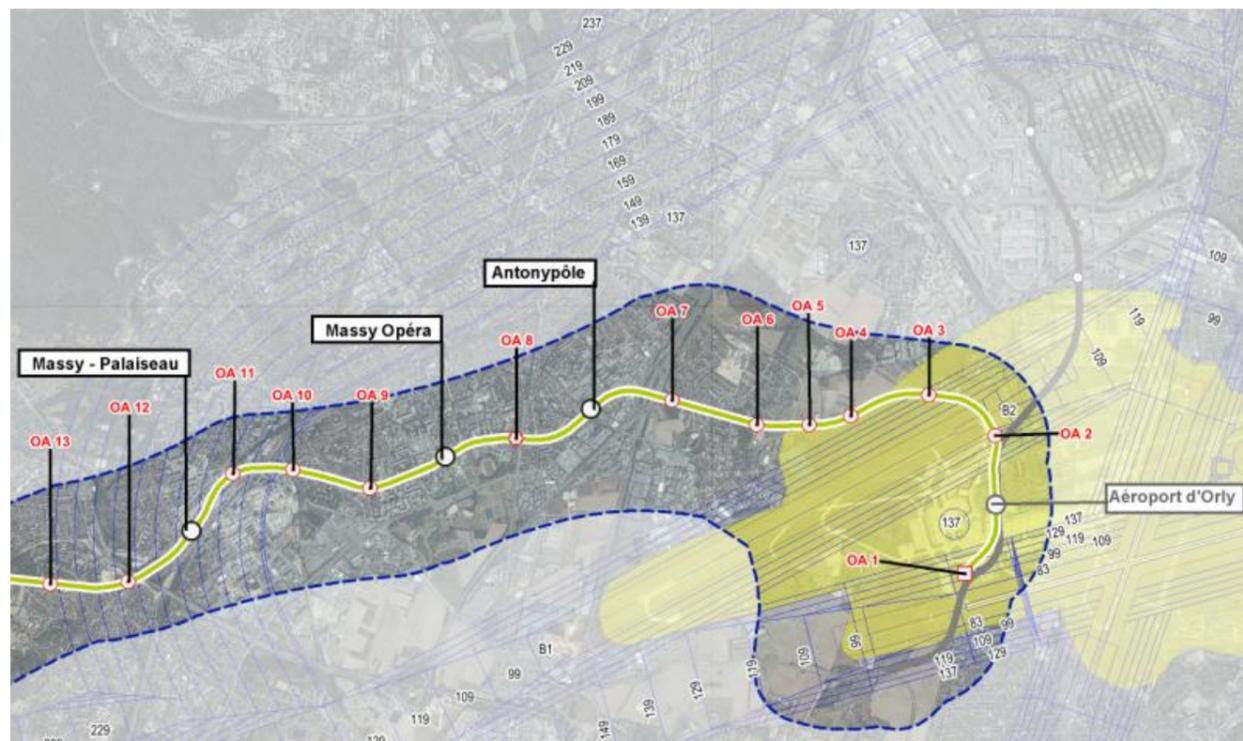
L'impact apparaît fort durant la phase chantier en raison des aménagements aériens nécessaires pour la construction des OA01, OA02 et OA03 ainsi que de la gare Aéroport d'Orly dans des zones de servitudes.

Servitudes de dégagement :

La liste des ouvrages implantés dans les zonages contraignant les hauteurs de construction est donnée ci-dessous.

Identification des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'aéroport Orly

Ouvrages de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative du terrain naturel (TN) au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (m au-dessus du TN)
OA1-Orly sud - Puits de sortie du tunnelier	99	84	15
Gare Aéroport d'Orly	137	86	51
OA2- Orly P7	99	87	12
OA3-OrlyTech	129	83	46
OA4-Wissous Est 2	137	84	53
OA5- Wissous Est	137	81	56
OA6- Wissous Centre	137	72	65
OA7- Wissous Ouest	137	80	57
Gare Antonypôle	137	84	53
OA08- Puits RN20	137	89	48
Gare Massy Opéra	137	87	50
OA09- Gilbert	137	89	48
OA10-Mairie de Massy	137	71	66
OA11- Point P	150	82	68
Gare Massy-Palaiseau	169	84	85
OA12- Pied de Plateau	205	92	113



- Section souterraine
- - - Section aérienne en viaduc
- Gare de la Ligne 18
- Gare hors périmètre d'enquête
- Ouvrage annexe (OA)
- + Puits d'entrée de tunnelier (gare ou ouvrage annexe après travaux)
- Puits de sortie de tunnelier (ouvrage annexe après travaux)
- Site de maintenance
- Ligne 14 Sud
- Fuseau d'étude
- Emprise de l'aéroport d'Orly
- Servitude aéronautique de l'aéroport d'Orly

Localisation des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'aéroport Orly

Ouvrages OA1 et OA2

L'OA01 s'inscrit dans une zone où les constructions ne doivent pas être supérieures à 15 m au-dessus du TN.

L'OA02 s'inscrit dans une zone où les constructions ne doivent pas être supérieures à 12 m au-dessus du TN.

Or, la réalisation des parois moulées de l'ouvrage annexe OA01 également puits de sortie du tunnelier nécessitera l'utilisation de machines (12 à 18 m pour des bennes « classiques » à câble). Des machines « compactes » qui permettent de travailler dans des espaces confinés (i.e. tunnels) ou à hauteur limitée (6-7m) pourraient ainsi être envisagées, au détriment du coût de l'ouvrage ; la machine compacte a un prix plus important par rapport à un système classique car elle demande une adaptation du procédé de construction spécifique (i.e. réduction de la longueur des cages d'armatures et des panneaux) ainsi qu'un ralentissement sur le planning de réalisation.

Dans le cas où, malgré l'utilisation de machines adéquates, les limites imposées par les servitudes aéronautiques ne pourraient pas respectées, un phasage de construction spécifique pourrait ainsi être envisagé (i.e. fouille de 5-6m de profondeur minimale, préalable à la réalisation des parois moulées, réalisée avec un simple talutage ou à l'aide d'un soutènement préalable type paroi berlinoise, sur toute la surface de l'ouvrage).

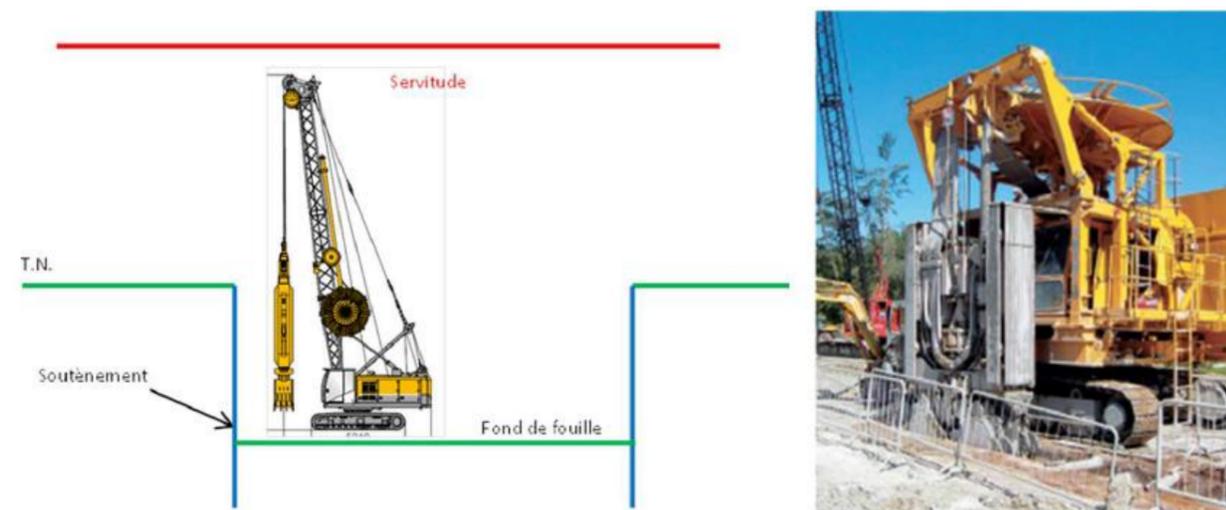


Schéma de réalisation des parois moulées avec fouille préalable et machine pour parois moulées type compacte (BAUER)

Autres ouvrages

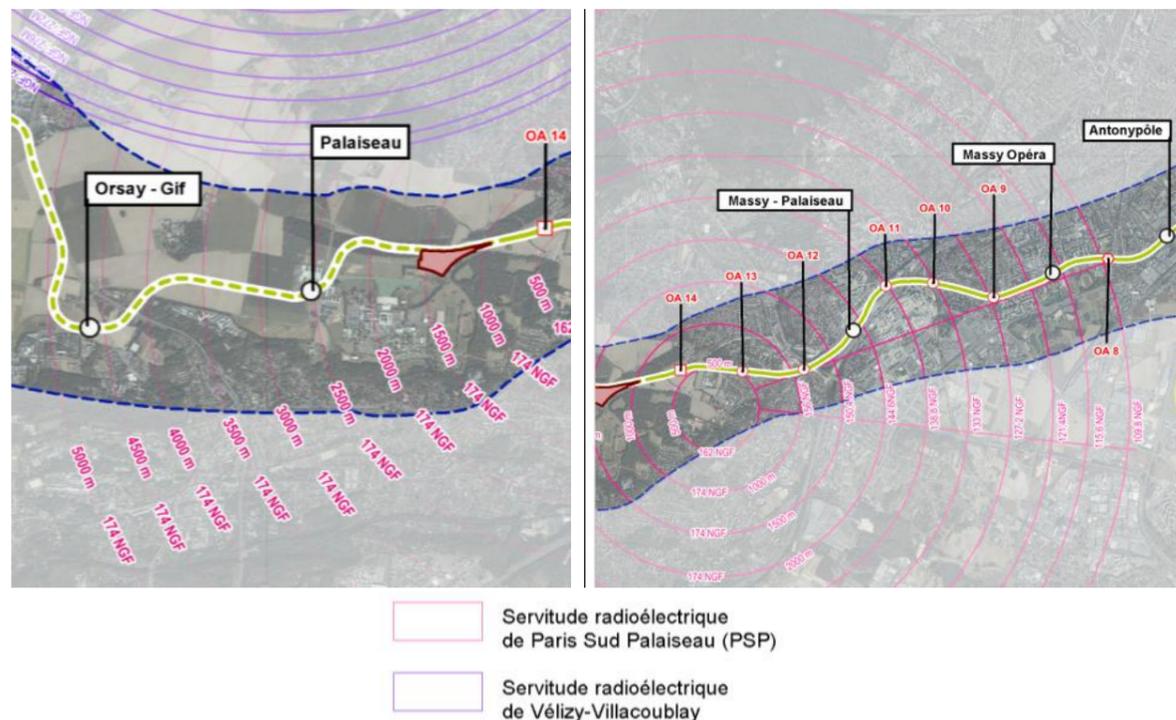
Les autres ouvrages de la Ligne 18 sont positionnés dans des zones où les hauteurs maximales de constructions sont importantes alors que ces derniers présenteront un gabarit de quelques mètres à une dizaine de mètres de hauteur.

L'impact de la mise en œuvre des ouvrages de la ligne compris dans la zone aéronautique de dégagement d'Orly est nul sur cette servitude.

Le projet est compatible avec la servitude aéronautique de dégagement d'Orly.

2.2.2. Respect des servitudes radioélectriques du radar de Paris Sud Palaiseau

La carte et la liste des ouvrages implantés dans les zones de servitudes radioélectriques du radar Paris Sud Palaiseau (PSP) sont données ci-dessous.



Localisation des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement des obstacles de toute nature par rapport au radar Paris-Sud-Palaiseau

Identification des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement des obstacles de toute nature par rapport au radar Paris-Sud-Palaiseau

Ouvrages de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Périmètre spécifique	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative du terrain naturel (TN) au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (m au-dessus du TN)
Gare Massy Opéra	Secteur de dégagement 2B	174	87	87
OA09	Secteur de dégagement 2B	174	89	85
OA10	Secteur de dégagement 2B	174	71	103
OA11	Secteur de dégagement 2B	174	82	92
Gare Massy-Palaiseau	Secteur de dégagement 2B	174	84	90
OA12	Secteur de dégagement 2B	174	92	82
OA13	Secteur de dégagement 2B	162	140	22
OA14	Secteur de dégagement 2B	162	144	18
Viaduc	Secteur de dégagement 2B	174	Entre 157 et 165	Entre 17 et 9
Gare Palaiseau	Secteur de dégagement 2B	174	157	17
Gare d'Orsay-Gif	Secteur de dégagement 2B	174	154	20

Les ouvrages OA13, OA14, les gares de Palaiseau et d'Orsay-Gif se trouvent à un vingtaine de mètres seulement sous les hauteurs limites des servitudes liés au radar de PSP.

Afin d'être compatible avec les servitudes radioélectriques contre les obstacles, les équipements de la Ligne 18 ne devront donc pas dépasser les hauteurs maximales dans ces zones, particulièrement en phase chantier.

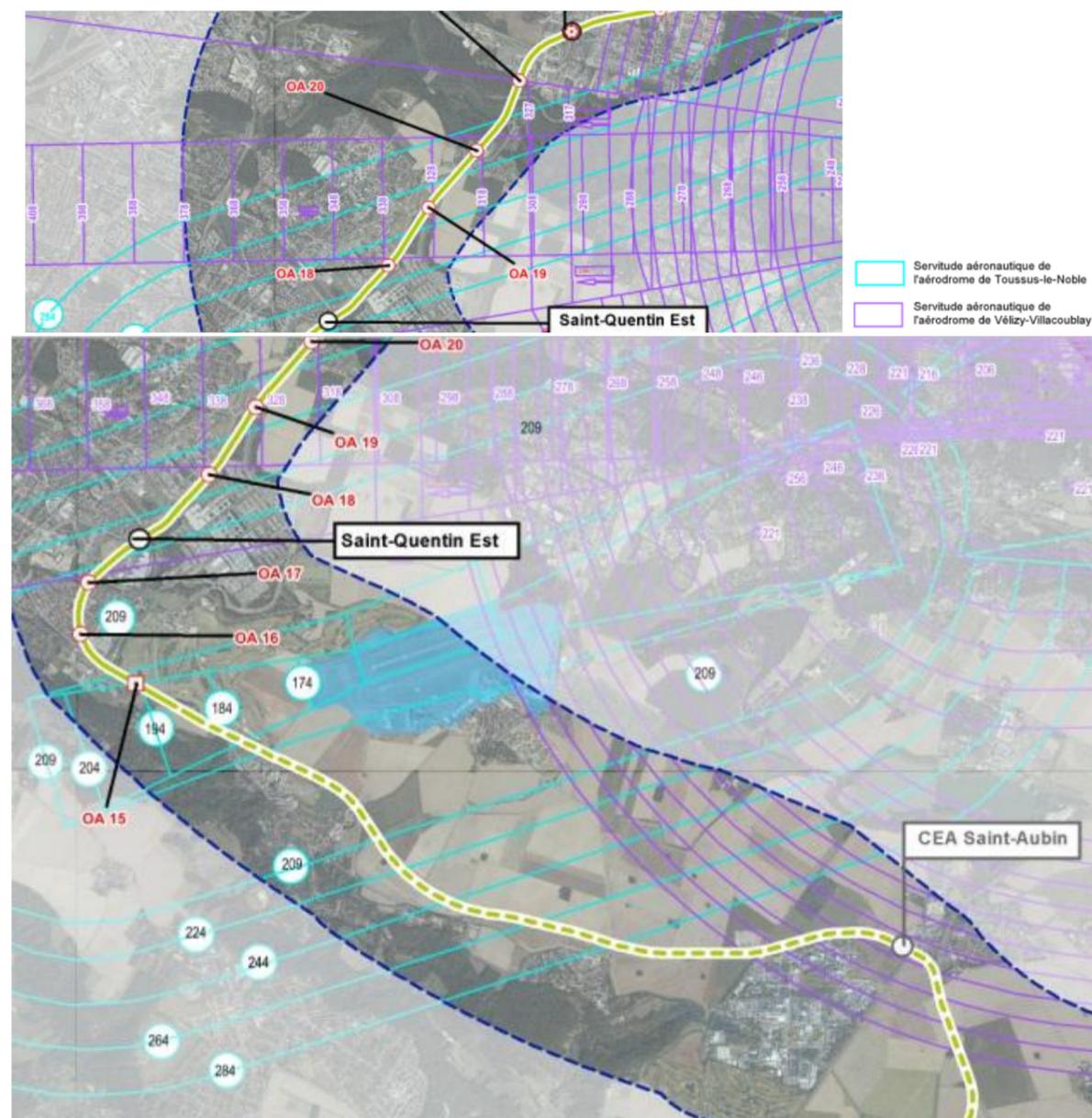
2.2.3. Respect des servitudes aéronautiques de l'aérodrome de Toussus-le Noble

Servitudes aéronautiques de dégagement (T5) :

La liste des ouvrages implantés dans les zonages contraignant les hauteurs de construction est donnée ci-dessous.

Identification des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'aérodrome de Toussus-le-Noble

Ouvrages de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative du terrain naturel (TN) au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (m au-dessus du TN)
Viaduc	284 (partie est) à 180 (partie ouest)	159 (partie est) à 162 (partie ouest)	125 (partie est) à 18 (partie ouest)
OA15	194	165	29
OA16	209	168	41
OA17	209	164	45
Gare Saint Quentin Est	215	166	49
OA18	234	163	71
OA19	254	161	93
OA20	274	159	115



Localisation des ouvrages aériens de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'aérodrome de Toussus-le-Noble

Le viaduc et plusieurs ouvrages de la Ligne 18 s'implantent dans les zones de servitudes PT1, PT2 et T5 associées à l'aérodrome.

Le projet est compatible avec les servitudes relatives aux transmissions radioélectriques et aux servitudes de dégagement de l'aérodrome de Toussus-le-Noble.

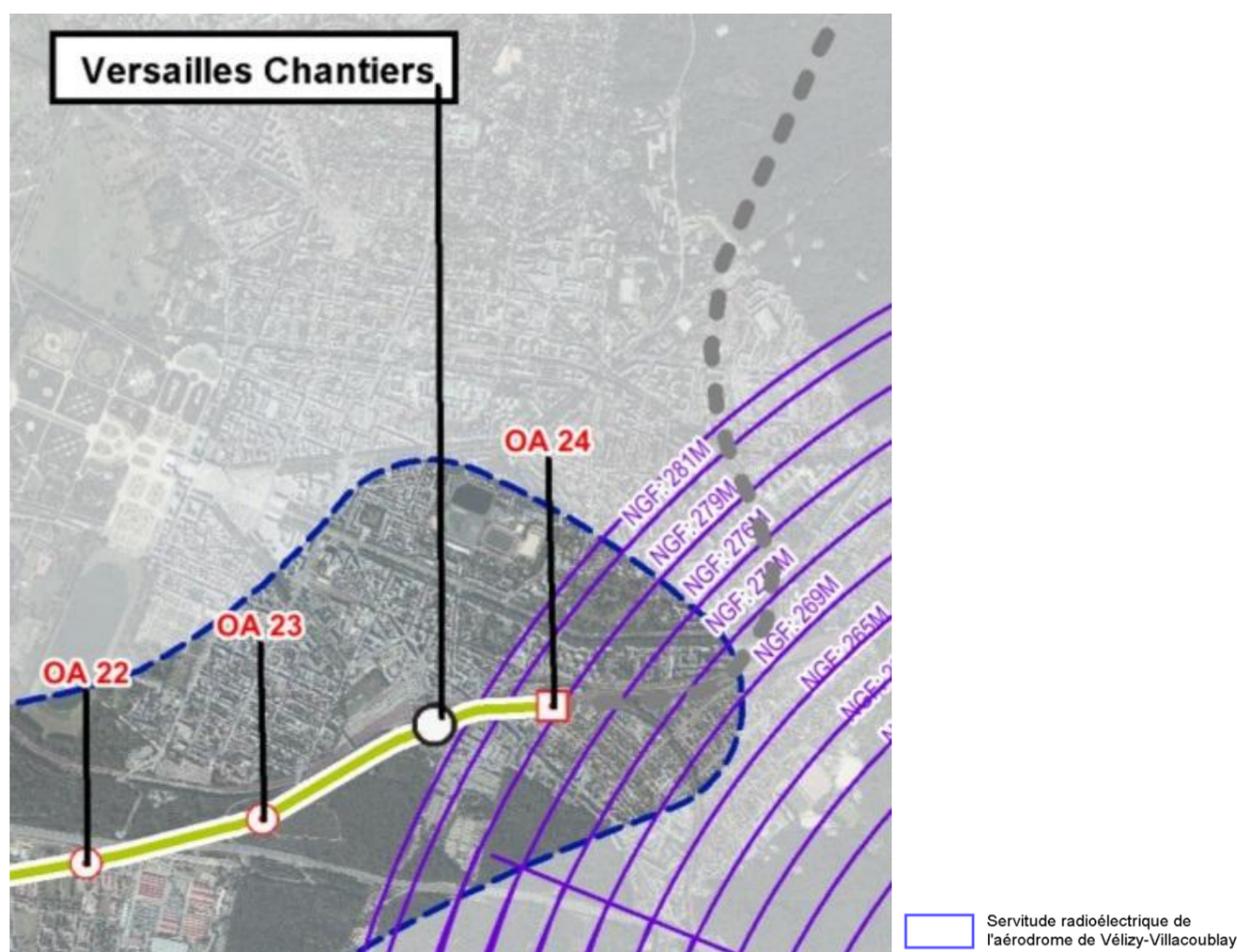
2.2.4. Respect des servitudes aéronautiques de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay

Servitudes relatives aux transmissions radioélectriques

Le tunnel ni aucun ouvrage de la Ligne 18 ne s'implantent dans les zonages des centres émetteurs de signaux.

Le plan des servitudes (document de travail) fait état de servitudes radioélectriques au droit de l'OA24 de la Ligne 18.

Localisation des ouvrages émergents de la Ligne 18 par rapport au projet de servitudes radioélectriques de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay



Identification des ouvrages émergents de la Ligne 18 par rapport au projet de servitudes radioélectriques de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay

Ouvrage de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative du terrain naturel (TN) au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (m au-dessus du TN)
OA24	279	127	152

La hauteur de la surface de servitude au niveau de l'OA24 est importante et n'a pas d'incidence sur le projet.

Le tunnel ni aucun ouvrage de la Ligne 18 ne s'implantent dans les zonages des centres émetteurs de signaux.

Le projet de la Ligne 18 est compatible avec le projet de plan des servitudes relatives aux transmissions radioélectriques de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay.

Servitudes aéronautiques de dégagement (T5) :

La portion de la Ligne 18 comprise de l'OA17 à l'OA24 (section souterraine) est soumise aux servitudes de dégagement de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay. De plus, le viaduc aux environs de la gare CEA Saint-Aubin est soumis aux servitudes de dégagement de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay. A proximité de l'OA14, le viaduc est proche mais hors zone de servitudes aériennes.

Identification des ouvrages émergents de la ligne par rapport aux zones de dégagement de l'aérodrome de Villacoublay

Ouvrages de la Ligne 18 inclus dans un périmètre spécifique	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative du terrain naturel (TN) au droit de l'ouvrage (mNGF)	Hauteur approximative maximale des obstacles au droit de l'ouvrage (m au-dessus du TN)
Viaduc à proximité de la gare du CEA Saint Aubin	282	157	125
Gare Saint-Quentin Est	348	166	184
OA18	338	163	175
OA19	328	161	167
OA20	318	159	159
OA21	327	160	167
Gare Satory	Non concerné	-	-
OA22	300	180	120
OA23	265	175	90
Gare Versailles chantier	242	137	105
OA24	222	127	95

Etude d'impact / Pièce G.2 : Analyse des impacts et présentation des mesures

Les ouvrages de la Ligne 18 sont positionnés dans des zones où les hauteurs maximales de constructions sont importantes (plus de 90 mètres) alors que ces dernières présenteront un gabarit de quelques mètres à une dizaine de mètres de hauteur dans le cadre de la Ligne 18.

Les hauteurs des ouvrages de la Ligne 18 sont donc compatibles avec les servitudes de dégagement de l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay.

3. Articulation du projet avec le SDAGE et les SAGE

3.1. SDAGE Seine-Normandie

La Ligne 18 s'inscrit dans le périmètre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands. Il s'agit d'un document de planification qui fixe pour une durée de 6 ans les orientations de travail et les dispositions à prendre pour assurer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.

Le SDAGE prend en compte les évolutions réglementaires liées à la Directive Cadre sur l'eau (2000/60/CE du 23 octobre 2000). Le premier cycle de gestion du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands est en vigueur depuis le 1er janvier 2010 et jusqu'au 31 décembre 2015.

3.1.1. Analyse de la compatibilité avec le SDAGE 2010-2015

- **Rappels des défis du SDAGE 2010-2015**

Il comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau. Les 8 défis généraux sont les suivants :

- 1) Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ;
- 2) Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques ;
- 3) Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ;
- 4) Réduire les pollutions microbiologiques des milieux ;
- 5) Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- 6) Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides ;
- 7) Gérer la rareté de la ressource en eau ;
- 8) Limiter et prévenir le risque inondation.

• **Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE 2010 - 2015**

Orientation fondamentale du SDAGE	Disposition du SDAGE	Mesures prises dans le cadre du projet
<p>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).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition 7</u> : Réduire les volumes collectés et déversés sans traitement par temps de pluie. - <u>Disposition 8</u> : Privilégier les mesures alternatives et le recyclage des eaux pluviales. 	<p><u>Phase travaux</u> Afin de répondre aux dispositions du SDAGE concernant cette thématique, le stockage des eaux pluviales, leur infiltration lorsque le sol le permet, ou leur recyclage seront privilégiés. L’assainissement provisoire du chantier permettra aux eaux de ruissellement d’être collectées par des fossés et de décanter. Ce procédé limitera la diffusion des matières en suspension vers les milieux récepteurs et de gérer une éventuelle pollution accidentelle.</p> <p><u>Phase exploitation</u> La construction d’un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et de ruissellement des hydrocarbures et des matières en suspension. D’autre part, les dispositifs d’assainissement permanents autour des tronçons aériens de la ligne et des nouvelles émergences permettront une gestion maîtrisée des ruissellements induits par le projet.</p>
<p>Orientation 6 – Identifier les sources et parts respectives des émetteurs, et améliorer la connaissance des substances dangereuses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition 21</u> : identifier les principaux émetteurs de substances dangereuses concernés. 	<p><u>Phase travaux</u> Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d’éviter et de réduire les éventuels effets d’une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d’entretien des engins, kits d’intervention d’urgence, ...).</p>
<p>Orientation 8 - Promouvoir les actions à la source de réduction ou de suppression des rejets de substances dangereuses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition 26</u> : Responsabiliser les utilisateurs de substances dangereuses (activités économiques, agriculture, collectivités, associations, groupements et particuliers, ...). - <u>Disposition 27</u> : Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de substances dangereuses par les acteurs économiques. 	<p><u>Phase exploitation</u> De même que pour l’orientation n°2, la construction d’un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des hydrocarbures et des MES.</p>
<p>Orientation 15 – Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition 46</u> : Limiter l’impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides. - <u>Disposition 56</u> : Préserver les espaces à haute valeur patrimoniale et environnementale. 	<p><u>Phase travaux</u> Le projet et les choix de conception s’accordent avec la disposition 46 ; cette dernière préconise de prendre en compte les impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et notamment sur les caractéristiques de zones humides présentes, pendant et après travaux. Elle implique la prise en compte de l’ensemble des effets du projet et l’évaluation des effets cumulés, ce qui a été réalisé. De manière à être en accord avec l’orientation 19, les prélèvements prévus dans les nappes sous-jacentes aux zones humides reconnues doivent être limités. Pour cela, des prescriptions adaptées seront proposées, ainsi que des mesures compensatoires, permettant de conserver le caractère « humide » des zones concernées (études post-DUP et dossier « Loi sur L’Eau »).</p>
<p>Orientation 19 – Mettre fin à la disparition, la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition 84</u> : Préserver la fonctionnalité des zones humides. - <u>Disposition 85</u> : Limiter et justifier les prélèvements dans les nappes sous-jacentes à une zone humide. 	<p>Enfin le principe de transparence hydraulique préconisé permettra de restituer les ruissellements et écoulements au plus près de leur cheminement et fonctionnement initiaux.</p> <p><u>Phase exploitation</u> Les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d’eau ont été pris en compte et seront encore affinés dans les phases ultérieures de conception. Le principe de transparence hydraulique de l’infrastructure sera mis en œuvre afin de ne pas modifier significativement les modalités et fonctionnalités du réseau hydrographique et des milieux associés.</p>

Orientation fondamentale du SDAGE	Disposition du SDAGE	Mesures prises dans le cadre du projet
<p>Orientation 23 - Anticiper et prévenir les surexploitations globales ou locales des ressources en eau souterraine.</p>	<p>- <u>Disposition 111</u> : Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau et des milieux aquatiques associés.</p>	<p><u>Phase travaux</u> En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans les Dossier « Loi sur l'Eau » sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. Ils devront être respectés.</p>
<p>Orientation 24 – Assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraines.</p>	<p>- <u>Disposition 112</u> : Modalités de gestion pour la masse d'eau souterraine 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF.</p>	<p>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.</p>
<p>Orientation 28 - Inciter au bon usage de l'eau.</p>	<p>- <u>Disposition 130</u> : Maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux.</p>	<p>La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes. La gestion des rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.</p> <p><u>Phase exploitation</u> En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'approvisionnement énergétique des stations par exemple. Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.</p>
<p>Orientation 33 - Limiter le ruissellement en zones urbaines et en zones rurales pour réduire les risques d'inondation.</p>	<p>- <u>Disposition 145</u> : maîtriser l'imperméabilisation et les débits de fuite en zones urbaines pour limiter le risque d'inondation à l'aval.</p> <p>- <u>Disposition 146</u> : privilégier, dans les projets neufs ou de renouvellement, les techniques de gestion des eaux pluviales à la parcelle limitant le débit de ruissellement.</p>	<p><u>Phase travaux</u> La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'Eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE et des doctrines locales, notamment sur le plateau de Saclay. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers « Loi sur l'Eau »). Quoi qu'il en soit, la gestion des eaux pluviales sera prise en compte dès la phase chantier afin de limiter les rejets non contrôlés, donc le ruissellement.</p> <p><u>Phase exploitation</u> La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les études hydrauliques nécessaires pour établir le ou les dossiers « Loi sur l'Eau » préciseront les modalités exactes de gestion.</p>

Au regard de cette analyse, **le projet de Ligne 18 est compatible avec le SDAGE en vigueur.**

Toutefois, le projet fera l'objet d'un dossier « Loi sur l'Eau » au titre de plusieurs rubriques. La compatibilité du projet avec le SDAGE en vigueur sera précisée lors de ces études post-DUP.

3.1.2. Analyse de la compatibilité du projet avec le projet de SDAGE 2016 - 2021

Pour le second cycle de gestion du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands, le SDAGE doit faire l'objet d'une révision. Le projet de SDAGE 2016-2021 constitue le plan de gestion révisé mis en consultation du public et des assemblées en fin d'année 2014. L'analyse de la compatibilité du projet de SDAGE avec la Ligne 18 a été réalisée dans les paragraphes suivants.

- **Rappels des défis du SDAGE**

Il comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau. Les 8 défis généraux sont les suivants :

- 1) Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques;
- 2) Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques;
- 3) Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les micropolluants ;
- 4) Protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- 5) Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- 6) Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides ;
- 7) Gérer la rareté de la ressource en eau ;
- 8) Limiter et prévenir le risque d'inondation.

Les objectifs susceptibles d'être concernés par le projet en phases travaux et exploitation sont soulignés ci-dessus.

• **Analyse de la compatibilité du projet avec le projet de SDAGE 2016 – 2021**

Orientation fondamentale du SDAGE	- Disposition du SDAGE	Mesures prises dans le cadre du projet
<p>Orientation 2 – Maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbain.</p>	<p>- <u>Disposition D1.9</u> : Réduire les volumes collectés par temps de pluie.</p> <p>- <u>Disposition D1.11</u> : Prévoir, en absence de solution alternative, le traitement des rejets urbains de temps de pluie dégradant la qualité du milieu récepteur.</p>	<p><u>Phase travaux</u> Afin de répondre aux dispositions du SDAGE concernant cette thématique, le stockage des eaux pluviales aura lieu au plus près des lieux de précipitation, leur infiltration lorsque le sol le permet, ou leur recyclage seront privilégiés. L'assainissement provisoire du chantier permettra aux eaux de ruissellement d'être collectées par des fossés et de décanter. Ce procédé limitera la diffusion des matières en suspension vers les milieux récepteurs et de gérer une éventuelle pollution accidentelle.</p> <p><u>Phase exploitation</u> La construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et de ruissellement des hydrocarbures et des matières en suspension. D'autre part, les dispositifs d'assainissement permanents autour des tronçons aériens de la ligne et des nouvelles émergences permettront une gestion maîtrisée des ruissellements induits par le projet.</p>
<p>Orientation 6 : Identifier les sources et parts respectives des émetteurs et améliorer la connaissance des micropolluants.</p>	<p>- <u>Disposition D3.23</u> : Améliorer la connaissance des pollutions par les micropolluants pour orienter les actions à mettre en place.</p>	<p><u>Phase travaux</u> Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d'éviter et de réduire les éventuels effets d'une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d'entretien des engins, kits d'intervention d'urgence, ...).</p> <p><u>Phase exploitation</u> De même que pour l'orientation n°2, la construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des MES et (micro)polluants associés.</p>
<p>Orientation 8 : Promouvoir les actions à la source de réduction ou suppression des rejets de micropolluants.</p>	<p>- <u>Disposition D3.27</u> : Responsabiliser les utilisateurs de micropolluants (activités économiques, unions professionnelles, agriculteurs, collectivités, associations, groupements et particuliers...).</p> <p>- <u>Disposition D3.28</u> : Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de micropolluants par les acteurs économiques.</p>	<p><u>Phase travaux</u> Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d'éviter et de réduire les éventuels effets d'une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d'entretien des engins, kits d'intervention d'urgence, ...).</p> <p><u>Phase exploitation</u> De même que pour l'orientation n°2, la construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des MES et (micro)polluants associés.</p>

Orientation fondamentale du SDAGE	- Disposition du SDAGE	Mesures prises dans le cadre du projet
<p>Orientation 18 : Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité.</p>	<p>- <u>Disposition D6.60</u> : Eviter, réduire, compenser les impacts des projets sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides.</p> <p>- <u>Disposition D6.61</u> : Entretien des milieux aquatiques et humides de façon à favoriser leurs fonctionnalités, préserver leurs habitats et leur biodiversité.</p> <p>- <u>Disposition D6.66</u> : Préserver les espaces à haute valeur patrimoniale et environnementales.</p>	<p><u>Phase travaux</u> Le projet et les choix de conception s'accordent avec les dispositions D6.60 et D6.61 ; ces dernières préconisent de prendre en compte les impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et notamment sur les caractéristiques de zones humides présentes, pendant et après travaux. Elles impliquent la prise en compte, dès la phase conception, des zones humides et des moyens pour éviter, réduire, voire compenser les incidences du projet et de ceux environnants. Ces éléments sont pris en compte à ce stade et seront précisés dans le cadre des études techniques et réglementaires post-DUP.</p> <p>De manière à être en accord avec l'orientation 22, les prélèvements prévus dans les nappes sous-jacentes aux zones humides reconnues doivent être limités.</p> <p>Pour cela, des prescriptions adaptées seront proposées, ainsi que des mesures compensatoires, permettant de conserver le caractère « humide » des zones concernées (études post-DUP et dossier « Loi sur L'Eau »).</p> <p>Enfin, le projet n'a aucune incidence sur le réseau hydrographique superficiel puisqu'il ne l'intercepte en aucun point.</p> <p><u>Phase exploitation</u> Les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d'eau ont été étudiés ; ils s'avèrent être nuls en phase travaux ainsi qu'en phase exploitation.</p>
<p>Orientation 22 : Mettre fin à la disparition et à la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.</p>	<p>- <u>Disposition D6.87</u> : Préserver la fonctionnalité des zones humides.</p> <p>- <u>Disposition D6.88</u> : Limiter et justifier les prélèvements dans les nappes et cours d'eau alimentant une zone humide.</p>	<p><u>Phase travaux</u> En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans le Dossier « Loi sur L'Eau » sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. Ils devront être respectés.</p> <p>En ce qui concerne cette thématique, la disposition D7.136 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.</p> <p>La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.</p> <p>La gestion des rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.</p> <p><u>Phase exploitation</u> En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'alimentation énergétique des stations par exemple.</p> <p>Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.</p>
<p>Orientation 26 : Anticiper et prévenir les déséquilibres globaux ou locaux des ressources en eau souterraine.</p>	<p>- <u>Disposition D7.111</u> : Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau et des milieux aquatiques associés.</p>	<p><u>Phase travaux</u> En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans le Dossier « Loi sur L'Eau » sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. Ils devront être respectés.</p> <p>En ce qui concerne cette thématique, la disposition D7.136 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.</p> <p>La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.</p> <p>La gestion des rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.</p> <p><u>Phase exploitation</u> En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'alimentation énergétique des stations par exemple.</p> <p>Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.</p>
<p>Orientation 27 : Assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraines.</p>	<p>- <u>Disposition D7.114</u> : Modalités de gestion pour la masse d'eau souterraine 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF.</p>	<p><u>Phase travaux</u> En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans le Dossier « Loi sur L'Eau » sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. Ils devront être respectés.</p> <p>En ce qui concerne cette thématique, la disposition D7.136 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.</p> <p>La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.</p> <p>La gestion des rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.</p> <p><u>Phase exploitation</u> En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'alimentation énergétique des stations par exemple.</p> <p>Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.</p>
<p>Orientation 31 : Prévoir une gestion durable de la ressource en eau.</p>	<p>- <u>Disposition D7.136</u> : Maîtriser les impacts des sondages et des forages sur les milieux.</p>	<p><u>Phase travaux</u> En cas de rabattements de nappe nécessaires pour certains travaux (même si rabattement faible via un assèchement du fond de fouille), les débits seront indiqués dans le Dossier « Loi sur L'Eau » sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées. Ils devront être respectés.</p> <p>En ce qui concerne cette thématique, la disposition D7.136 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.</p> <p>La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.</p> <p>La gestion des rabattements de nappes futurs est incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de rabattement de nappe avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts. Cela passera également par la mise en œuvre de dispositifs limitant géographiquement le cône de rabattement, comme l'utilisation de la technique de parois moulées par exemple.</p> <p><u>Phase exploitation</u> En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'alimentation énergétique des stations par exemple.</p> <p>Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.</p>

Orientation fondamentale du SDAGE	- Disposition du SDAGE	Mesures prises dans le cadre du projet
<p>Orientation 34 : Ralentir le ruissellement pluvial sur les zones aménagées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Disposition D8.142</u> : Ralentir l'écoulement des eaux pluviales dans la conception des projets (2.D.3 du PGRI). - <u>Disposition D8.143</u> : Prévenir la genèse des inondations par une gestion des eaux pluviales adaptée (2.B.2 PGRI). 	<p><u>Phase travaux</u> La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'Eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE et des doctrines locales, notamment au droit du plateau de Saclay. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers « Loi sur l'Eau »). Quoi qu'il en soit, la gestion des eaux pluviales sera prise en compte dès la phase chantier afin de limiter les rejets non contrôlés, donc le ruissellement.</p> <p><u>Phase exploitation</u> La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les études hydrauliques nécessaires pour établir le ou les dossiers Loi sur l'Eau préciseront les modalités exactes de gestion.</p>

Au regard de cette analyse, **le projet de Ligne 18 est compatible avec le projet de SDAGE 2016-2021.**

Toutefois, le projet fera l'objet d'un dossier « Loi sur l'Eau » au titre de plusieurs rubriques. La compatibilité du projet avec le projet de SDAGE sera précisée lors de ces études post-DUP.

3.2. SAGE Bièvre

3.2.1. Rappel des ambitions et orientations du SAGE Bièvre

La CLE (Commission Locale de l'Eau) a validé le diagnostic en juin 2011. La stratégie a été adoptée le 20 septembre 2013. La rédaction des documents constitutifs du SAGE est en cours.

Les deux ambitions phares du SAGE de la Bièvre sont :

- La mise en valeur de l'amont (Bièvre « ouverte » de sa source à Antony) ;
- La réouverture sur certains tronçons de la Bièvre couverte, d'Antony à Paris.

Les cinq grandes orientations pour le SAGE définies à l'issue de la réflexion menée sur la définition du périmètre en 2007, approfondie dans le porté à connaissance des services de l'État puis confirmé par l'état des lieux approuvé en 2010 sont les suivantes :

- L'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie ;
- La maîtrise des ruissellements urbains et la gestion des inondations ;
- Le maintien d'écoulements satisfaisants dans la rivière ;
- La reconquête des milieux naturels ;
- La mise en valeur de la rivière et de ses rives pour l'intégrer dans la Ville.

3.2.2. Analyse de la compatibilité

- Phase travaux

Les travaux suivront 2 grandes orientations vis-à-vis de la gestion des eaux et du ruissellement :

- o La notion de transparence hydraulique des emprises chantier afin de ne pas modifier les modalités de ruissellement et écoulement du réseau hydrographique et des bassins versants associés ;
- o Aucun rejet direct au milieu naturel des eaux de ruissellement issues des aires de chantier et de l'infrastructure en cours de construction. Ceci afin de maîtriser quantitativement et qualitativement tout rejet, en conformité notamment avec les exigences de dimensionnement disponibles sur le plateau de Saclay particulièrement concerné.

La réglementation actuellement en vigueur (Loi sur l'eau) oblige le Maître d'ouvrage à prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux objectifs du SDAGE, du SAGE et des doctrines locales. Cette conformité devra être prouvée dans les études réglementaires (dossiers « Loi sur l'Eau »).

- Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-avant. Les études hydrauliques nécessaires pour établir le ou les dossiers « Loi sur l'eau » préciseront les modalités exactes de gestion.

Par une gestion maîtrisée des écoulements pluviaux, le projet sera à même de garantir des rejets régulés au milieu récepteur (le sol) dont les charges polluantes seront réduites et en corrélation avec les prescriptions locales.

3.3. SAGE Orge-Yvette

3.3.1. Rappel des enjeux et objectifs du SAGE Orge-Yvette

Les grands enjeux et objectifs du SAGE Orge-Yvette révisé et approuvé par arrêté préfectoral du 2 juillet 2014 sont les suivants :

- L'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie (respecter le bon état chimique des eaux) ;
- La fonctionnalité des milieux aquatiques : la non dégradation de l'existant, restaurer les fonds de vallées, milieux humides et l'atteinte du bon état ou bon potentiel écologique ;
- La gestion quantitative par la réduction de la vulnérabilité en lit majeur et la réduction du risque inondation lié aux eaux pluviales ;
- Sécuriser l'alimentation en eau potable.

3.3.2. Analyse de la compatibilité

Les principaux objectifs du SAGE Orge-Yvette sont en phase avec ceux du SAGE Bièvre, avec toutefois une attention particulière liée aux fonctionnalités des milieux aquatiques et zones humides.

Le même constat peut-être réalisé que dans le cadre du SAGE Bièvre : aussi bien en phase travaux qu'en phase exploitation, les préconisations émises à ce stade concernant la transparence hydraulique d'une part et la gestion régulée des eaux de ruissellement avant tout rejet d'autre part permettront de s'accorder avec les objectifs du SAGE Orge-Yvette.

Les études techniques complémentaires qui seront réalisées ainsi que les études réglementaires post-DUP permettront toutefois de préciser ces éléments.

3.4. SAGE Mauldre

3.4.1. Rappel des enjeux et objectifs du SAGE Mauldre

Le SAGE de la Mauldre a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 4 janvier 2001 et sa révision entamée en 2011. Le SAGE révisé n'est pas approuvé au jour de la rédaction de la présente étude d'impact (enquête publique menée en début d'année 2015), toutefois les principaux enjeux et objectifs du projet de SAGE sont les suivants :

- restauration de la morphologie et de la continuité écologique des cours d'eau;
- préservation et restauration des zones humides et mares ;
- efforts à poursuivre pour la fiabilisation des stations d'épuration et des réseaux et branchements d'eaux usées ;
- préservation de la ressource en eau souterraine : amélioration de la connaissance ;
- lutte contre les inondations et notamment par le ruissellement urbain ;
- gestion quantitative des masses d'eau : respect du débit minimum biologique des cours d'eau ;
- valoriser le patrimoine et les usages liés à l'eau.

3.4.2. Analyse de la compatibilité

Les préconisations émises à ce stade d'avancement du projet ont pour objectifs, autant en phase travaux qu'en phase exploitation :

- de proposer un aménagement transparent vis-à-vis des écoulements superficiels ;
- de réguler les eaux de ruissellement générées par le projet en accord avec les doctrines de gestion locales sur les différents bassins versants ;
- d'intégrer dans les études de conception les dispositions constructives idoines pour éviter, réduire voire compenser les impacts résiduels sur l'eau et les milieux aquatiques associés.

Les études techniques complémentaires qui seront réalisées ainsi que les études réglementaires post-DUP permettront toutefois de préciser ces éléments.

4. Articulation du projet avec Plan Régional de Prévention et de gestion des Déchets de Chantier (PREDEC)

4.1. Eléments pertinents du PREDEC pour évaluer la compatibilité

L'article 202 de la loi Grenelle 2, « portant engagement national pour l'environnement », a rendu obligatoire la mise en application de plans de gestion des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics. Il en a attribué la compétence au Conseil régional pour l'Île-de-France et aux Conseils généraux pour le reste du territoire.

Le Plan Régional de prévention et de gestion des Déchets de Chantiers du bâtiment et des travaux publics (PREDEC), poursuit trois objectifs :

- 1) Prévenir la production des déchets de chantier,
- 2) Assurer le rééquilibrage territorial et développer le maillage des installations,
- 3) Réduire l'empreinte écologique de la gestion des déchets de chantiers.

Les données sont issues du projet de PREDEC datant du 5 juillet 2013.

4.2. Analyse de la compatibilité

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

De fait, ce schéma est compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

5. Articulation du projet avec les autres plans, schémas et programme

5.1.1. Projet de PDUIF

Le projet de Plan de déplacements urbains d'Ile-de-France, finalisé par le STIF en février 2011 et arrêté par le Conseil régional d'Ile-de-France en février 2012, a finalement été définitivement approuvé par ce dernier en juin 2014.

Ce plan, qui a pour objectif d'atteindre un équilibre entre la mobilité des personnes et des biens, la qualité de vie et l'impact sur l'environnement, recense neuf défis principaux développés en 34 actions opérationnelles.

Ces défis et actions sont repris dans le tableau suivant, en évaluant la compatibilité correspondante du Grand Paris Express. Seules les actions en lien avec le projet de la Ligne 18 ont été retenues.

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défi 1 : Construire une ville plus favorable aux déplacements à pied, à vélo et en transports collectifs	1.1 Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture	L'offre apportée par le projet générera du report modal vers les transports publics et une moindre utilisation de la voiture particulière. La densification autour des gares du projet rendra la ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture.
Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs	2.1 Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant	Le projet permettra de désengorger les lignes ferrées radiales et améliorera ainsi leurs performances.
	2.2 Un métro modernisé et étendu	Le projet participera directement à l'extension du réseau de métro.
	2.3 Tramway et T Zen : une offre de transport structurante	Le projet sera connecté aux lignes de tramway et de Bus à Haut Niveau de Service existantes et futures.
	2.4 Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé	Le projet sera déclencheur de la réorganisation des réseaux de surfaces en correspondance avec les nouvelles gares.
	2.5 Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité	Les gares du projet ont vocation à devenir des pôles multimodaux interconnectés.
	2.6 Améliorer l'information des voyageurs dans les transports collectifs	Des informations sur le trajet seront données aux voyageurs tout au long du voyage.
Défis 3 et 4 : Redonner à la marche de l'importance dans la chaîne de déplacement et donner un nouveau souffle à la pratique du vélo	4.2 Favoriser le stationnement des vélos	Les gares du projet seront de véritables pôles multimodaux, où la pratique du vélo sera promue : espaces de stationnement, vélos en libre-service etc.

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaîne de déplacement	6.2 Rendre accessibles les transports en commun	Le projet sera accessible aux personnes à mobilité réduite.

5.1.2. Articulation avec la charte du Parc Naturel Régional de la Haute Vallée de Chevreuse

Le Parc Naturel Régional (PNR) de la Haute Vallée de Chevreuse a été classé par décret du Premier Ministre le 3 novembre 2011 sur la base de son projet pour un aménagement et un développement durables du territoire.

Les signataires de la Charte du Parc, qui s'engagent à participer à sa mise en œuvre au regard de leurs compétences respectives sont :

- 51 communes
- Les cinq communautés de communes
- Les deux communautés d'agglomération
- Les départements des Yvelines et de l'Essonne

Au regard des articles L.111-1-1 du Code de l'urbanisme et L.333-1 du Code de l'environnement, les plans locaux d'urbanisme doivent être compatibles avec les dispositions contenues dans la Charte tant dans le rapport que dans le plan du Parc. La demande de déclaration d'utilité publique du projet de la Ligne 18 nécessite la mise en compatibilité des documents d'urbanisme (MECDU pièce I du présent dossier). Trois communes adhérant à la Charte font l'objet d'une mise en compatibilité du PLU dans le cadre du dossier : Gif-sur-Yvette, Châteaufort et Magny-les-Hameaux. La mise en compatibilité ne le rend pas incompatible avec la charte.

La Ligne 18 est située au sein du Parc Naturel Régional de la Haute Vallée de Chevreuse, dans la vallée de la Mérantaise.

La Charte 2011-2023 est composée d'un rapport comprenant des objectifs stratégiques et opérationnels qui sont ensuite développés en dispositions particulières. Le plan du parc spatialise quant à lui ces dispositions sur le territoire du Parc.

Plusieurs objectifs de la Charte concernent les infrastructures de transport. Le tableau ci-après reprend les items de la Charte relatifs à ces aspects ainsi que les éléments apportés par le maître d'ouvrage établissant la compatibilité du projet avec ces dispositions :

Références	Prescriptions contenues dans la Charte	Mesures prises dans le cadre du projet
Objectif stratégique	Le Parc est coupé par de grandes infrastructures de transport et le projet a pour ambition d'en limiter les effets sur les plans écologique et paysager. Il s'agit de la RN 10, de l'A10 et du TGV mais aussi d'autres infrastructures plus modestes. Le territoire doit s'emparer de cet enjeu de lutte contre les ruptures écologiques et territoriales, en proposant des solutions originales d'aménagement sollicitant des connaissances scientifiques, techniques et paysagères.	Les premières étapes de conception du projet consistent à implanter l'infrastructure au plus près des axes routiers structurant pour éviter de fragmenter les territoires agricoles. La Programmation du viaduc fait l'objet d'une maîtrise d'œuvre architectural et paysagère spécifique qui s'inscrit dans le cadre global des ambitions architecturales du Grand Paris Express en lien avec la consultation des différents acteurs du territoire.
Objectif stratégique	La qualité de l'eau dans les secteurs aval dépend largement de l'action des acteurs du territoire selon une solidarité amont-aval qui s'impose, mais également du traitement des flux en provenance des routes et activités industrielles très développées de l'axe RN10, des autoroutes et voies ferroviaires.	Les réseaux de collecte des eaux de ruissellement seront réalisés dès le démarrage des travaux. Ces eaux collectées seront ensuite récupérées au droit de chacune des piles via des systèmes de chutes. Les rejets seront soumis à la loi sur l'eau et devront se conformer à la doctrine de gestion des eaux sur le plateau de Saclay le traitement des eaux de ruissellement par décantation permettra d'abattre, en respectant les doctrines locales et règles de l'art de dimensionnement, une part importante des polluants organiques et des métaux.
Disposition 10.2	limiter et compenser l'effet du ruissellement sur les surfaces agricoles, forestières et naturelles.	Le projet est compatible avec les SAGE et le SDAGE.
Objectif opérationnel n° 2 "maintenir la vocation agricole, forestière et naturelle des espaces non-urbanisés et garantir leur continuité"	« La continuité existante des espaces est garantie par la limitation du mitage et des ruptures occasionnés par l'urbanisation et de nouvelles infrastructures de transport notamment. Les nouveaux équipements d'intérêt collectif et infrastructures doivent être rares, économes en espace et réduire au maximum le fractionnement des espaces agricoles et naturels. Les discontinuités des espaces agricoles et naturels sont atténuées partout où cela est possible, par un travail sur les infrastructures de transport existantes notamment. »	En prévoyant une insertion en souterrain et en en aérien en viaduc, le projet d'infrastructure demeure économe en espace et réduit au maximum le fractionnement des espaces agricoles et naturels. Le viaduc longe au maximum les grands axes routiers pour éviter la fragmentation des parcelles agricoles et naturels. Le viaduc permet de maintenir les franchissements (machines agricoles sous viaduc, pistes cyclables...)
Objectif opérationnel n° 4 « s'engager pour des infrastructure de transport respectueuses de la biodiversité et du paysage »	Disposition 4.1 : Garantir l'intégration environnementale et paysagère des nouvelles infrastructures de transport	L'intégration environnementale (préservation des milieux naturels/agricoles, leur continuité, patrimoine, bruit, impact sur l'hydrologie, protection de la biodiversité, etc.) et paysagère du projet fait partie intégrante du volet de programmation du viaduc et des ouvrages (gares...) tant en phase chantier qu'en phase exploitation.
Objectif opérationnel n°5 « S'engager pour des aménagements et des constructions respectueux de la biodiversité et du paysage »	« Dans un contexte périurbain, un effort particulier est à mener en agglomération, aux franges des bourgs, villages et hameaux et aux abords des aménagements isolés et des bâtiments agricoles. Dans toutes ces situations où il y a un risque important de banalisation des paysages (perte d'identité), de rupture de leur harmonie et de lien entre espace naturel, agricole et bâti ou encore de la fragilisation de l'équilibre des milieux naturels, une étude de l'impact des aménagements est à mener préalablement à toute intervention importante. Pour chaque décision, sobriété dans les aménagements et concertation approfondie sont les garants d'un paysage vivant et équilibré »	La Ligne 18 se situe à l'entrée du parc naturel régional, en bordure de Plateau et de fond de vallée sur un secteur sensible en terme paysager puisque déjà fragmenté et fragilisé par la présence de la RD 36 notamment. La maîtrise d'œuvre architecturale et paysagère de la Société du Grand Paris travaillera en lien avec les différents acteurs et partenaires du territoire (PNR, Département, inspecteur des sites...)
Disposition 6.4	« Réduire la fragmentation de l'espace due aux coupures infranchissables par la faune. »	Le viaduc ne constitue pas une coupure infranchissable. L'effet de coupure est présent au niveau des zones de transitions

		aérien/souterrain où le métro étant automatique doit être préservé de toutes atteintes pour l'exploitation. Des études particulières sont menées sur ces sites. Des mesures de compensations seront mises en œuvre si besoin. Le viaduc longe la RD 36 qui accentue cet effet.
Disposition 11.1	« analyser et suivre la qualité des eaux souterraines et superficielles »	un suivi de la qualité des eaux souterraines et superficielles est effectué par l'intermédiaire de piézomètres qui seront mis en place avant la phase travaux. Les chantiers et la phase exploitation font l'objet de mesures pour éviter la pollution des eaux souterraines (cf. chapitre dédié)
Disposition 18.1	«réduire les nuisances sonores dues aux aéronefs et aux infrastructures de transport. »	Des études de mesures du niveau ambiant et des simulations du niveau attendu en phase projet ont été réalisées. Le viaduc est couvert par le bruit de la RD36 au niveau du PNR. Des mesures de suivi et de réduction sont prévus (cf. chapitre dédié)
Disposition 34.1	« renforcer la veille foncière pour consolider l'activité agricole. »	le projet suit autant que de possible l'emprise de la RD 36 et qu'il demeure limité à une portion très isolée du périmètre du parc, située en périphérie,
Disposition 34.4	« prendre en compte les circulations agricoles dans les aménagements de voirie. »	Cf. chapitre agriculture

Le tracé du projet de la Ligne 18 est donc compatible avec les dispositions inscrites dans la Charte 2011-2023 du PNR. Ce projet d'infrastructure répond aux enjeux d'économie d'espace, de réduction du fractionnement des espaces naturels et agricoles et des impacts sur les paysages et l'environnement par une programmation adaptée et concertée avec les différents acteurs

5.1.3. Compatibilité avec la Zone de Protection Naturelle Agricole et Forestière (ZPNAF) du plateau de Saclay

Créée par la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, la Zone de Protection Naturelle Agricole et Forestière (ZPNAF) est à l'origine, de servitudes s'imposant aux documents d'urbanisme, ainsi qu'aux modes d'occupation des espaces agricoles et naturels.

L'article L141-5 du code de l'urbanisme précise bien que :

« Il est créé une zone de protection naturelle, agricole et forestière dans le périmètre de l'opération d'intérêt national du plateau de Saclay et de la petite région agricole de ce plateau qui comprend les communes dont la liste figure à l'annexe B à la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris. Cette zone, non urbanisable, est délimitée par décret en Conseil d'Etat, pris dans un délai d'un an à compter de la promulgation de la même loi, après avis du conseil régional d'Ile-de-France, des conseils départementaux de l'Essonne et des Yvelines, des conseils municipaux et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents situés dans le périmètre de l'opération d'intérêt national, ainsi que de la chambre interdépartementale d'agriculture d'Ile-de-France, de la société d'aménagement foncier et d'établissement rural de l'Ile-de-France, de l'Office national des forêts et des associations agréées pour la protection de l'environnement présentes dans le périmètre d'intervention de l'Etablissement public d'aménagement de Paris-Saclay.

Cette zone comprend au moins 2 300 hectares de terres consacrées à l'activité agricole.

Pour l'exercice de ses missions, l'organe délibérant de l'Etablissement public d'aménagement de Paris-Saclay définit les secteurs indispensables au développement du pôle scientifique et technologique. Ces secteurs ne peuvent être inclus dans la zone de protection.

La zone est délimitée après enquête publique conduite dans les conditions définies par le chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement. L'enquête porte également sur la ou les mises en compatibilité visées au dernier alinéa du présent article.

Une carte précisant le mode d'occupation du sol est annexée au décret en Conseil d'Etat précité.

L'interdiction d'urbaniser dans la zone de protection vaut servitude d'utilité publique et est annexée aux plans locaux d'urbanisme ou aux cartes communales des communes intéressées, dans les conditions prévues par l'article L. 126-1 du présent code.

Les communes intéressées disposent d'un délai de six mois à compter de la publication du décret en Conseil d'Etat visé au premier alinéa du présent article pour mettre en compatibilité leur plan local d'urbanisme. »

Le décret n°2013 - 1298 du 27 décembre 2013 délimitant la zone de protection est paru au Journal Officiel du 31 décembre 2013. La zone comprend plus de 4115 hectares, dont 2469 hectares de terres consacrées à l'activité agricole.

Concernant le statut de la ZPNAF, il faut noter que le législateur ne lui a attaché qu'un seul effet juridique : le caractère non urbanisable des espaces inclus dans la zone.

A défaut de règlement, un programme d'action verra le jour comme le précise l'article L141-7 du code de l'urbanisme : *« Au sein de la zone de protection, l'Etablissement public d'aménagement de*

Paris-Saclay élabore, en concertation avec les communes ou établissements publics de coopération intercommunale situés dans la zone de protection, un programme d'action qui précise les aménagements et les orientations de gestion destinés à favoriser l'exploitation agricole, la gestion forestière, la préservation et la valorisation des espaces naturels et des paysages. »

Le tracé de la ligne 18 du Grand Paris Express nécessite une emprise de 35 m en bordure de la RD36. La SGP étudie actuellement la possibilité de maîtriser le foncier nécessaire à cette implantation en compatibilité avec la ZPNAF.

Les parties aériennes l'infrastructure de la ligne 18 du Grand Paris Express, de même que les emprises nécessaires au chantier, n'empiètent pas sur les 4115 hectares délimités par le décret n°2013 - 1298. L'infrastructure s'insère en effet majoritairement sur une emprise dévolue à la requalification de la RD36. Pour optimiser le tracé de la ligne et s'éloigner de secteurs riverains de la RD36 (hameau de Voisin le Thuit, Villiers-le-Bâcle, 91), la ligne s'écarte de la RD36 au niveau de la Croix de la Justice. Elle empreinte une emprise réservée (exclue de la zone de protection) pour le passage du métro lors de la délimitation de la ZPNAF.

Fonctionnellement, l'analyse d'impact sur l'agriculture souligne la présence d'impacts temporaires et liés à la phase chantier située en bordure de parcelles agricoles le long de la RD36 hors emprises ZPNAF.

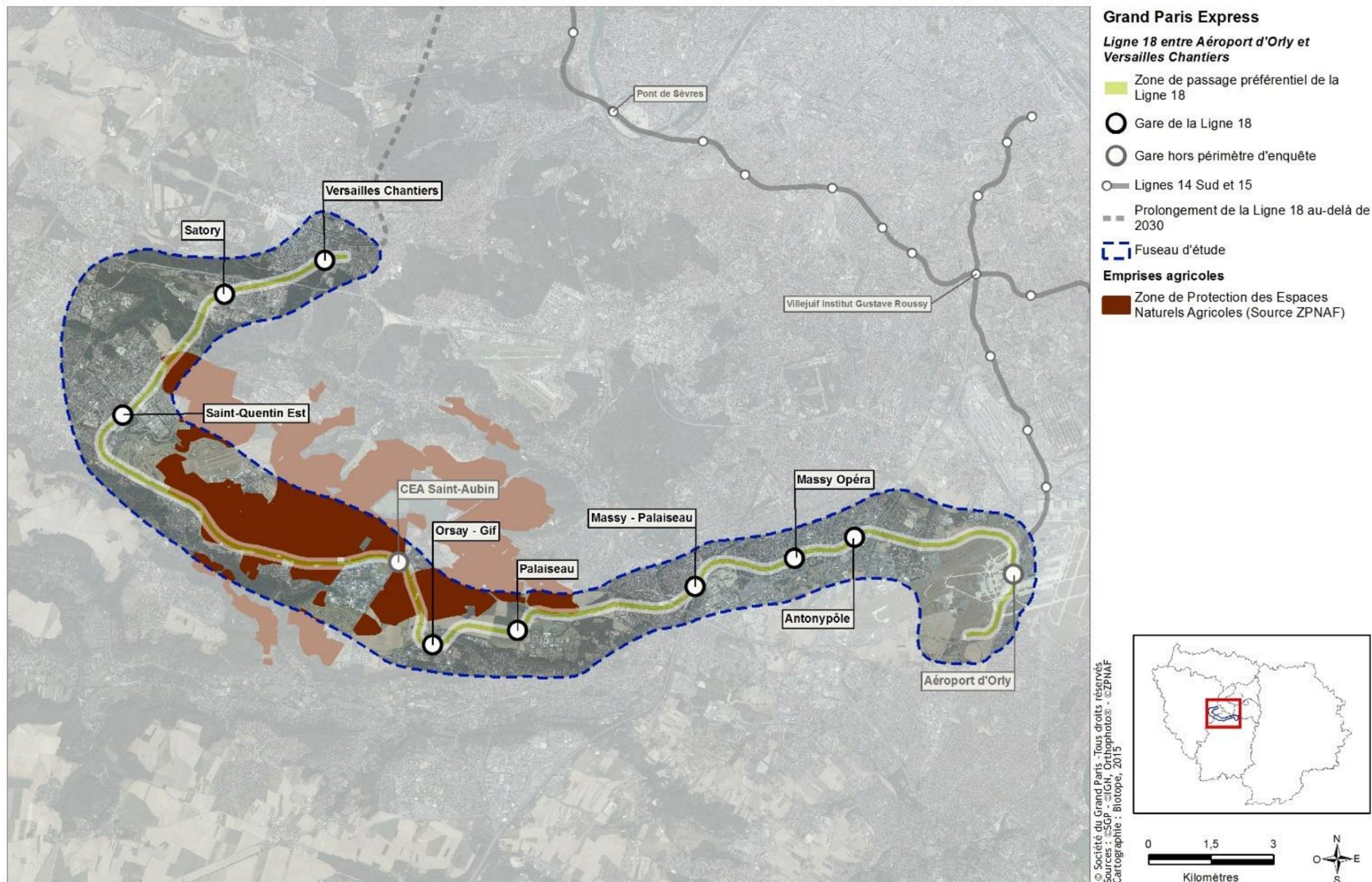
Les impacts permanents sont également à prévoir sur le fonctionnement agricole par une perturbation potentielle des espaces agricoles sous le viaduc et au niveau des piles (production, ensoleillement, gestion des adventices). Des précisions seront apportées dans les études réglementaires à venir lorsque la conception d'ensemble du viaduc et des zones de transitions (structure de l'ouvrage, l'implantation des piliers) sera fixée.

À Guyancourt, une section souterraine de la ligne, construite au tunnelier, intersecte la ZPNAF sur une longueur d'environ 300 mètres. Aucun impact en surface ne vient modifier la destination du sol et la profondeur de l'infrastructure permet de ne pas interférer avec les activités agricoles.

Au regard des mesures prises dans le cadre de cette étude d'impact, le projet n'est pas de nature à remettre en cause le fonctionnement agricole de la ZPNAF du plateau de Saclay.

Si des impacts résiduels étaient identifiés dans les filières de production, les mesures de compensation pourraient alors s'appuyer sur la mise en place d'actions identifiées dans le cadre du plan d'action de la ZPNAF qui est actuellement en cours de réalisation.

Localisation de la ZPNAF par rapport au projet de métro la Ligne 18



5.1.4. Prise en compte du SRCE Ile-de-France

La Ligne 18 s'inscrit dans le périmètre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique de la région Ile de France.

Approuvé par délibération du Conseil régional du 26 septembre 2013, le schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'Ile-de-France a été adopté par arrêté n°2013294-0001 du préfet de la région d'Ile-de-France et par le préfet de Paris, le 21 octobre 2013.

- **Notion d'opposabilité du SRCE**

Le SRCE est un outil d'aménagement durable du territoire qui contribue à un état de conservation favorable des habitats naturels et des espaces et au bon état écologique des masses d'eau. L'article L. 371-3 du Code de l'environnement dispose que « **les documents de planification et les projets de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements prennent en compte les schémas régionaux de cohérence écologique et précisent les mesures permettant d'éviter, de réduire et, le cas échéant, de compenser les atteintes aux continuités écologiques que la mise en œuvre de ces documents de planification, projets ou infrastructures linéaires sont susceptibles d'entraîner** ». Sa vocation est de rendre lisible les enjeux régionaux en matière de biodiversité. Tout porteur de projet, doit alors prendre en compte cette dimension, au même titre que d'autres enjeux sociaux, économiques, cadre de vie,...

La « prise en compte » est le niveau le moins contraignant de la notion juridique d'opposabilité. Elle induit une obligation de compatibilité sous réserve de possibilités de dérogation pour des motifs déterminés, avec un contrôle approfondi du juge sur la dérogation.

La prise en compte du SRCE s'effectue donc sur les différentes composantes du SRCE présentés ci-dessous.

- **Composantes de la trame verte et bleue régionale**

Il convient de rappeler que :

- les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques sont définis dans le SRCE au 1/100 000ème, à une échelle régionale, par définition non « zoomable » à l'échelle d'un projet ;
- le niveau local se doit de mener les investigations nécessaires pour d'identifier les continuités écologiques adaptées à son échelle territoriale.

Le SRCE, comprend :

- un volet identifiant les espaces naturels, les corridors écologiques et les éléments de la trame bleue, dans le Tome I « *Les composantes de la trame verte et bleue* » ;
- un diagnostic et une présentation des enjeux régionaux relatifs à la préservation et à la restauration des continuités écologiques, un plan d'action stratégique, un dispositif de suivi et d'évaluation, réunis dans le Tome II intitulé « *Enjeux et plan d'action* » ;

- une cartographie de la trame verte et bleue à l'échelle du 1/100 000ème, une cartographie de la trame verte et bleue des départements de Paris et de la petite couronne au 1/75 000ème, et des cartes régionales thématiques dans le Tome III intitulé « *Atlas cartographique* » ;
- un rapport environnemental, dans le Tome IV ;
- un résumé non technique.

Le SRCE IDF comprend quatre sous-trames : arborée, herbacée, de grandes cultures, des milieux aquatiques et des corridors humides.

- **Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France**

Le SRCE préconise plusieurs orientations relatives aux infrastructures linéaires, à savoir :

- atténuer la fragmentation du territoire régional pour assurer la fonctionnalité des continuités, en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale ;
- assurer la requalification des infrastructures existantes en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale ;
- améliorer la transparence des infrastructures linéaires ayant un effet de coupures dans les réservoirs de biodiversité et sur les corridors ;
- préserver les continuités dans le cas des nouveaux projets, les restaurer dans le cas des infrastructures existantes.

Le diagnostic écologique réalisé a permis de mettre en lumière les composantes de continuités écologiques régionales concernées par le projet.

Composante du SRCE	Commentaires et zones sur le fuseau d'étude
Trames écologiques	
Trame des milieux boisés	Présente au niveau de la vallée de la Bièvre englobant l'ensemble du massif boisé de Versailles à l'extrémité nord-ouest du fuseau d'étude Présente au niveau de la vallée de la Mérantaise en bordure sud au centre du fuseau Présente entre la Mérantaise et la Bièvre via les boisements de Palaiseau
Trame des milieux ouverts et agricoles	Plaine de Montjean Plateau de Morangis Plateau de Saclay
Trame des milieux humides et aquatiques	Vallée de la Bièvre Vallée de la Mérantaise Rus et rigoles du plateau de Saclay

Composante du SRCE		Commentaires et zones sur le fuseau d'étude
Réservoirs de biodiversité		
Vallée de la Bièvre et forêt de Versailles		Correspondant aux contours ZNIEFF
Forêt domaniale de Port-Royal		Correspondant aux contours de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides associées ».
Corridors écologiques		
Corridors arborés	Fonctionnel	Domaine de Corbeville jusqu'à la ZAC QOX
	A fonctionnalité réduite	De la ZAC QOX à la vallée de la Bièvre
		Vallée de la Bièvre
	Fonctionnel diffus	Vallée de la Mérantaise par la forêt de Port-Royal
Corridors des prairies, friches et dépendances vertes	Fonctionnel	Milieux ouverts aux abords de l'Aéroport d'Orly (est/ouest)
		Milieux ouverts entre la vallée de la Mérantaise et la vallée de la Bièvre et au-delà du ru du bois Robert
Corridors de la sous-trame bleue	A fonctionnalité réduite	Vallée de la Bièvre
		Rigole de Châteaufort, de Saint Aubin, des Granges, de Rungis, du Don, du Bois Robert
		Vallée de la Mérantaise
Secteurs et liaison d'intérêts pour Paris et la petite couronne		
Secteur d'intérêt pour Paris et la petite couronne		Abords de l'Aéroport d'Orly Plaine de Montjean

Le projet est construit en souterrain au niveau des réservoirs de biodiversité traversé par le métro. L'impact par effet d'emprise se limite donc aux émergences des ouvrages (quelques mètres carrés) puisqu'aucune gare ne s'inscrit dans un réservoir de biodiversité.

Les impacts du projet sur les corridors ont été identifiés comme suit :

- impact par perte de continuités écologique en phase travaux par réduction temporaire de la trame des milieux boisés au niveau du boisement de la croix de Villebois ;
- impact par perte de continuité écologique par coupure de corridor de la trame des milieux ouverts au niveau de Magny-les-Hameaux/ Châteaufort. L'impact n'est que temporaire et est jugé comme faible ;
- impact par perte de continuités écologique en phase exploitation du aux emprises du projet sur les milieux ouverts du plateau. L'impact est jugé faible puisque les gares s'inscrivent dans des secteurs de projet en cours ou déjà urbanisé.

Sur la base de ce constat, les mesures permettant d'éviter ou de réduire les atteintes aux continuités écologiques ont été mises en œuvre. Ainsi, un réaménagement après travaux sera réalisé au niveau du boisement de la Croix de Villebois et du SMR conduisant à une restauration des milieux arbustifs et arborés confortant ainsi la continuité boisée existante avec la forêt de Palaiseau et la vallée de la Bièvre.

De ce fait, les différentes analyses et propositions du projet concernant les milieux naturels ont pris en compte le SRCE d'Ile-de-France. Il n'y a pas d'incompatibilité entre le SRCE et le projet de la Ligne 18 du Grand Paris Express.

5.1.5. DOCOB des sites Natura 2000

L'évaluation des incidences conclut à l'absence d'incidence significative du projet sur l'état de conservation des espèces ayant conduit à la désignation du site. Il convient de s'y reporter pour plus de détails.

Quatre sites Natura 2000 sont présents à proximité avec le projet.

L'entité « Massif de Rambouillet et zones humides associées » - FR 1112011 est recensée à la marge du fuseau d'étude au niveau de Magny-les-Hameaux. Les espèces les plus emblématiques de ce site sont le Pic noir, le Pic mar et la Bondrée apivore.

La ZPS « Etang de Saint-Quentin » - FR FR1110025, situé à moins de 2km du fuseau d'étude, accueille également de nombreux oiseaux d'eau, principalement migrateurs.

La ZSC « Tourbières et prairies tourbeuses de la forêt d'Yvelines » et « Forêt de Rambouillet » - FR 1100803 et 1100796 sont plus éloignés (à environ 5 km du fuseau d'étude) et se caractérisent par la qualité de leurs habitats palustres (bas-marais, bois tourbeux, tourbières...).

Le projet de métro, prévu en partie en souterrain et en partie en viaduc, ne prévoit pas d'implantation d'ouvrage, de gare ou de base de chantier au sein des sites Natura 2000. Il n'y a donc pas d'incidence directe, temporaire ou permanente, par effet d'emprise sur le réseau de site Natura 2000.

Des mesures d'évitement et de réduction vont être mises en œuvre pour limiter l'impact sonore et la pollution lumineuse liés à la présence du viaduc à proximité de la forêt de Port Royal. Des mesures pour éviter la modification des écoulements du réseau hydrographique, pouvant alimenter les milieux humides des sites Natura 2000 « Massif de Rambouillet et zones humides proches », « Tourbières et prairies tourbeuse de la forêt d'Yvelines » et « Forêt de Rambouillet », seront réalisées.

Le projet n'est pas susceptible d'être de manière indirecte à la source de dérangement, de réduction de la fonctionnalité du territoire ou de dégradation des milieux pouvant remettre en cause la présence des espèces ayant justifié la désignation des sites.

Le projet n'induit aucune incidence résiduelle sur les sites Natura 2000 et par conséquent sur les objectifs de conservation mis en place dans les DOCOB respectif des sites Natura 2000.

VIII. Analyse des couts collectifs induits par le projet

1. Introduction

L'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité est une partie réglementaire des études d'impacts spécifiques aux infrastructures de transport et faisant suite à l'exercice de quantification des impacts du projet. Cette analyse permet de monétariser les externalités du projet pour l'environnement afin de pouvoir les mettre en balance avec les avantages que la collectivité peut en attendre. L'analyse des coûts collectifs représente donc un enjeu important pour le développement d'un système de transport plus durable, en accord avec les engagements du Grenelle de l'environnement.

Dans le cadre du projet de la Ligne 18 et plus généralement du réseau de transport du Grand Paris dans son ensemble, il s'agit donc principalement d'évaluer les coûts collectifs liés aux pollutions atmosphériques, aux nuisances sonores, à la sécurité routière, aux émissions de gaz à effet de serre et aux effets sur l'urbanisme.

Les méthodologies à appliquer sont principalement régies par l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport et sa note technique du 27 juin 2014, accompagnée de son référentiel méthodologique.

2. Coûts de la pollution atmosphérique

2.1. Méthodologie

Les effets sur la santé de la pollution de l'air étant dépendants de la concentration de polluants et de la densité de population des zones polluées, la méthode proposée se base sur les flux de trafic selon différentes zones de densité de population. Cinq types de zones sont définies comme suit :

- l'urbain très dense avec une densité supérieure à 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain dense avec une densité comprise entre 1 500 et 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain avec une densité comprise entre 450 et 1 500 habitants/km² ;
- l'urbain diffus avec une densité comprise entre 37 et 450 habitants/km²
- l'interurbain avec une densité inférieure à 37 habitants/km².

Les coûts externes associés au trafic dans ces différentes zones sont repris dans le tableau ci-dessous :

Coûts externes de la pollution atmosphérique, valeurs 2010 (€₂₀₁₀/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
Poids lourd	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4

Ces valeurs peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs, l'une proportionnelle aux émissions polluantes et l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. Les progrès techniques qui permettent de réduire petit à petit les émissions de polluants atmosphériques sont considérés comme faisant décroître la valeur de 6% par an entre 2010 et 2020. Un taux de réduction de 4,9% par an a été considéré pour les années ultérieures. La valeur de la vie humaine augmente, par contre, comme la dépense de consommation par tête⁴³. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2030 sont les suivantes :

Coûts externes de la pollution atmosphérique, valeurs 2030 (€₂₀₁₀/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	7,42	2,02	0,80	0,59	0,41
Poids lourds	88,61	17,57	8,41	4,46	3,04

L'impact du projet sur les véh.km parcourus en Ile-de-France selon les différents types de tissu urbain (Urbain très dense, urbain dense, urbain, urbain diffus et interurbain) a ensuite été calculé sur base des résultats du modèle de transport et de la densité de population projetée pour chaque commune d'Ile-de-France.

2.2. Calcul des coûts

Les résultats de l'analyse de l'impact du projet sur les distances parcourues sont repris dans le tableau ci-dessous avec les coûts annuels qui y sont associés :

Impact du projet sur les distances parcourues en Ile-de-France par les véhicules légers à l'horizon 2030 et coûts annuels de la pollution atmosphérique associés (en €₂₀₁₀)

	Urbain Très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain	Hors IDF
Différence des distances parcourues annuellement (10 ⁶ véh.km)	-4,56	-18,40	-23,15	-10,56	-2,09	-2,59
Coûts annuels associés millions € ₂₀₁₀ /an	-0,34	-0,37	-0,19	-0,06	0,01	0,01
	-0,98					

La diminution des distances parcourues grâce au projet de la Ligne 18 permet ainsi une diminution des coûts de la pollution atmosphérique s'élevant à environ 0,98 millions €₂₀₁₀ par an à l'horizon 2030.

⁴³ Selon l'évolution de l'indice de consommation finale des ménages (Insee) +1.9% entre 2010 et 2030.

3. Coûts des accidents de la route

3.1. Méthodologie

Le calcul des coûts des accidents de la route se base sur les valeurs de la vie humaine et des blessés définies dans la Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports. Selon cette note, les valeurs sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier pour l'année 2010

	Transport routier
Tué	3 000 000 € ₂₀₁₀
Blessé grave	375 000 € ₂₀₁₀
Blessé léger	15 000 € ₂₀₁₀
Accident	4 600 € ₂₀₁₀

Ces valeurs sont considérées comme évoluant au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2030 sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier à l'horizon 2030

	Transport routier
Tué	4 371 243 € ₂₀₁₀
Blessé grave	546 405 € ₂₀₁₀
Blessé léger	21 856 € ₂₀₁₀
Accident	6 703 € ₂₀₁₀

L'impact du métro sur le nombre d'accidents a, quant à lui, été estimé sur base des distances parcourues par les véhicules routiers. Le nombre d'accidents et leur gravité étant largement dépendants du type de route, un taux a été défini pour trois différents types de routes : les autoroutes, les routes nationales (RN) et départementales (RD), et les routes d'agglomération.

Les taux d'accidents ont été calculés sur base des statistiques issues de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière⁴⁴, et projetés à l'horizon 2030 selon une baisse annuelle du taux d'accidents de 5% jusqu'en 2025, puis à partir de 2025, une valeur stabilisée (le nombre de victimes pour 100 accidents restants constant). Ils sont repris dans le tableau ci-contre.

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2030 (projections STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))

Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km				
Type de route	Accidents	Blessés légers	Blessés graves	Tués
Autoroutes	0,0308	0,0287	0,0166	0,0011
RN + RD	0,0975	0,0907	0,0544	0,0036
Agglomération	0,1728	0,1607	0,0287	0,0019

3.2. Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2030

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
10 ⁶ véh.km	-16,2	-47,2	+2,1

La combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et des taux d'accidents permet ainsi d'évaluer les impacts du projet sur les accidents de la route. Ces impacts permettent alors sur base des valeurs associées à la vie humaine et aux accidents de calculer les résultats suivant à l'horizon 2030 :

Impacts du projet sur les accidents de la route à l'horizon 2030 et coûts externes annuels associés.

	Accidents	blessés légers	blessés graves	tués
Différence du nombre annuel d'accidents corporels	-5	-4	-3	0
Coûts externes associés Millions € ₂₀₁₀	- 0,03	-0,10	-1,52	-0,8
	-2,45			

Les résultats montrent que le projet engendre donc une diminution des accidents de la route en Ile-de-France correspondant à des gains annuels d'environ 2,45 millions d'euros₂₀₁₀ à l'horizon 2030.

4. Coûts des émissions de gaz à effet de serre

4.1. Méthodologie

Les résultats du groupe de travail présidé par A. Quinet sur la valeur tutélaire du carbone repris dans le rapport du Centre d'analyse stratégique (2013) permettent d'évaluer la valeur de la tonne

⁴⁴ Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011)

équivalent CO₂. Il est important de noter que contrairement aux valeurs de pollution de l'air, de bruit ou des accidents, la valeur de la tonne de CO₂ n'a pas été définie selon une démarche coût-avantages en évaluant les dommages causés, mais bien sur une démarche coût-efficacité en évaluant le niveau de taxation qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements de Kyoto⁴⁵.

Les valeurs tutélaires du carbone recommandées par ce rapport et reprises dans le référentiel méthodologique pour l'évaluation des projets de transport sont détaillées dans le tableau suivant :

Valeur tutélaire d'une tonne de CO₂ selon le CAS (Valeur tutélaire du carbone, 2009)

	2010	2030	2050
Valeur en € ₂₀₁₀	32	100	200 (150-350)

La croissance de la valeur s'élève donc à 5.8% par an entre 2010 et 2030 puis de 4,5% après 2030. En tenant compte de cette évolution, la valeur de la tonne de carbone serait ainsi de 83,4€₂₀₁₀ en 2030, 124,6€₂₀₁₀ en 2035 et 241,2€₂₀₁₀ en 2050.

4.2. Calcul des coûts

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en termes d'émissions totales évitées grâce au projet aux horizons, 2030, 2030, 2035 et 2050.

Emissions totales (cumul de toutes les années précédentes) induites ou évitées aux horizons 2030, 2035 et 2050 et coûts associés en millions d'euros₂₀₁₀

année	Emissions de gaz à effet de serre induites ou évitées	Coûts associés Millions € ₂₀₁₀
2030	+ 756 832 t _{éq} CO ₂	+ 75,68
2035	+ 520 686 t _{éq} CO ₂	+ 64,89
2042	- 16 779 t _{éq} CO ₂	-2,85
2050	- 721 197 t _{éq} CO ₂	-173,93

Les résultats montrent que « l'investissement » nécessaire en termes d'émissions de gaz à effet de serre nécessaires à la construction de l'infrastructure est compensé 12 ans après sa mise en service totale, par les émissions évitées. Ainsi, en 2050, ce sont 175 millions d'euros₂₀₁₀ épargnés.

Les grandes différences entre les valeurs aux horizons 2030 et suivants proviennent essentiellement de l'amortissement plus ou moins étalé de la construction sur les années de fonctionnement.

⁴⁵ Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, 25 mars 2004 et mise à jour du 27 mai 2005 puis le 16 juin 2014

5. Coûts des nuisances sonores

5.1. Méthodologie

Selon la méthodologie préconisée la Note technique du 27 juin 2014, la valorisation du bruit est fonction de la densité humaine, du type d'infrastructure et de la densité du trafic routier. Les coûts des nuisances sonores, en €₂₀₁₀/1000véh.km, sont repris ci-dessous :

Valorisation du coût des nuisances sonores, en €₂₀₁₀/1000véh.km, pour le mode routier

Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût marginal VL trafic peu dense	Coût marginal VL trafic dense
Rural	Autoroute	0,03	0,021
	Nationale ou départementale	0,12	0,108
	Communale	0,63	0,567
Semi-urbain	Autoroute	0,12	0,084
	Nationale ou départementale	0,20	0,18
	Communale	1,01	0,909
Urbain	Autoroute	0,34	0,238
	Nationale ou départementale	0,34	0,306
	Communale	1,89	1,701
Urbain dense	Autoroute	0,50	0,35
	Nationale ou départementale	0,55	0,495
	Communale	2,28	2,052
Urbain très dense	Autoroute	0,84	0,588
	Nationale ou départementale	1,01	0,909
	Communale	2,58	2,322

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête.

5.2. Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2030 (véh.km)

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
Hors IDF (rural)	-835 521	-1 779 082	+27 676
Interurbain (rural)	-1 412 330	-684 928	+6 404
Urbain diffus (semi-urbain)	-852 897	-9 561 361	-145 371
Urbain	-10 363 281	-12 608 905	-179 004
Urbain dense	-3 406 096	-15 800 281	+802 805
Urbain très dense	+ 659 226	-6 760 666	+1 542 447

En tenant compte de l'augmentation de la dépense de consommation, la combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et de la valorisation du coût des nuisances sonores permet ainsi d'évaluer les résultats suivant à l'horizon 2030 :

Coûts externes annuels du bruit associés au projet à l'horizon 2030 en millions d'€₂₀₁₀

	Agglomération	Autoroute	RN RD
Coûts externes associés 10 ⁶ € ₂₀₁₀	+0,007	-0,005	-0,029
	-0,027		

Comme l'a montré l'analyse des impacts du projet sur le bruit sonores, les variations des flux de véhicules routiers ne sont pas susceptibles d'influencer de manière significative les niveaux de bruit. Les coûts externes associés sont donc logiquement faibles et représentent pour le projet un gain annuel de l'ordre de 270 000 euros.

6. Coûts de périurbanisation érudables

La croissance prévisible de la population et de l'emploi en Ile-de-France, accentuée par la mise en œuvre du projet, générera des besoins importants en surfaces de plancher. Afin d'être en mesure d'accueillir ces besoins, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces de plancher disponibles. Or, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est rare. C'est pourquoi, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, il est attendu un report naturel des besoins de nouvelles constructions vers les franges urbaines périphériques et à une consommation progressive des espaces ruraux de seconde couronne et des régions limitrophes au profit d'un paysage d'habitat pavillonnaire.

Pour qu'un tel accroissement de populations puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il est nécessaire que l'urbanisation future soit structurée par des opérations planifiées plus denses. Celles-ci devraient s'appuyer sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet. En effet, la mise en place d'une infrastructure de transport d'une telle envergure, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, crée la polarisation requise et rend possible et attractive la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords.

Dans l'exercice d'évaluation des impacts du projet sur l'occupation du sol, il a été souligné, que, sous réserve des conditions nécessaires à une concentration des surfaces nouvelles à proximité du réseau de transport en commun, la mise en œuvre du projet aurait un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain et, ce, à grande échelle. Il se traduirait notamment par la préservation de 264 ha d'espaces ouverts de l'urbanisation nouvelle pour les zones à proximité immédiate des gares du projet (rayon de 500 m autour des gares) ou la préservation de 1 363 ha pour l'ensemble du périmètre d'influence du projet.

L'objet de l'exercice proposé ici est de valoriser en termes financiers la participation du projet à la limitation de l'étalement urbain. Sont estimés ici les bénéfices potentiels imputables au Métro du Grand Paris et dus à ce que sa réalisation rend possible une urbanisation plus dense que celle qui se produirait sans projet. « Potentiels » car ces bénéfices ne seront visibles que si des mesures d'accompagnement visant à la densification aux abords des arrêts de transport en commun et au renouvellement du parc bâti ne sont mises en œuvre en parallèle du projet.

Les coûts externes liés à l'étalement urbain sont les coûts marginaux de la construction d'un nouveau bâtiment en termes de consommation d'espace, d'équipements, d'infrastructures et de services publics. Les coûts résultant de l'étalement urbain seront donc plus élevés dans un contexte urbain à faible densité que dans un environnement urbain dense. Ces coûts ne sont généralement pas couverts par les ménages ou l'activité qui les créent mais par la collectivité tout entière ; il s'agit ainsi de « coûts externes ».

Les coûts externes pris en compte dans ce bilan économique sont :

- les coûts liés à la consommation des espaces ruraux situés en périphérie en lien avec la valeur monétaire que leur accordent les citoyens ;
- les investissements d'extensions des voiries et réseaux divers (VRD) nécessaires à l'extension des zones d'habitat et d'activité ;
- les suppléments de coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD causés par la dispersion des habitations dans les zones peu denses.

6.1. Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle

La valorisation de la préservation des espaces ruraux de l'urbanisation nouvelle s'inspire des valeurs monétaires estimées selon les recommandations du rapport « Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK » réalisé pour le Department for Environment, Food and rural Affairs du Royaume-Uni. Ce rapport analyse les évaluations de la disposition à payer pour la proximité d'espaces ouverts obtenues dans différents contextes et avec différentes méthodes et en tire des estimations à utiliser pour comparer des programmes de développement urbain dans les différentes villes du pays. Les valeurs par hectare ont été obtenues principalement par deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport.

La première méthode d'évaluation contingente (MEC) consiste à reconstituer un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler leurs préférences, c'est-à-dire la valeur qu'ils accordent à un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés. De manière générale, il s'agit de « consentement à payer » (CAP). Sa mise en œuvre repose sur la réalisation d'enquêtes, auprès d'un échantillon représentatif de la population, au cours desquelles sont soumis aux personnes des scénarii fictifs destinés à les aider à formuler cette valeur. Le CAP reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire, mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

La seconde méthode d'évaluation par le coût de transport considère, quant à elle, que cette valeur est implicitement révélée par le temps consacré par les individus pour se rendre en visite à un site particulier (sa valeur monétaire est le plus souvent calculée en référence au salaire), auquel s'ajoutent les dépenses consenties (essence, etc.). L'évaluation donne lieu à des enquêtes auprès des personnes pratiquant les loisirs, qui peuvent être réalisées sur site ou hors contexte.

Selon cette étude, les surfaces économisées peuvent être classées en quatre catégories : milieu naturel et semi-naturel, agricole intensif, agricole extensif et forêts. Cette même étude a analysé les évaluations de la disposition à payer des habitants pour la proximité d'espaces ruraux dans différents contextes et avec deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport. Les valeurs par hectare obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces estimations sont le prix que les citoyens seraient prêt à payer collectivement chaque année pour préserver l'usage existant de ces espaces périphériques.

Consentement à payer annuellement par hectare de frange urbaine par les citoyens selon la frange urbaine considérée (Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK, Department for environment food and rural affairs, Appendix K, April 2004)

Type de frange urbaine	Consentement à payer annuel par hectare (€ ₂₀₁₀)	Etude de référence ⁴⁶	Méthode d'évaluation utilisée
Milieu naturel et semi-naturel	2 409	Hanley & Spash (1993)	MEC - MECT
Agricole intensif	149	Bowker & Diychuck (1994)	MEC
Agricole extensif	1 172	Willis et al (1995)	MEC
Forêts	3 766	Bishop (1992)	MEC

MEC : méthode d'évaluation contingente – MECT : méthode d'évaluation par le coût de transport

Nota : le « consentement à payer » issu de la méthode d'évaluation contingente reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats de la MEC peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire, mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

Pour exploiter ces estimations dans le cadre du projet, il est fait l'hypothèse que l'extension de l'urbanisation à la périphérie de Paris consommera les espaces naturels agricoles et forestiers dans les mêmes proportions que celles observées en Ile-de-France entre 1996 et 2007⁴⁷, soit 84,9 % de terres agricoles⁴⁸, 14,5 % d'espaces naturalisés et 0,6% de boisements. A partir de cette hypothèse, une valeur annuelle moyenne pondérée de l'hectare préservé de 522€₂₀₁₀/ha/an est retenue.

Ainsi, à l'horizon de la mise en service complète du projet (2030), l'économie d'espaces ruraux urbanisés réalisée grâce au projet évaluée à -260 ha pour les zones à proximité immédiate du projet et correspond à une valeur de 137 808 euros₂₀₁₀ par an en faveur du projet. Pour l'ensemble du périmètre d'influence, l'économie d'espaces ruraux est évaluée à 1 363 ha et correspond à une valeur de 711 486 euros₂₀₁₀.

Remarque : ces estimations monétaires ont été obtenues à partir d'une évaluation basée sur le transfert de données issues d'une méthode d'évaluation contingente et d'une évaluation par le coût de transport réalisées durant les années 90 dans un contexte anglo-saxon, différent de celui de l'Ile-de-France.

⁴⁶ Voir détails de ces références dans la partie « Bibliographie »

⁴⁷ Source : Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement Ile-de-France. Observation de la consommation des espaces agricoles et naturels en Ile-de-France et en Essonne entre 2004 et 2007.

⁴⁸ Par défaut : 90% d'intensif, 10% d'extensif

6.2. Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle

La consommation des espaces non bâtis nécessaires à la construction des surfaces de plancher pour l'accueil des populations et des emplois nouveaux va nécessiter des coûts de viabilisation qui dépendront du parcellaire construit. Il a en effet été souligné dans l'analyse des impacts sur la population, l'emploi et l'occupation des sols que le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influençait la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, la diffusion périurbaine a pour conséquence de dédensifier les formes d'habitats et d'activités et de disperser les bâtis sur de très vastes étendues territoriales.

En raison de ces processus, il est donc nécessaire, pour desservir un même nombre de ménages et d'activités, que les longueurs des infrastructures et des réseaux augmentent. Suite à cet allongement, des surcoûts de viabilisation à la construction apparaissent donc.

Le tableau suivant montre des estimations de coûts primaires moyens d'équipements pour trois types de parcelles dans un lotissement (avec création de voiries) en fonction de leur largeur à front de voirie : respectivement 7, 20 et 30 mètres. D'après ces chiffres, les coûts de viabilisation s'élèvent à approximativement 180 000€₂₀₁₀ par hectare.

Estimation du coût primaire moyen d'équipement (en € 2008) de trois types de parcelles dans un lotissement avec création de voiries (largeurs à front de voirie de 7, 20 et 30 m) (Source : Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau, J.M. Halleux, J.M. Lambotte, 2008, p.28)

	Coût unitaire	Part	7 m	20 m	30 m
Coûts « variables »					
Électricité (2 côtés)	35 € m	1	245 €	700 €	1 050 €
Éclairage public (1 côté)	62 € m	½	217 €	620 €	930 €
Eau (2 côtés)	100 € m	1	700 €	2 000 €	3 000 €
Incendie (1 côté)	10 € m	½	35 €	100 €	150 €
Gaz (2 côtés)	37 € m	1	259 €	740 €	1 110 €
Voirie (6 m de large) (commune aux 2 côtés) avec égout complet	495 € m	½	1 733 €	4 950 €	7 425 €
sans égout	320 € m	½	1 120 €	3 200 €	4 800 €
Total coûts variables (maisons des deux côtés de la voirie)			3 190 €	9 110 €	13 660 €
Coûts « fixes » (y compris raccordements)					
Électricité	185 € parcelle (cabine de transformation)				
Eau	1 100 € parcelle (raccordement)				
Gaz	40 € parcelle (poste de transformation)				
	745 €/parcelle (raccordement)				
Total (coûts variables et coûts fixes)			5 260 €	11 180 €	15 730 €

Le projet devrait induire une réduction des VRD nouvellement construits de 60 km pour les zones à proximité immédiate des gares du projet, ce qui représente un coût d'approximativement 47,5 millions d'euros à l'horizon 2030. Lorsque l'analyse est étendue au périmètre d'influence du projet,

la réduction potentielle est de 303 km, ce qui représente un coût d'approximativement 245 millions d'euros. En posant l'hypothèse qu'en moyenne 60% des coûts d'investissements ne sont pas supportés par l'occupant, mais par la collectivité, il est alors possible d'en déduire les coûts externes de l'étalement urbain en termes de viabilisation de l'urbanisation nouvelle. Ceux-ci s'élèvent à 28,5 millions d'euros à l'horizon 2030 dans le premier cas et à 147 millions d'euros pour le second.

6.3. Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD

Aux gains de viabilisation précédemment calculés s'ajoutent les gains annuels en termes de services publics collectifs. Plus précisément, la mise en œuvre du projet va permettre d'épargner annuellement des surcoûts créés :

- d'une part, par la **maintenance et le renouvellement des VRD**. Si les ménages occupants peuvent être sollicités pour couvrir une partie des coûts de viabilisation, ils ne sont pas tenus de couvrir les coûts liés à l'entretien ou à la réparation des réseaux. Dès lors, ce sont soit les distributeurs (qui répercutent ces frais via la facturation auprès des usagers) soit les autorités communales (qui se servent de l'argent des contribuables) qui couvrent le financement de ces charges récurrentes ;
- et, d'autre part, par l'**exploitation des services publics** qui desservent les zones d'habitat et d'activité (distribution du courrier, ramassage des ordures, transports en commun, etc.). En effet, « à chaque service collectif correspond un surcoût influencé par son coût social global, c'est-à-dire le coût réel supporté par l'ensemble de la collectivité. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, les surcoûts générés seront évidemment d'autant plus importants que le secteur considéré est important »⁴⁹. Le type d'urbanisation (dense ou diffuse) influence la longueur des déplacements, mais aussi le choix du mode de transport utilisé, la fréquence des trajets ou encore la nature et la quantité des biens transportés par les services publics collectifs, ce qui joue aussi sur les coûts d'exploitation de ces services.

Par hypothèse, ces coûts récurrents ont été fixés à 10% du montant total initial des coûts de viabilisation. Cela représente donc des coûts externes de l'étalement urbain en termes d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD préservés grâce au projet de l'ordre de 4,7 millions d'euros annuellement à l'horizon 2030 pour une analyse centrée autour des zones à proximité immédiate des gares, et à 24,5 millions d'euros dans le cas d'une analyse étendue au périmètre d'influence du projet.

⁴⁹ Les surcoûts des services publics collectifs liés à la périurbanisation : les réseaux d'infrastructures et les services de desserte. S.E.G.E.F.A, Université de Liège, mars 2000

7. Synthèse des coûts collectifs

Les résultats des différents coûts collectifs sont résumés dans le tableau suivant. Ces résultats montrent que les gains liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la périurbanisation érudables dominent largement. Les gains liés aux pollutions atmosphériques et aux accidents de la route sont proportionnellement beaucoup plus faibles tandis que les coûts liés aux nuisances sonores sont pratiquement négligeables.

Synthèse des coûts collectifs

	Pollution atmosphérique (2030)	Accidents de la route (2030)	Nuisances sonores (2030)	Gaz à effet de serre	Coûts de périurbanisation érudable (2030)		
Coûts externes	-1,0 M€/an	-2,5 M€/an	-0,027 M€/an	2030 + 75,7 M€	Consommation des espaces ruraux	Proximité immédiate	0,14 M€/an
						Périmètre d'influence	0,71 M€/an
				2042 -2,9 M€	Coûts de viabilisation	Proximité immédiate	28,5 M€
						Périmètre d'influence	147,2 M€
				2050 -173,9 M€	Coûts d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD	Proximité immédiate	4,7 M€/an
						Périmètre d'influence	24,5 M€/an

Ceci illustre, à nouveau, l'importance d'intégrer la construction d'une telle infrastructure de transport en commun dans une stratégie politique complète de développement territorial et de mettre en place des mesures d'accompagnement adéquates pour favoriser le développement d'une structure urbaine plus durable.

IX. Analyse des méthodes et difficultés rencontrées

Il convient de rappeler le contexte général de la réalisation de cette étude :

- le projet n'est pas défini au niveau habituel de l'avant-projet pour une étude d'impact. La présente étude a été menée en recouvrement avec les études préliminaires approfondies et prestations complémentaires qui se sont achevées au premier trimestre 2015 ;
- les études géotechniques de base, la mission G1 au sens de la norme NF P 94 500, ont été réalisées en 2012-2014. Les résultats de cette mission ont été utilisés. Cette mission a permis d'améliorer la connaissance, mais ne constitue que la première étape du processus géotechnique défini par la norme ci-dessus. Ce processus prévoit d'autres missions en phase de conception, en particulier les missions G2, G3 et G4. La connaissance issue des missions géotechniques reste donc partielle et à compléter ;
- la présente étude d'impact a été établie en vue d'obtenir une Déclaration d'Utilité Publique (DUP) pour une infrastructure de transport. L'obtention de la DUP ne préjuge pas des autorisations administratives nécessaires à un projet de ce type dont les procédures et la délivrance restent à réaliser. Ces procédures nécessitent des études réglementaires et techniques qui seront réalisées ultérieurement et préciseront la présente étude d'impact.

Les éléments ci-dessus expliquent le niveau général de précision de cette étude et l'existence d'éléments non définis du projet ne permettant pas une analyse détaillée.

Les éléments de cette étude d'impact sont donc à prendre en compte comme étant des éléments généraux et des ordres de grandeur devant évoluer vers plus de précisions avec le niveau de définition du projet et la réalisation des études réglementaires et techniques associées.

Les éléments de ce chapitre détaillent les techniques et analyses réalisées.

7.1. Milieu physique

7.1.1. Climat

Seules les données météorologiques ont été prises en compte dans ce thème. Le changement climatique et les éléments associés sont traités par ailleurs en liaison avec les analyses portant sur les gaz à effet de serre notamment.

Les données proviennent des services de Météo France et de l'observatoire national de l'atmosphère en site péri-urbain, le SIRTa situé à proximité immédiate du projet de ligne.

7.1.2. Relief

L'analyse topographique et la cartographie reposent sur le Modèle Numérique de Terrain fourni par l'Institut Géographique National (IGN) et mis à disposition par le Maître d'Ouvrage.

Les éléments figurant sur l'orthophotographie et le scan 25 de l'IGN ont également été utilisés ainsi que les profils topographiques du projet réalisés dans le cadre des études de la Société du Grand Paris.

7.1.3. Géologie

La description de la géologie a été réalisée à partir de deux sources d'informations distinctes et particulières :

- la géologie de surface a été analysée sur la base des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).
- la géologie « profonde » a pu être étudiée sur la base des résultats de la campagne de reconnaissance géotechnique G1 menée par la Société du Grand Paris au sein du fuseau d'étude et au niveau des grandes variantes de la zone de passage préférentiel du tracé.

Des précisions lithologiques et stratigraphiques ont été apportées grâce aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS, site internet INFOTERRE) et grâce aux informations contenues dans l'ouvrage de G. FILLIAT « La pratique des sols et fondations » ;

Cette analyse de la géologie sera précisée via l'exploitation des données qui seront recueillies lors des futures missions géotechniques (G2 notamment) réalisées le long du tracé.

7.1.4. Eaux souterraines

7.1.4.1 Contexte général

La description de l'hydrogéologie a été réalisée à partir :

- des cartes hydrogéologiques de l'Atlas des Nappes Aquifères de la Région Parisienne du BRGM (Service Géologique Régional Bassin de Paris, 1970) ;
- de la carte hydrogéologique de Paris du BRGM (DIFFRE, 1970) ;
- de la synthèse hydrogéologique de la région parisienne du BRGM (Feuille N°183, rapport BRGM DSGR.66.A66/1966) ;
- de l'ouvrage Hydrogéologie du Bassin de Paris de Claude Mégrien (1979) ;
- du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands ;
- des études de faisabilité, des études préliminaires et des études préliminaires approfondies fournies par la Société du Grand Paris ;
- des résultats des campagnes de mesures piézométriques menées par la Société du Grand Paris, alimentant les données relatives au contexte souterrain, et nécessaires à la réalisation des études préliminaires approfondies ;
- des banques de données ADES et BSS ;
- des archives BURGEAP (précisions locales).

La piézométrie des nappes aquifères rencontrées sera affinée grâce aux ouvrages piézométriques qui seront réalisés lors des études réglementaires post-DUP. Des essais d'eau seront menés pour

évaluer les paramètres hydrodynamiques locaux des nappes et définir les débits d'exhaures à gérer au sein des ouvrages (gares et puits).

7.1.4.2 Qualité des eaux souterraines

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines a été réalisée à partir des données publiques disponibles dans la base de données ADES. Les analyses d'eau disponibles dans les qualimètres situés à l'intérieur du fuseau du projet ont été croisées avec les valeurs seuils définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS.

Dans le but de synthétiser les informations disponibles, quatre indices de pollution synthétiques ont été retenus : Indice hydrocarbure (hydrocarbures totaux, HCT), somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), somme des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et somme des composés organo-halogénés volatil (COHV). Dans le détail, les seuils suivants ont été retenus :

- Indice HCT ≥ 1 mg/l,
- Sommes des HAP $\geq 0,1$ $\mu\text{g/l}$,
- Sommes des BTEX ≥ 100 $\mu\text{g/l}$,
- Sommes des COHV ≥ 100 $\mu\text{g/l}$.

Afin de qualifier l'état le plus actuel possible de l'eau des nappes aquifères, seules les dernières analyses réalisées dans les ouvrages ont été retenues. Cependant, les analyses disponibles sont parfois anciennes et ne reflètent pas forcément l'état qualitatif actuel des nappes (dégradation naturelle des polluants, non prise en compte des éventuels chantiers de dépollutions récents. Le non-dépassement des seuils 2, 3, 4 définis ci-dessus ne garantit pas que l'eau de nappe concernée respecte l'ensemble des valeurs seuil définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS. Les sommes des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et des composés organo-halogénés volatils (COHV) n'ont pas de valeur réglementaire en tant que telle, mais permettent d'apprécier la qualité générale des eaux souterraines.

Cette première analyse de la qualité des eaux souterraines a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration). Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

7.1.4.3 Usages de l'eau

Alors que le recensement des ouvrages utilisés pour l'alimentation en eau potable est exhaustif, le recensement des autres usages des eaux souterraines est plus délicat. Les ouvrages mis en jeu pour ces autres usages ont été recensés à partir de la BSS du BRGM. Cette base de données n'intègre pas toujours les ouvrages les plus récents (ouvrages à usage géothermique par exemple) et recense parfois, à l'inverse, des ouvrages qui n'existent plus ou qui ne sont plus en fonctionnement (nombreux anciens forages industriels par exemple).

À l'échelle globale, parmi les potentiels impacts du projet sur les usages des eaux souterraines, la perturbation des pompages mis en œuvre pour l'approvisionnement en eau potable constitue un enjeu majeur ; l'approvisionnement en eau potable a donc été distingué des autres usages.

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

Les zones faisant l'objet d'une exploitation importante des eaux souterraines pour d'autres usages ont été considérées dans un deuxième temps, également en fonction de leur distance, mais également en fonction de la nappe captée. En effet, les captages profonds du Dogger par exemple (pour l'approvisionnement géothermique) présentent une protection suffisante pour ne pas être influencés par les pompages dans les 30 premiers mètres du sous-sol.

7.1.4.4 Impact en termes « d'effet piézométrique »

A l'échelle du fuseau, l'impact en termes de modification des caractéristiques des nappes a été défini en considérant le « critère aquifère » des nappes souterraines concernées (productivité plus ou moins forte des nappes) et des méthodes constructives. En l'absence de données plus spécifiques sur les nappes traversées, l'approche n'a été menée que sur un plan qualitatif.

Cette approche sera affinée dans les études de projet sur la base de connaissances plus approfondies des caractéristiques des nappes, ainsi que des ouvrages. En effet, « l'imperméabilité totale » n'existant pas, des incidences sur les nappes restent potentielles bien que difficilement quantifiables pour l'heure.

Les limites actuelles d'étude devront être levées afin de permettre une quantification de l'impact au niveau de chaque ouvrage, et notamment au niveau des ouvrages traversant les nappes les plus productives.

• Impact en termes « d'effet barrage »

L'« effet barrage » potentiel, lié aux ouvrages souterrains susceptibles de faire barrage à l'écoulement des nappes d'eau souterraines, a fait l'objet d'une analyse qualitative en considérant, d'une part, le sens d'écoulement des nappes d'eau souterraine (l'effet barrage maximal est induit lorsque l'ouvrage souterrain est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe interceptée), et d'autre part, en considérant le pourcentage d'occultation de la nappe d'eau souterraine par l'ouvrage (plus le pourcentage d'occultation de la nappe est élevé, plus l'effet barrage est important).

Des modélisations et analyses plus poussées seront réalisées dans les études ultérieures et permettront d'affiner notre connaissance et de lever les incertitudes.

• Qualité des eaux souterraines

L'évaluation des impacts potentiels en termes de pollution des eaux souterraines a été basée sur les données recueillies dans la banque de données ADES. L'analyse des données disponibles a permis d'identifier des zones de pollution avérée des eaux souterraines. Cette première analyse a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration).

Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

7.1.5. Eaux superficielles

Les données proviennent de l'IGN pour la représentation cartographique générale, de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) pour les représentations cartographiques relatives à la qualité des cours d'eau, aux masses d'eau et aux aquifères.

Les éléments concernant le SDAGE Seine-Normandie (en vigueur et en projet) et des SAGE concernés proviennent de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de sites internet institutionnels sur ces documents.

7.1.6. Pollution et qualité des sols

Les informations concernant la qualité des sols sont issues des données disponibles dans les bases de données nationales BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration).

7.2. Faune, flore, milieux naturels

7.2.1. Statuts réglementaires et statuts de rareté/menace des espèces et habitats et définitions

- **Protection d'espèces**

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- la Convention de Bonn (23 juin 1979) concernant les espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- la Convention de Berne (19 septembre 1979) sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe ;
- la Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- la Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

Droit européen

En droit européen, ces dispositions sont régies par les articles 5 à 9 de la directive 2009/147/CE du 20 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages, dite directive « Oiseaux », et par les articles 12 à 16 de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la flore et la faune sauvage, dite directive « Habitats / Faune / Flore ».

L'Etat français a transposé ces directives par voie d'ordonnance (ordonnance n°2001-321 du 11 avril 2001).

Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - *Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation [...] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :*

1° *La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;*

2° *La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;*

3° *La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;*

[...]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement - cf. détail des arrêtés ministériels par groupe dans les paragraphes suivants).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction.

- **Statut de rareté/menace des espèces**

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation conduit à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou

départementales, littérature naturaliste, etc. Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise, présentés pour chaque groupe, n'ont pas de valeur juridique.

- **Espèces potentielles**

Sont considérées comme potentielles les espèces :

- dont il est fait mention de la présence dans une source bibliographique fiable et récente ;
- connues sur des territoires géographiques proches ;
- disposant sur l'aire d'étude de milieux adaptés à leur écologie.

Une espèce potentielle est donc une espèce non inventoriée dont il n'est pas possible d'écarter définitivement la présence.

7.2.2. Inventaires de la flore et des habitats naturels

- **Méthodologie d'inventaire**

L'étude de la flore a été réalisée dans l'optique de révéler la biodiversité floristique globale pour dégager les principaux enjeux et expertiser les différents habitats présents sur les sites expertisés du fuseau d'étude.

Ces prospections avaient pour objet de caractériser les différents types de végétations et de rechercher d'éventuelles plantes protégées et/ou à statut de rareté sur ces zones d'étude.

Certaines dates de prospections peuvent se révéler tardive pour certaines espèces précoces et ne permettent évidemment pas de prétendre à l'exhaustivité des inventaires (certains taxons non identifiables en l'état) ; aussi l'analyse ne peut-elle proposer qu'un aperçu de l'intérêt patrimonial supposé de la flore et des habitats du site.

- **Limite des inventaires réalisés**

Les limites techniques inhérentes aux prospections de terrain reposent sur la difficulté, voire l'impossibilité d'accès à certaines zones (terrains et propriétés privés et clôturés, zones de chantier, carrières en activité, zones aéroportuaires).

- **Nomenclature utilisée**

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée dans cette étude est celle de la Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France (BDNFF, consultable et actualisée en ligne sur le site www.tela-botanica.org).

En ce qui concerne les habitats naturels, la nomenclature utilisée est celle de la typologie CORINE BIOTOPES (Bissardon M et al, 1997), référentiel de l'ensemble des habitats naturels présents en

France et en Europe. Dans ce document, un code et un intitulé sont attribués à chaque habitat naturel décrit.

Les habitats naturels d'intérêt communautaire listés en annexe I de la directive européenne 92/43/CEE (dite directive « Habitats/Faune/Flore ») possèdent également un code spécifique. Parmi ces habitats d'intérêt européen, certains possèdent une valeur patrimoniale encore plus forte et sont considérés à ce titre comme « prioritaires » (leur code Natura 2000 est alors complété d'un astérisque *).

- **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Flore	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 20 janvier 1982 (modifié) relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire	Arrêté du 11 mars 1991 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Île-de-France complétant la liste nationale

- **Synthèse des outils de bio-évaluation** potentiellement applicables sur le fuseau d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Habitats	Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne EUR 28 (Commission européenne, 2013)	Cahiers d'habitats Natura 2000 : Tome 1 - Habitats forestiers. Volumes 1 & 2 (Bensettiti et al., 2004), Tome 3 - Habitats humides (Bensettiti et al. 2000) et Tome 4 - Habitats agropastoraux (Bensettiti et al. 2005).	Fernez T., Lafon P. et Hendoux F. (coord.), 2015 – Guide des végétations remarquables de la région Île-de-France.
Flore	2004 Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive Habitats : articles, annexe II, annexe IV	Livre Rouge de la flore menacée de France. Tome I : espèces prioritaires (MNHN, CBNP, MEDD, 1995) La Liste rouge des espèces menacées en France, flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sous-espèces et variétés. (UICN France, FCBN & MNHN, 2012). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Orchidées (UICN France, MNHN, FCBN & SFO, 2010)	Liste des espèces et habitats déterminants d'Île-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Catalogue de la flore Vasculaire d'Île-de-France (rareté, protections, menaces et statuts). Version complète 2a (CBNBP/MNHN, 2014) Liste rouge régionale de la flore vasculaire d'Île-de-France (AUVERT S. et al. 2011) Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France. Atlas de la flore sauvage de Seine-et-Marne (FILOCHE S. et al., 2010) La biodiversité du département de la Seine Saint Denis - Atlas de la flore sauvage (FILOCHE S., 2006)

Les listes d'espèces recensées sur la zone d'étude sont rapprochées des listes de protection réglementaires et autres outils de bio-évaluation, établis par des spécialistes, pour apprécier le degré de rareté des espèces présentes. Ces éléments rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas toujours une valeur juridique (seules les listes d'espèces protégées et la directive Habitat apportent une protection réglementaire) mais sont des outils indispensables à l'évaluation patrimoniale des espèces.

7.2.3. Inventaires des insectes

- **Méthodologie d'inventaire**

Les insectes ont été recherchés sur l'ensemble des sites expertisés par une prospection visuelle des habitats favorables, l'identification se faisant en vue rapprochée ou après capture/relâche au filet en cas de nécessité. Le relevé des orthoptères s'est également appuyé sur l'écoute des stridulations.

- **Limites des inventaires**

La principale limite méthodologique liée aux prospections de terrain est le nombre de passages réalisés par site (un passage sur les sites à enjeu faible et deux passages sur les sites à enjeux avérés) qui contribue à ne fournir que des observations partielles quant à la richesse spécifique d'un milieu.

- **Nomenclature utilisée**

L'objectif principal des relevés est de recenser les espèces protégées (au niveau national ou régional pour les insectes) ou patrimoniales sur l'aire d'étude, ainsi que de localiser les habitats utilisés par ces espèces.

- **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Insectes	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection	Arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des insectes protégés en région Île-de-France et complétant la liste nationale

- **Synthèse des outils de bio-évaluation** potentiellement applicables sur le fuseau d'étude

En l'absence d'évaluation des statuts de rareté pour de nombreux groupes franciliens depuis la sortie du guide de modernisation des ZNIEFF en 2002, la patrimonialité donnée dans le chapitre « Bioévaluation » est une estimation à dire d'expert largement basée sur les publications suivantes (les références détaillées sont dans la partie bibliographie) :

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Odonates	V.J. Kalkman, J.-P. Boudot, R. Bernard, K.-J. Conze, G. De Knijf, E. Dyatlova, S. Ferreira, M. Jović, J. Ott, E. Riservato and G. Sahlen. 2010. European Red List of Dragonflies.	Les Libellules de France, Belgique, Luxembourg (Grand & Boudot, 2006) Document préparatoire à une liste rouge des odonates de France métropolitaine (SFO, 2009) HOUARD X., JAULIN S., DUPONT P. & MERLET F., 2012. Définition des listes d'insectes pour la cohérence nationale de la TVB – Odonates, Orthoptères et Rhopalocères. Opie. 29 pp. + 71 pp. d'annexes.	Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) - ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007) ; Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France Liste rouge des Odonates de la région Île-de-France (autochtonie, rareté, fréquence et occupation), SFO/OPIE, 2014
Lépidoptères rhopalocères	Van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Lopez Munguira, M., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. and Wynhof, I. 2010. European Red List of Butterflies	Les Papillons de jour de France, Belgique, Luxembourg (Lafranchis, 2000) HOUARD X., JAULIN S., DUPONT P. & MERLET F., 2012. Définition des listes d'insectes pour la cohérence nationale de la TVB – Odonates, Orthoptères et Rhopalocères. Opie. 29 pp. + 71 pp. d'annexes. UICN France, MNHN, Opie & SEF (2012). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Papillons de jour de France métropolitaine. Les Zygènes de France, 2009. Revue de l'association des lépidoptéristes de France. Volume 18, n°43.	Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007) ; Les Papillons de jour d'Ile-de-France et de l'Oise (Doux et Gibeaux, 2007). Lépinet : www.lepinet.fr/lep/

Orthoptères	Liste Rouge des Orthoptères de France par domaine biogéographique (Sardet & Defaut, 2004) Atlas UEF des Orthoptères, 2009 Atlas des Orthoptères et mantidés de France ; Voisin, 2003 HOUARD X., JAULIN S., DUPONT P. & MERLET F., 2012. Définition des listes d'insectes pour la cohérence nationale de la TVB – Odonates, Orthoptères et Rhopalocères. Opie. 29 pp. + 71 pp. d'annexes.	Atlas des Orthoptères ; UEF, 2009 Atlas des Orthoptères et mantidés de France (Voisin, 2003) Guide de modernisation des ZNIEFF d'Île-de-France (2002) Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France. Liste et occurrence des espèces d'Orthoptères en île-de-France (OPIE, 2013) Sardet, 2008 (Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques N°12) Publications Serge Gadoum.
--------------------	---	--

7.2.4. Inventaires de l'avifaune

- **Méthodologie de prospection**

Afin d'évaluer la capacité d'accueil de l'aire d'étude pour les oiseaux nicheurs, des inventaires ponctuels ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des types de milieux présents. L'objectif principal était de contacter les espèces remarquables présentes sur l'aire d'étude et de cibler les secteurs à enjeu de conservation.

Afin d'évaluer les cortèges des oiseaux nicheurs sur l'ensemble de la zone d'étude, des inventaires ponctuels inspirés des Indices Ponctuel d'Abondance (IPA) ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des milieux présents.

Deux techniques de prospection complémentaires ont été utilisées au cours de ces inventaires :

- l'écoute des chants et cris des oiseaux à partir de parcours réalisés sur l'ensemble de l'aire d'étude (méthode semi-quantitative inspirée des IPA), dans les différents milieux naturels présents. L'observateur note également les différents contacts visuels qu'il peut effectuer ;
- pour les oiseaux ne se détectant pas par le chant (rapaces et grands échassiers essentiellement), une prospection visuelle aux jumelles et à la longue vue.

Ces techniques doivent être pratiquées le matin à l'heure où les oiseaux sont les plus actifs. Elle a l'avantage de pouvoir être réalisée lors d'un seul passage (en général au mois de juin) par point d'écoute si les conditions météorologiques sont favorables (temps sec, vent faible).

Les noms scientifiques et français utilisés dans cette étude proviennent de la « Liste officielle des Oiseaux de France », diffusée par la Commission de l'Avifaune Française en 2007.

• **Limites de la méthode pour l'inventaire des oiseaux**

La méthode d'échantillonnage, assez efficace, n'est cependant pas applicable aux espèces nocturnes ou celles à grand territoire telles que les rapaces qu'il faut donc considérer à une autre échelle. Chez ces derniers, le nombre de couples est estimé à la vue ou à partir de trace sur les sites fréquentés (fientes, pelotes) et leur statut (nicheur, de passage) apprécié en fonction du comportement (vol battu direct, pompes ou orbés d'individus observées en plein ciel). La méthode des échantillonnages est également plus difficile à réaliser si la zone à couvrir comporte un relief trop accidenté.

Les dates d'inventaires ont été calées de manière à prendre en considération la majeure partie des espèces d'oiseaux susceptibles d'occuper ou de survoler le site. Il reste néanmoins important de noter que les passages effectués ne permettent pas de prendre en compte toutes les espèces.

• **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Oiseaux	Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009, dite directive « Oiseaux »	Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

• **Synthèse des outils de bioévaluation potentiellement applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Oiseaux	Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Birds in Europe 2 (BirdLife International, 2004) Birds in the European Union – a status assessment (BirdLife, 2004)	Liste des espèces menacées en France, dans Oiseaux menacés et à surveiller en France, Liste rouge et priorité (YEATMAN-BERTHELOT D. & ROCCAMORA G. 1999) Rapaces nicheurs de France (THIOLLAY & BRETAGNOLLE, 2004) UICN France, MNHN, ONCFS & SEOF. 2011. La Liste rouge des espèces menacées en France, selon les catégories et critères de l'UICN. Chapitre Oiseaux nicheurs de France métropolitaine.	Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Les oiseaux d'Ile-de-France – nidification, migration, hivernage (CORIF-Delachaux et Niestlé d'après Le Marechal, Laloï & Lesaffre, 2013) ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007) Birard J., Zucca M., Lois g. et natureparif, 2012. Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs d'Ile-de-France. Paris. 72 p.

7.2.5. Inventaire des amphibiens

• **Méthodologie de prospection**

Les prospections ont été réalisées sur l'ensemble des habitats favorables à ces espèces, situés sur le fuseau d'étude. Les individus et les zones de pontes des différentes espèces, leurs territoires potentiels d'hivernage, et les éventuels axes de migrations présents sur les sites expertisés ont été recensés et localisés.

Deux protocoles d'observation ont été utilisés :

- **La détection directe**

Ce terme regroupe toutes les procédures de détection visuelle et auditive.

La détection visuelle est appliquée aussi bien en milieu terrestre qu'en milieu aquatique. Sur les sites de reproduction, tous les stades de développement sont concernés (adultes, larves, œufs...).

De plus, certaines espèces utilisent des signaux sonores pour signaler leur position à leurs rivaux et aux femelles. Ces chants sont caractéristiques de chaque espèce et peuvent être entendus à grande distance d'un site de reproduction.

Outre l'inventaire des espèces présentes, l'arpentage du milieu terrestre organisé selon un itinéraire de recensement permet de mettre en évidence les voies de déplacements des animaux.

Les visites, nocturnes et diurnes, ont été réalisées à pied mais aussi en voiture.

- **La capture en milieu aquatique**

Une technique classique de capture est la pêche à l'épuisette, très utile dans des points d'eau turbides et/ou envahis de végétation. Cette technique, susceptible de perturber le milieu naturel, a été utilisée avec parcimonie. Les animaux capturés ont rapidement été libérés sur place.

• **Limites des inventaires**

Le printemps 2014 n'a pas été très favorable aux amphibiens : temps sec et températures nocturnes relativement basses.

• **Nomenclature utilisée**

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (www.lashf.fr/).

• **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Amphibiens	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

• **Synthèse des outils de bioévaluation potentiellement applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Amphibiens	Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC <i>et al.</i> , 2004) Publications of the European Communities. Temple, H.J. and Cox, N.A. 2009. European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.	UICN France, MNHN & SHF. 2008. La Liste rouge des espèces menacées en France, selon les catégories et critères de l'UICN. Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Lescure J. & Massary de J.-C. (coords), 2012. – Atlas des Amphibiens et Reptiles de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires & biodiversité), 272p.	Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Ile-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Ile-de-France Lescure J, de Massary J-C & Oger F, 2010. Atlas des amphibiens et reptiles de la Seine-Saint-Denis – Biotope Edition, Collection Parthénope, 144 p.

7.2.6. Inventaire des reptiles

• **Méthodologie de prospection**

Les reptiles sont recherchés sur l'ensemble des habitats favorables : lisières forestières, haies, talus, zones xérophiles, bords de points d'eau, etc.

Les prospections consistent essentiellement en une recherche diurne à vue (et à l'ouïe) des reptiles, de préférence lors de journées couvertes mais chaudes et moites au printemps ou à la fin de l'été. Les reptiles sont diurnes mais on peut également observer certains serpents de nuit, en été, principalement au niveau des zones humides.

Les reptiles ont tendance à rechercher, pour s'abriter ou réguler leur température interne, des refuges à la surface du sol (pierres plates, rochers, souches...). Ces micro-habitats ont été recherchés et inspectés sur le fuseau d'étude.

• **Nomenclature utilisée**

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (www.lashf.fr/).

• **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Reptiles	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

• **Synthèse des outils de bio-évaluation** potentiellement applicables sur le fuseau d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Reptiles	<p>Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004)</p> <p>Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC <i>et al.</i>, 2004)</p> <p>Cox, N.A. and Temple, H.J. 2009. European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.</p> <p>Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.</p>	<p>UICN France, MNHN & SHF. 2008. La Liste rouge des espèces menacées en France, selon les catégories et critères de l'UICN. Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine.</p> <p>Lescure J. & Massary de J.-C. (coords), 2012. – Atlas des Amphibiens et Reptiles de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires & biodiversité), 272p.</p> <p>Vacher J.-P. & Geniez M., 2010 – Les Reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, édition Biotope, Mèze (France). 544 p.</p>	<p>Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)</p> <p>Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Ile-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Ile-de-France</p> <p>Lescure J, de Massary J-C & Oger F, 2010. Atlas des amphibiens et reptiles de la Seine-Saint-Denis – Biotope Edition, Collection Parthénope, 144 p.</p>

7.2.7. Inventaire des chiroptères

• **Méthodologie de prospection**

Les enjeux chiroptères étant très limités sur le fuseau d'étude de la ligne 18, seule une recherche de gîte a été opérée sur les secteurs boisés du fuseau d'étude.

Les boisements ont été parcourus à la recherche de sujets favorables au gîte des chauves-souris. Il s'agit d'arbres présentant des cavités, des loges de pic, des décollements d'écorces et autres caries pouvant accueillir des chiroptères, en période hivernale et/ou estivale. Plusieurs éléments sont relevés sur le terrain comme :

- l'essence de l'arbre, son diamètre et sa hauteur ;
- le type de gîte (fissure, trou de pic, branche creuse, écharde cassée, écorce décollée...), son orientation et sa situation (dans les bois, en lisière, en berge de rivière ou en bord de chemin).

• **Nomenclature utilisée**

Les critères utilisés pour définir le degré de potentialité sont :

- gîte faiblement potentiel : gîte favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation ;
- gîte moyennement potentiel : gîte très favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation ;
- gîte fortement potentiel : arbre avec traces visibles d'utilisation.

• **Textes de protection applicables sur le fuseau d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Chiroptères	<p>Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16</p>	<p>Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.</p> <p>Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département.</p>	(néant)

• **Synthèse des outils de bioévaluation** potentiellement applicables sur le fuseau d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Chiroptères	<p>Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004)</p> <p>Red List of threatened species – Regional assessment (UICN, 2007)</p> <p>The atlas of European Mammals (MITCHELL-JONES A. J. & al. 1999)</p>	<p>La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFEPM & ONCFS 2009)</p> <p>« Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)</p>	<p>Guide méthodologique pour la création de ZNIEFF en Île-de-France (DIREN 2002)</p> <p>Statuts départementaux des espèces <i>in</i> « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)</p> <p>Plan Régional d'Actions en faveur des chiroptères en Île-de-France : 2012-2016 (BIOTOPE, 2011)</p>

7.2.8. Inventaire des mammifères

- Méthodologie de prospection**

Les observations ont été réalisées par les différents experts faunistes au cours de leurs prospections relatives aux autres groupes de faune.

L'inventaire des mammifères a été réalisé en utilisant deux techniques complémentaires :

- Recherches d'indices de présence

Les « indices de présence » sont autant de signatures laissées sur le terrain par une faune souvent très discrète et nocturne. Lors des reconnaissances et des investigations de terrain, les indices de présence sur chaque transect sont notés (dégâts sur les végétaux, indices sur les fruits et graines, indices sur les coquilles d'œufs, empreintes de pattes, traces de griffes, excréments, coulées, terriers et gîtes). Chaque indice est photographié et précisément localisé avec un GPS.

- Observations directes

Nos mammalogues mettent à profit sur le terrain leur connaissance de l'écologie et du comportement des grands mammifères (cerf, chevreuil, sanglier ...) pour conduire des investigations de terrains qui leur permettront d'effectuer des contacts avec ces animaux. L'étude préalable sur fonds aériens des terrains d'investigation permet une appréhension des zones de contacts potentiels avec les animaux permettant de cibler les prospections.

- Textes de protection**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères (dont les Chiroptères)	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département.	(néant)

- Synthèse des outils de bio-évaluation potentiellement applicables sur l'aire d'étude**

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères (dont les Chiroptères)	Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Red List of threatened species – Regional assessment (UICN, 2007) The atlas of European Mammals (MITCHELL-JONES A. J. & al. 1999)	La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFPEM & ONCFS 2009) « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)	Guide méthodologique pour la création de znieff en Île-de-France (DIREN 2002) Statuts départementaux des espèces <i>in</i> « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009) Plan régional d'Action pour les chiroptères

7.2.9. Zones humides

7.2.9.1 Pré-identification

L'identification des zones humides potentielles au sein du fuseau d'étude s'appuie dans un premier temps, **sur l'analyse de la couche des enveloppes d'alerte Zones humides de la DRIEE Ile-de-France**, de 2010. Ces enveloppes d'alertes sont réparties en cinq classes présentées dans le tableau ci-dessous selon la probabilité de présence d'une zone humide et le caractère de la délimitation qui conduit à cette analyse. Cette étude tient notamment compte des zones à dominantes humides mises en évidence par le SDAGE Seine-Normandie.

Présentation des classes de l'enveloppe d'alerte de la DRIEE Ile-de-France pour les zones humides

Classe	Type d'information
Classe 1	Zones humides de façon certaine et dont la délimitation a été réalisée par des diagnostics de terrain selon les critères et la méthodologie décrits dans l'arrêté du 24 juin 2008 modifié
Classe 2	Zones dont le caractère humide ne présente pas de doute mais dont la méthode de délimitation diffère de celle de l'arrêté : - zones identifiées selon les critères de l'arrêté mais dont les limites n'ont pas été calées par des diagnostics de terrain (photo-interprétation) - zones identifiées par des diagnostics terrain mais à l'aide de critères ou d'une méthodologie qui diffère de celle de l'arrêté
Classe 3	Zones pour lesquelles les informations existantes laissent présager une forte probabilité de présence d'une zone humide, qui reste à vérifier et dont les limites sont à préciser.
Classe 4	L'enveloppe de cette classe est en fait le négatif de la fusion des 4 autres classes : zones en dehors des 4 autres classes. Pour cette raison, la classe 4 n'est pas représentée dans la carte « ENVELOPPE_ALERTE ».
Classe 5	Zones en eau, qui ne sont pas considérées comme des zones humides mais qui peuvent présenter des secteurs potentiellement humide (végétation, sol).

Dans un deuxième temps, elle s'est appuyée sur **la bibliographie locale disponible** qui précise le caractère humide de certains secteurs. L'inventaire des zones humides réalisé en 2012-2013 par le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB) ;

Des compléments locaux ont été utilisés à travers l'étude des zones humides du territoire de Paris-Saclay, réalisé par l'EPPS en 2012.

Enfin, l'identification des zones humides s'est basée sur **une expertise de la végétation** sur la base des prospections réalisées.

L'ensemble des prospections a été réalisé sur la base de CORINE Biotope. L'utilisation du niveau 3 de CORINE Biotope (un chiffre à droite du point : XX.X) est systématisé à l'ensemble de la zone pour les habitats naturels. Les habitats artificiels sont, quant à eux, souvent caractérisables avec le niveau 2 uniquement. Pour les habitats issus des travaux d'aménagement, des travaux agricoles ou de plantation ne permettant pas dans leur intégralité de justifier du caractère humide ou non humide de la zone considérée, différentes méthodes sont mises en place :

- Cas 1 : relevé des espèces végétales spontanées présentes sur le site concerné en se référant à la liste des espèces de l'annexe 2 de l'arrêté de 2008 modifié (pour les friches, les zones hyper piétinées et les plantations ligneuses) ;
- Cas 2 : recherche systématique des adventives et des messicoles indicatrices pour les parcelles cultivées ;
- Cas 3 : préconisation quant à la pertinence d'une étude pédologique pour les zones ne présentant aucune espèce spontanée (terrain de sport, de loisirs, jardins, parcs, espaces verts, cultures sans adventives, bâti...).

Ce complément d'analyse par le critère « végétation » sera complété par des expertises pédologiques au fur et à mesure de l'avancée du projet selon les sites restant à caractériser.

7.2.9.2 Critères « habitats naturels »

Les expertises « habitats naturels » effectuées au sein du fuseau d'étude du projet sont présentées dans la partie précédente (Cf. 3.2.2). Les habitats rencontrés dans ces zones ont été cartographiés à l'échelle du 1/5000. Pour la cartographie finale, chaque habitat ou groupe d'habitats est nommé et codé selon la nomenclature CORINE Biotopes. Cette nomenclature permet d'établir une correspondance avec le caractère humide de l'habitat : Humide (H), Pro parte ou potentiellement humide (P), Non humide (Non concerné).

Une méthodologie particulière a été adoptée pour les communautés strictement aquatiques qui ont un statut particulier dans l'arrêté de 2008 modifié. Ainsi plusieurs critères ont été appliqués pour définir leur statut :

- les communautés flottantes librement à la surface de l'eau de la classe des Lemnetaea (communautés de lentilles d'eau pour partie), lorsqu'elles étaient représentatives au sein d'un milieu aquatique stagnant fermé (mare, plan d'eau) ont été considérées **comme habitats humides** ;

- les végétations aquatiques enracinées immergées ou émergées, en milieu stagnant ou en zone de hauts fonds en cours d'eau, lorsque ces groupements ont été observés sur des surfaces significatives (herbiers denses à moyennement denses), ont été considérées **comme habitats non humides** ;
- les mares sans végétation aquatiques ou asséchées temporairement sont considérées **comme Pro parte**.
- les cours d'eau sans végétation et sans substrats exondés (bands de sables, dépôts d'alluvions fluviales, etc.) sont considérés comme *Pro parte* par l'arrêté de 2008 modifié.

Le fuseau d'étude étant en partie urbanisé, de nombreuses zones prospectées correspondent à des végétations anthropiques (pelouses de parcs fréquemment tondues, plantations d'arbres, jardins potagers, etc.). Ces habitats anthropiques ne sont pour la plupart pas mentionnés dans l'arrêté de 2008 modifié. L'intensité de l'action humaine au sein de ces formations végétales empêche bien souvent la flore spontanée de s'exprimer. Ainsi, la végétation ne peut donc pas constituer un bon indicateur pour la délimitation des zones humides. Dans la méthodologie, ces habitats naturels ont été considérés comme « **non concernés** », **sauf dans le cas d'une imperméabilisation marquée où ils sont déclarés « non humides »**. Toutefois, l'arrêté de 2008 modifié précise qu'il faut recourir à la pédologie pour statuer sur le caractère humide ou non humide de la zone.

Exemple d'une analyse selon le critère habitat :

Secteur d'aménagement	Code Corinne Biotope	Habitat naturel	Surface (ha)	Surface (m ²)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Saint-Quentin Est	84.1	Alignement d'arbres	0,08	849,91	<i>Pro parte</i>	Potentiellement humide

Dans le cas d'une mosaïque d'habitats (habitats XX.X*XX.X), l'ordre des intitulés souligne l'importance de chaque habitat sur la parcelle concernée et le premier code prévaut sur le second.



Des sondages pédologiques seront amenés à être effectués.

7.2.10. Corridors écologiques

Les éléments liés aux corridors écologiques ont été étudiés sur la base des sources bibliographiques suivantes :

- Le Schéma Régionale de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France ;
- Les milieux naturels et des continuités écologiques de Seine-et-Marne (2013) ;
- Les chemins des parcs du département de la Seine-Saint-Denis.

Ces éléments ont été mis en regard avec les résultats des expertises écologiques de terrain (voir paragraphe précédents) afin d'affiner la connaissance des éléments bibliographiques au contexte local.

7.2.11. Services écosystémiques

• Échelles de travail

Dans le cadre de cette étude, l'échelle de travail s'appuie sur le fuseau d'étude (zone tampon large de 500 m de part et d'autre des différents tracés potentiels du métro) incluant les éléments du projet (gares, ateliers de maintenance, etc.).

• Typologie retenue pour l'occupation du sol

La première étape de ce travail a consisté à lister les différents types d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le fuseau d'étude. Une typologie d'occupation des sols a été réalisée sur la base des données issues des couches d'occupation du sol produites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-Île-de-France) :

- le MOS 47 postes, cartographie détaillée du mode d'occupation des sols axée sur l'urbanisation (version réactualisée en 2008) ;
- l'ECOMOS, cartographie des milieux naturels basée sur la réinterprétation des postes « naturels » du MOS, de façon à créer une couche compatible avec ce dernier (version de 2008).

Les données du MOS utilisées dans le cadre de la présente analyse sont mises à jour tous les quatre ans par l'IAU. Lorsque la Société du Grand Paris a engagé courant 2011, l'élaboration de ses premiers dossiers d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, la version 2012 du MOS, publiée en 2013 n'était pas encore disponible. Par la suite, compte tenu des échéances relativement rapprochées de production et de présentation au public des dossiers d'enquête de différents tronçons du GPE, le choix a été fait de continuer à utiliser comme référence le MOS 2008 de manière à présenter une analyse cohérente sur l'ensemble des études d'impacts et à l'échelle du programme.

Certains milieux (ou postes du MOS et de l'ECOMOS) présentant le même fonctionnement ont été regroupés. Les milieux ne produisant ni biens ni services écosystémiques ont été supprimés (ex : habitats, commerces, gares routières, zones de chantier, ...). Le tableau de correspondance entre les intitulés du MOS/ECOMOS et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques est présenté ci-dessous.

Correspondance entre les intitulés des postes du MOS (47 postes, 2008), de l'ECOMOS (2000) et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques (SE)

Source	Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories)
Ecomos	Feuillus sur sable	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	Forêt mélangée mésophile	Espaces boisés	
MOS 47	Bois ou forêts	Espaces boisés	
Ecomos	Feuillus xéro à mésophile	Espaces boisés	
Ecomos	Prébois calcicole	Espaces boisés	
Ecomos	Forêt mélangée sur platière ou chaos gréseux	Espaces boisés	
MOS 47	Coupes ou clairières en forêts	Espaces boisés	
Ecomos	sol nu, décapé	Espaces boisés	
MOS 47	Peupleraies	Plantations	
Ecomos	Peupleraie	Plantations	
Ecomos	Résineux	Plantations	
Ecomos	Forêt marécageuse	Zones humides	
Ecomos	Feuillus humides	Zones humides	
Ecomos	Prairie humide	Zones humides	
Ecomos	Roselière	Zones humides	
Ecomos	Mégaphorbiaie	Zones humides	
Ecomos	Autre type de zone humide intérieure	Zones humides	
Ecomos	Mouillère	Zones humides	
Ecomos	Zone marécageuse avec saules	Zones humides	
Ecomos	Tourbière	Zones humides	
MOS 47	Eau	Eau	
Ecomos	Plan d'eau avec végétation aquatique	Plans d'eau	
Ecomos	Plan d'eau permanent libre	Plans d'eau	
Ecomos	Plan d'eau avec nénuphar	Plans d'eau	
MOS 47	Surfaces en herbe à caractère agricole	Cultures	
MOS 47	Terres labourées	Cultures	
Ecomos	Culture à gibier + parcelle boisée	Cultures	
MOS 47	Cultures intensives sous serres	Cultures intensives	
MOS 47	Maraîchage, horticulture	Cultures spécialisées	
MOS 47	Jardins familiaux	Jardins familiaux	
Ecomos	Vergers non entretenus	Vergers	
Ecomos	Vergers en friche	Vergers	
MOS 47	Vergers, pépinières	Vergers	
MOS 47	Jardins de l'habitat	Jardins	
MOS 47	Parcs liés aux activités de loisirs	Parcs urbains	
Ecomos	Formations multistrates liées aux infrastructures ou installations	Parcs urbains	
MOS 47	Parcs ou jardins	Parcs urbains	
Ecomos	Végétation clairsemée	Friches	

Source	Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories)
	Friche herbacée	Friches	
Ecomos	Friche sur ancienne terre agricole	Friches	
Ecomos	Pelouse en carrière	Prairies	
Ecomos	Affleurement rocheux ou sableux	Prairies	
Ecomos	Pelouse calcaire	Prairies	
Ecomos	Pelouse sur sable	Prairies	
MOS 47	Surfaces en herbe non agricoles	Prairies	
Ecomos	Prairie mésophile	Prairies	
MOS 47	Terrains vacants	Terrains vacants	
MOS 47	Vacant rural	Vacants ruraux	

Les libellés de cette nouvelle typologie ainsi que leurs définitions sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Typologie générale retenue pour l'occupation du sol (définitions adaptées au contexte de l'étude)

Milieux	Sous-catégories	Définition
Milieux forestiers	Espaces boisés	Forêts, coupes ou clairières en forêt et sols à nu décapés.
	Plantations	Plantations de peupleraies et de résineux.
Milieux aquatiques	Zones humides	Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée.
	Eau	Tous cours d'eau permanents sans restriction de largeur maximum.
	Plans d'eau	Plans d'eau permanents libres et plans d'eau avec végétation aquatique..
Milieux agricoles	Cultures	Surfaces en herbe à caractère agricole. Terres labourées comprenant toutes formes de cultures annuelles, à l'exclusion des maraîchages et des cultures florales. Cultures à gibier et leurs parcelles boisées associées.
	Cultures intensives	Toutes cultures sous serres, châssis ou arceaux.
	Cultures spécialisées	Maraîchage et horticulture. Cultures intensives annuelles de plein air, cultures légumières de plein champ, maraîchages sans serres, ni châssis, cultures florales, ...
	Jardins familiaux	Jardins, vergers, potagers sur des parcelles indépendantes de l'habitat d'usage familial et non de production agricole.
	Vergers	Toutes cultures fruitières de plus de 1000 m ² homogènes et de production commerciale. La vigne est classée dans cette catégorie.
Milieux ouverts	Friches	Végétation clairsemée, friche herbacée, friche sur ancienne terre agricole.
	Prairies	Surfaces en herbe non agricoles associées aux infrastructures, aux

Milieux	Sous-catégories	Définition
		terrains de manœuvre militaires, aux abords des pistes d'aérodromes, aux couloirs des lignes à haute tension, aux châteaux et similaires. Pelouse en carrière, pelouse calcaire, mésophiles ou herbacée.
	Vacant rural	Carrières abandonnées, terrains de manœuvres, vergers abandonnés, emprise de déboisement des lignes électriques.
	Terrains vacants	Terrains vagues en milieu urbain, terrains libres et non bâtis.
Parcs et jardins	Jardins	Jardins d'agrément, potagers ou vergers liés à l'habitat individuel ou rural, d'une superficie inférieure à 5000 m ² et supérieure à 1000 m ² environ par parcelles. Les jardins hors agglomération avec abris, cabane, etc. sont classés dans ce thème.
	Parcs et jardins⁵⁰	Parcs et jardins (publics ou privés) dont la superficie est supérieure à environ 5000 m ² . Parcs liés aux activités de loisirs (parcs animaliers, zoos, parcs d'attractions, centres de loisirs sans hébergement), formations multi strates liées aux infrastructures ou installations.

• **Identification des services écosystémiques**

Dans le cadre de cette étude, 15 services écosystémiques ont été identifiés dans le fuseau d'étude.

Cette liste ne prétend pas être exhaustive car certains services sont parfois difficiles à qualifier ou sont parfois même contestés (voir méthodologie du rapport de l'étude globale pour plus de précisions).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. Le tableau suivant présente le lien établi entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

Le lien entre milieux et services, présenté dans le tableau qui suit, permet une automatisation des résultats. Néanmoins, les milieux d'une même sous-catégorie peuvent apporter des services légèrement différents (par exemple, la chasse n'est pas pratiquée dans tous les espaces boisés, ...). Ceci sera détaillé lors de l'étude précise des impacts (voir section suivante).

⁵⁰ Certains parcs urbains sont caractérisés par la présence d'espaces boisés ou prairiaux. Lorsque ces entités sont de taille importante, leur superficie a été comptabilisée dans les catégories « Milieux forestiers » ou « Milieux ouverts ». La superficie des parcs urbains caractérisée par le MOS peut donc être inférieure à la surface réelle de ces parcs.

Lien entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques

		Milieux forestiers		Milieux aquatiques			Milieux agricoles					Parcs et jardins		Milieux ouverts			
		Espaces boisés	Plantations	Zones humides	Eau	Plan d'eau	Cultures	Cultures intensives	Cultures spécialisées	Jardins familiaux	Vergers	Jardins	Parcs urbains	Friches	Prairies	Terrains vacants	Vacant rural
Services écosystémiques																	
APPROVISIONNEMENT	<i>Production agricole</i>																
	<i>Cueillette terrestre</i>																
	<i>Récolte de bois</i>																
REGULATION	<i>Ecrêtement des crues</i>																
	<i>Soutien d'été</i>																
	<i>Autoépuration de l'eau</i>																
	<i>Purification de la qualité de l'air</i>																
	<i>Régulation du climat global</i>																
	<i>Régulation du climat local</i>																
	<i>Contribution à la pollinisation</i>																
SOCIO-CULTUREL	<i>Paysage</i>																
	<i>Chasse</i>																
	<i>Pêche de loisir</i>																
	<i>Sports de nature</i>																
	<i>Tourisme et loisirs de nature</i>																

- **Evaluation des enjeux**

Les surfaces des milieux naturels et semi-naturels⁵¹ au sein de la Ligne 18 ont été calculées par traitement SIG du MOS 47 postes (2008) et de l'ECOMOS (2008). La correspondance entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques rendus permet ensuite d'en déduire les superficies en milieux (semi)naturels à l'origine des différents services écosystémiques⁵².

- **Evaluation des impacts liés au projet**

Pour ce projet, deux types d'impact ont été analysés :

- les **impacts liés à la phase de construction** du métro (phase chantier), c'est-à-dire les impacts temporaires liés aux gares et ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier), site de maintenance et à la construction du viaduc ;
- les **impacts liés à la phase d'exploitation** du métro, c'est-à-dire les emprises au sol permanentes des gares et des ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier) et du site de maintenance. L'emprise au sol des entrées de gares n'étant pas sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, elle n'a pas été prise en compte dans cette étude.

De même que pour l'évaluation des enjeux, les surfaces des milieux (semi)naturels impactées en phase chantier ou d'exploitation ont été calculées et mises en relation avec les différents services écosystémiques produits par ces mêmes milieux.

- **Limites de la méthode**

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet sont assortis d'un certain nombre de limites et incertitudes. Du fait de l'ampleur spatiale du projet, du manque de données chiffrées sur le territoire d'étude et de la fragilité actuelle des connaissances sur la dynamique des écosystèmes et de leur relation avec les services rendus, la quantification de certains services reste délicate. Un indicateur surfacique (superficie des milieux impactés) a donc été utilisé pour évaluer l'impact potentiel du projet du Grand Paris sur les services écosystémiques. Cette méthode assume un poids similaire entre services et sous-entend une relation linéaire entre la superficie d'un milieu et les enjeux associés aux services qu'il rend.

Concernant la quantification des **services socioculturels liés aux parcs urbains et espaces boisés** *via* l'indicateur de densité d'espaces verts par habitant, les projets d'aménagement d'espaces verts en cours ou à venir (notamment la création d'espaces verts aux abords des gares liées au projet de métro du Grand Paris) n'ont pas été pris en compte dans cette analyse. Par ailleurs, la densité en espaces verts par habitant, calculée sur la base de la population de 2012 et de la superficie en espaces verts de 2008 est basée sur l'hypothèse qu'il n'y a eu aucune variation significative en trois ans.

⁵¹ Par souci de concision, l'intitulé milieux (semi)naturels sera utilisé dans le reste du document.

⁵² A l'échelle de la Ligne Rouge Ouest et comme précisé dans le paragraphe précédent, la correspondance entre milieu et service est systématiquement détaillée.

7.3. Contexte pédologique, agricole et sylvicole

7.3.1. Pédologie

L'analyse repose sur la carte pédologique régionale établie par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Du fait de l'ancienneté de cette carte datant de 1998, les données ont été mis en perspective du mode d'occupation du sol pour corriger certains secteurs au vu de la situation réelle (zones urbanisées depuis 1998 ayant conduit à une anthropisation des sols).

7.3.2. Agriculture

Les éléments liés aux activités agricoles ont été étudiés sur la base des données disponibles provenant :

- Du Recensement Parcellaire Graphique (RPG) de 2010 (version libre), qui permet le recensement et la localisation sous SIG des surfaces sur lesquelles les exploitants perçoivent des aides de la Politique Agricole Commune (PAC) ;
- Des données du Recensement agricole de 2010 (données DRIAAF), disponibles pour les départements de la Grande couronne : les données sont agrégées par commune (Surface Agricole Utile, nombre d'exploitation...) ;
- Du MOS de 2008 (données IAU-IDF) ;
- De l'étude sur « Paris et l'agriculture francilienne » réalisée par la DRIAAF^[1] en septembre 2014 ;
- De l'étude « Caractéristiques et problématiques de l'agriculture périurbaine en Ile-de-France » réalisée par la DRIAAF en mai 2010 ;
- Des données transmises par la Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural (SAFER)

7.4. Patrimoine

- **Méthodologie utilisée**

Le recensement des éléments de patrimoine a été réalisé grâce aux données disponibles sur les sites internet des organismes compétents en matière de patrimoine :

- La base de données Mérimée concernant le patrimoine architectural français, mise en ligne par le Ministère de la Culture et de la Communication - Direction de l'Architecture et du Patrimoine et qui recense les éléments de patrimoine présent sur chaque commune, y compris certains ouvrages non protégés mais labellisés ;
- Le portail géographique Atlas des patrimoines, mis en ligne par le Ministère de la Culture et de la Communication - Direction générale des patrimoines qui permet d'avoir accès à certaines données géographiques du territoire (ZPPAUP, Monuments historiques, servitudes de protection associées...) ;

^[1] Direction Régionale et Interdépartementale de l'alimentation de l'agriculture et de la forêt en Ile-de-France

- Le portail géographique CARMEN, mis en ligne par le Ministère de l'écologie, du Développement durable et de l'Énergie, qui met à disposition les informations relatives aux sites inscrit et classé.

Pour compléter et mettre à jour ces données et recueillir d'éventuelles attentes particulières, le Service Territorial de l'Architecture et du Patrimoine a été consulté.

Concernant les ZPPAUP et le secteur sauvegardé de Versailles, les règlements spécifiques ont été collectés sur les sites Internet des communes concernées.

Les données concernant le patrimoine archéologique ont été obtenues auprès du Service Régional de l'Archéologie de la Direction Régionale des Affaires Culturelles d'Ile de France.

- **Limites de la méthode**

Cette méthode s'appuie sur la reconnaissance réglementaire des monuments et des sites. D'autres éléments de patrimoine peuvent être concernés par le projet, non protégés, ils ont une moindre importance et sont donc pris en compte de manière indirecte au travers des autres problématiques (cf. rigoles, boisements, zones agricoles...).

Concernant le patrimoine archéologique, il est composé de vestiges connus, parfois étudiés, mais surtout de vestiges restant à découvrir. Les démarches d'archéologie préventive et la réglementation sur les découvertes fortuites permettent de prendre en compte les enjeux de manière progressive.

7.5. Paysage

- **Méthodologie utilisée**

Le paysage est un concept culturel, il peut être variable en fonction des filtres sociaux propre à chaque observateur. Toutefois, à l'échelle d'un territoire, il est possible de dégager des caractéristiques fortes et partagées qui permettent d'évaluer la sensibilité d'un paysage et l'acceptabilité d'un projet susceptible de le modifier.

La description de l'état des lieux et de la sensibilité d'un paysage passe par la description de ses caractéristiques physiques, de son occupation des sols, des usages et des perceptions sociales de ce territoire. Les premiers fondements naturels et humains des paysages de l'aire d'étude sont en partie présentés dans les parties relatives aux milieux physique et humain.

Les atlas des paysages ont été utilisés. L'atlas des paysages est un outil de connaissance et d'orientation élaboré par les collectivités locales sous l'impulsion du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE). Il n'a pas de valeur juridique et est donc utilisé comme une source bibliographique et un référentiel de base. Il propose une description du territoire selon un découpage en unités paysagères. Une unité paysagère est une enveloppe géographique homogène de combinaison de facteurs humains et naturels. Elles désignent des secteurs ayant globalement les mêmes caractéristiques ou les mêmes problématiques en termes d'évolution ou de sensibilité patrimoniale. Les limites paysagères sont généralement des transitions difficiles à cartographier par un simple trait. Les cartographies des unités paysagères identifient donc différents ensembles et la typologie peut varier en fonction des critères pris en compte ou du point

de vue. Elle reprend, de manière générale, le découpage des structures géographiques structurantes (occupation des sols dominante, vallées, plateau...).

La description du paysage est progressive, de l'échelle du fuseau à l'échelle de la zone de passage préférentiel dans l'état des lieux, à l'échelle des ouvrages pour l'étude d'impact.

L'étude d'impact prend en compte les modifications de la composition paysagère induites par le projet mais également les modifications de la perception du territoire par les observateurs (riverains ou visiteurs).

- **Limites de la méthode**

Compte-tenu de l'avancement du projet, l'aspect des ouvrages n'est pas encore connu. Le projet a donc été évalué à partir des éléments programmatiques qui sont intégrés dans les marchés des concepteurs.

7.6. Population, emplois et occupation du sol

7.6.1. Méthodologie

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en situation avec projet et sans projet (situation « référence »), ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière. Elles sont identiques à celles utilisées pour alimenter l'évaluation socio-économique du projet, qui figure dans la pièce H du présent dossier d'enquête publique.

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 :

- 20m² SHON/emploi ;
- 30m² SHON/habitant.

Ces ratios définissent respectivement la surface moyenne attribuée par emploi et par habitant, exprimée ici en mètres carrés de Surface Hors Œuvre Nette (SHON).

Pour le logement, le ratio retenu se base notamment sur la moyenne des tendances annuelles d'évolution (croissante) entre 2005 et 2030 de la surface habitable par personne estimées par l'IAURIF⁵³. En supposant une moyenne de 2.3 personnes par logement⁵⁴, cela revient à considérer une surface moyenne de 70m² SHON par logement.

Pour l'emploi, les surfaces moyennes par employé varient fortement selon le secteur d'activité concerné et il est très difficile d'estimer, d'ici à l'horizon du projet, l'évolution de cette surface moyenne. Ce, d'autant plus que les hypothèses d'évolution de l'emploi fournies par le Maître d'Ouvrage ne distinguent pas ces différentes catégories socioprofessionnelles. Dès lors, par souci de

⁵³ Source : *Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008*

⁵⁴ Source : *chiffre INSEE, 2008, pour la région Ile-de-France*

précaution, il a été jugé utile d'augmenter le ratio qui avait été utilisé lors de l'évaluation stratégique environnementale (à savoir 12m²SHON/emploi) et de le porter à 20m²SHON/emploi.

En multipliant ces ratios par les estimations d'évolution de la population et de l'emploi, il a été possible d'évaluer les surfaces supplémentaires nécessaires pour accueillir ces populations et ces emplois.

Il faut bien distinguer les notions de « surfaces hors œuvre nettes (SHON) », qui désigne les surfaces de plancher à construire des « surfaces au sol » nécessaires à l'accueil des dites SHON : un besoin plus important en surfaces nouvelles ne signifie pas forcément une consommation supérieure d'espaces naturels et agricoles. Cette consommation sera également fonction de la densité utilisée pour la construction de ces surfaces et, donc, du coefficient d'occupation du sol utilisé.

Une fois les surfaces SHON déterminées, il faut donc se poser la question suivante : *de quelle manière ces surfaces supplémentaires peuvent-elles être créées selon le lieu et selon le scénario étudié.* La démarche suivie pour répondre à cet objectif s'appuie sur la définition d'un niveau d'augmentation potentielle du COS⁵⁵ actuel d'ici à l'horizon de projet, appelé « $\Delta\text{COS}_{2005-2030}$ ». Les hypothèses de construction/densification qui en découlent ont été implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un Système d'Information Géographique.

Concrètement, un $\Delta\text{COS}_{2005-2030}$ a été appliqué à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, pour chaque scénario, et différencié selon :

- la **nature du MOS** qui détermine les caractéristiques architecturales ou urbaines de l'entité et, donc, sa capacité de densification⁵⁶ ;
- la localisation par rapport à la **ZPNAF du Plateau de Saclay** ;
- la **localisation par rapport à un arrêt de transport en commun** (critère utilisé uniquement pour les scénarios projet) : futures gares du métro du Grand Paris Express, mais également les gares de métro, de RER, de Transilien et de Tramway dont l'accessibilité augmentera fortement grâce à la mise en œuvre du projet. Les critères croisés et pris en compte sont les suivants :
 - o 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 C⁵⁷ ;
 - o un critère plus quantitatif, qui fournit une information supplémentaire sur l'offre TC disponible à l'arrêt à l'horizon de projet : *le gain, en termes de temps de parcours en transport en commun à destination du reste de l'Île-de-France*, que la mise en œuvre du projet va permettre de créer à chaque arrêt comparativement à une situation sans projet (référence). Ce critère est ventilé en 3 catégories : 0 (gains considérés « négligeables »), 1 (gains d'accessibilité « moyens ») et 2 (« élevés ») ;

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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)

⁵⁷ Les gares de type A sont les gares les mieux desservies ; celles de type C sont les gares les moins bien dotées au niveau fréquence et nombre de lignes. Les gares de type B se situent naturellement entre les deux précédentes.

- o les périmètres d'influence⁵⁸ de chaque arrêt : un « périmètre de référence » de 500 mètres (l'équivalent d'une zone d'accessibilité de 6 minutes à pieds) et un « périmètre rapproché » de 2 kilomètres (zone d'accessibilité en vélo).

L'application d'un $\Delta\text{COS}_{2005-2030}$ à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, prenant en compte la densité supplémentaires rendue possible grâce à la mise en œuvre d'une infrastructure de transport d'une envergure telle que celle du métro du Grand Paris Express, a permis d'obtenir une estimation des surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir les nouvelles populations et emplois d'ici à l'horizon de projet.

7.6.2. Limites

Les cadrages socio-démographiques utilisés ont été établis pour apprécier les effets prévisionnels du projet, tant à l'échelle globale de la région Ile-de-France qu'à celle du territoire desservi par le tronçon « Ligne 18 », en matière d'occupation du sol, mais aussi en matière de mobilité et de qualité de l'air. Ces hypothèses d'évolution démographiques n'ont donc pas vocation à être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels. Elles ont été construites dans un objectif stratégique, afin d'alimenter l'exercice d'estimation des impacts du projet et les chaînes de modélisation des outils utilisés, et non directement prospectif. S'agissant plus particulièrement de l'occupation du sol, il est nécessaire de garder à l'esprit que le choix des hypothèses d'entrée peut avoir des conséquences significatives sur les résultats obtenus dans l'étude d'impact environnemental, qui devront en tout état de cause être confrontés aux politiques d'aménagement mises en œuvre par les collectivités locales.

Pour les mêmes raisons, le niveau de définition stratégique des projections utilisées en matière de population et d'emploi n'a pas permis une analyse fine des effets du projet sur la démographie et l'économie franciliennes (par exemple : effets sur les caractéristiques des ménages, les secteurs d'activités des emplois, etc.). Des éclairages complémentaires sur les incidences du projet en termes de localisation des emplois, de productivité des entreprises ou encore de bilan social et territorial sont toutefois apportés dans l'évaluation socio-économique figurant en pièce H du présent dossier.

Par ailleurs, l'ensemble de la démarche d'évaluation des impacts potentiels du projet sur l'occupation du sol s'appuie sur la construction de structures d'urbanisation permettant notamment de définir un niveau d'augmentation potentielle du COS d'ici à l'horizon de projet. Ce ΔCOS s'applique à chaque type de surface du mode d'occupation du sol actuel en fonction de différents critères (typologie, localisation, scénario étudié).

L'approche méthodologique utilisée est basée sur quatre points forts, dont trois qui possèdent des limites à souligner :

- l'évolution de la population et de l'emploi dans le périmètre étudié d'ici à l'horizon de projet : les hypothèses spécifiées par le définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière ont été utilisées comme données d'entrée de l'exercice ;
- la conversion des populations et des emplois nouveaux en besoins supplémentaires de surfaces à créer d'ici à l'horizon de projet : l'hypothèse conservatrice utilisée est que le

⁵⁸ 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

phénomène de desserrement des ménages ne s'accentuerait pas d'ici à 2030 et, qu'également, chaque nouvel emploi en 2030 nécessiterait la même surface de plancher qu'en 2005. Ce sont des hypothèses discutables qui font que les gains obtenus en faveur du projet peuvent être sous-estimés ;

- les hypothèses d'application des ΔCOS sur le mode d'occupation du sol actuel. Pour tous les scénarios, il n'a pas été pris en compte ;
- les contraintes réglementaires qui existent à l'heure actuelle dans certaines zones et qui sont un frein à un processus plus ou moins intense d'urbanisation/de densification (exemple : espaces naturels protégés, forêts de protection, sites classés, zones d'inconstructibilité, etc.) ;
- l'évolution du prix du foncier qui va largement conditionner le choix d'implantation des ménages et des emplois ;
- les démarches locales d'aménagement du territoire visant à favoriser de fortes densités dans la construction nouvelles et/ou une accentuation du rythme de renouvellement du bâti existant (ZAC, par exemple).

7.7. Mobilité

7.7.1. Méthodologie

L'approche méthodologique choisie est basée sur l'estimation de l'évolution du trafic routier et de la fréquentation des transports publics en 2030 (horizon de mise en service totale du tronçon « Ligne 18 ») et en 2030 (horizon cible de mise en service du réseau global).

Les impacts du projet sur la mobilité et l'accessibilité sont quantifiés à l'aide du modèle de transport MODUS de la DRIEA qui utilise comme entrées des données comportementales issues en grande partie de l'Enquête Globale de Transport, et qui fournit comme résultats les variations d'accessibilité dans la zone d'étude, les distributions des déplacements dans l'espace, leur part modale et la fréquentation des réseaux. Les modèles de prévisions de trafic fournissent de nombreux indicateurs qui permettent de comprendre et de localiser les évolutions des comportements de mobilité : dans quelle mesure le métro automatique va-t-il concurrencer la route et quelle sera la nouvelle part modale des différents modes de transport ? Quels seront les gains de temps des voyageurs de transport public ? Quels seront les impacts sur la congestion du réseau routier et TC ?

Les éléments qui suivent décrivent le schéma de modélisation qui explicite la manière dont les modèles interagissent et précise les types de données d'entrée et de sortie.

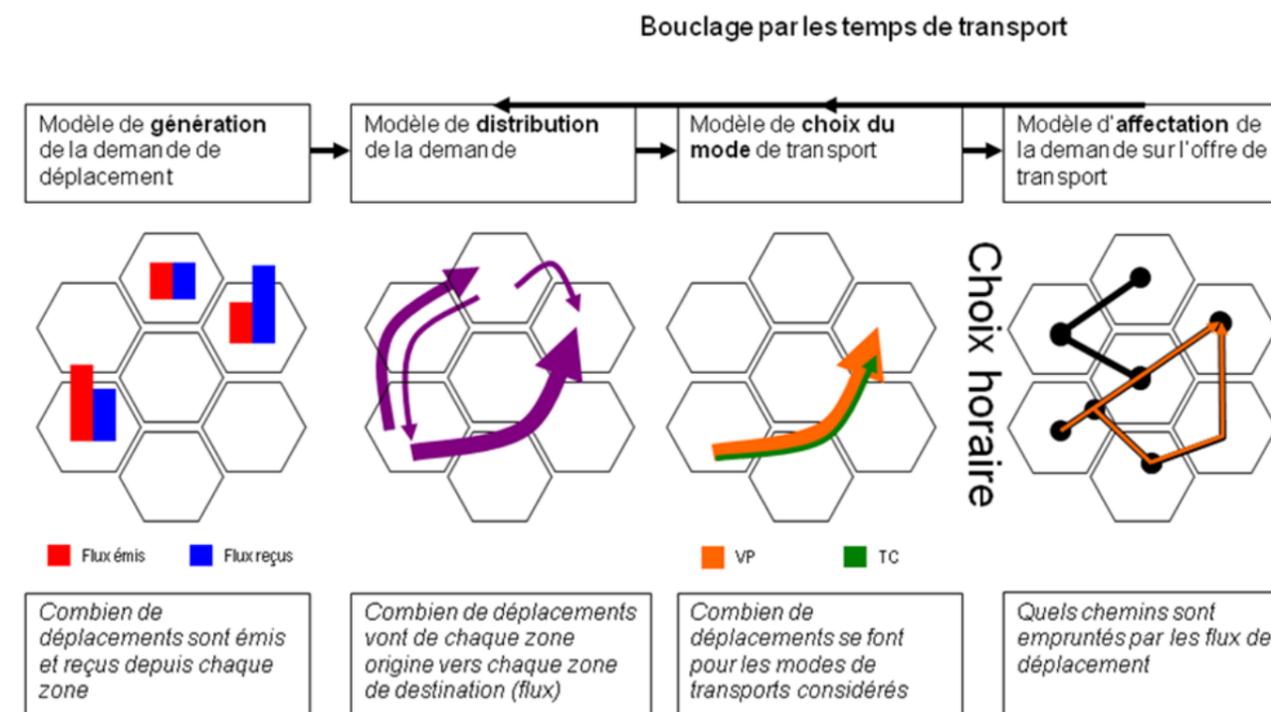
Schéma de modélisation

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 Transport⁵⁹. 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).



Structure du modèle

Le fonctionnement de MODUS s'appuie sur une description « séquentielle » des déplacements, conçus comme une succession d'arbitrages opérés par les usagers (les Franciliens en l'occurrence) entre différentes options⁶⁰. 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

⁵⁹ L'EGT (Enquête Globale Transport) est l'enquête ménages déplacements réalisée en Ile-de-France à intervalle régulier depuis plus de trente ans (1976, 1983, 1991, 2001). Les résultats de l'EGT 2010 (produits fin 2012) sont en cours d'intégration dans le modèle de déplacements MODUS.

⁶⁰ 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.

travaille à l'heure de pointe du matin et du soir, motif par motif – chaque motif donnant lieu à l'utilisation de données d'entrée spécifiques :

- le fait de se déplacer ou pas (étape dite de « génération ») : Ainsi, seule une partie des actifs va effectivement réaliser un déplacement domicile-travail à l'heure de pointe de matin (les autres étant en congé, ou travaillant en horaire décalé...). Cette étape aboutit au nombre de déplacements ayant lieu en Ile-de-France sur la période considérée ;
- le choix de la destination (étape dite de « distribution ») : Dans le cas du déplacement domicile-travail, ce choix est conditionné par la géographie des emplois et leur accessibilité au sens large (le voyageur arbitre entre les opportunités selon le temps de parcours, le coût...) : par exemple, depuis la Seine-Saint-Denis, vaut-il mieux aller travailler à La Défense ou à la Plaine Saint-Denis, la première offrant plus d'opportunités, mais étant a priori moins accessible que la seconde ? Cette étape aboutit à la répartition par origine-destination (couple « OD ») du volume de déplacements issu de l'étape précédente de génération : à chaque OD est désormais attaché un nombre de déplacements ;
- le choix du mode (étape dite de « choix modal ») : Le voyageur arbitre entre les différents modes lui permettant de rejoindre son lieu de destination, et compare pour cela l'efficacité des alternatives qui s'offrent à lui (temps, coût...) : pour aller à La Défense, vaut-il mieux emprunter les transports en commun ou prendre sa voiture ? La réponse dépendra évidemment du lieu de domicile du voyageur. Cette étape aboutit au nombre de déplacements par mode pour chaque OD ;
- le choix du chemin (étape dite d'« affectation ») : Le voyageur arbitre entre les différents parcours possibles pour rejoindre sa destination dans le mode choisi précédemment, en comparant à nouveau l'efficacité de ces derniers : pour aller à La Défense en TC depuis Paris, vaut-il mieux prendre le RER A ou la ligne 1 du métro ? Cette étape aboutit à l'obtention de réseaux de transport « chargés » : le nombre d'usagers de chaque tronçon routier et service TC est désormais connu ;

Dans le cadre de la présente étude d'impact, ces résultats ont ensuite été utilisés pour les modèles de calcul des émissions et concentrations de polluant, et des émissions de bruit. Le modèle fournit des statistiques indicatrices de la fréquentation : réseaux chargés avec des données de charge par mode, de flux par arc des réseaux, de vitesse, de distance.

Pour le modèle d'émission, il est essentiel que les informations de fréquentation par arc soient détaillées par catégorie de véhicule (carburant, typologie d'émission EU). Cette étape de désagrégation par catégorie de véhicule est réalisée à la suite des modèles d'affectation sur les réseaux.

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 :

- Evolution du volume de déplacements : par exemple, la croissance de la population et des emplois conduit à une augmentation mécanique du nombre de déplacements⁶¹ ;
- Evolution de la géographie des déplacements : par exemple, rapprocher populations et emplois peut se traduire dans le modèle par une baisse de la portée des déplacements et des temps de parcours ;
- Report modal : par exemple, l'amélioration de la compétitivité des transports collectifs par rapport à la route conduit à une évolution à la hausse de leur part modale ;
- Evolution du trafic des lignes : par exemple, de nouvelles lignes TC seront utilisées par des usagers existants (qui changent d'itinéraires), reportés (venant de la voiture) ou totalement nouveaux (ayant changé d'OD ou correspondant à la croissance démographique) ; l'impact sur les autres lignes TC et la route pourra aussi être mesuré.

Toutefois, MODUS est aussi limité *de facto* sur certains points, de par sa constitution même :

- Les lois comportementales ont été déterminées et validées par comparaison avec les EGT, en supposant une stabilité dans le temps de ces comportements. De fait, le modèle est mal adapté pour prendre en compte les phénomènes de rupture, tels que les changements de

⁶¹ Les précédentes EGT montraient une stabilité de la mobilité individuelle (3,5 déplacements par personne et par jour), bien reproduite par le modèle. L'évolution du nombre de déplacements est donc à relier directement à l'évolution socio-démographique. Des travaux sont à mener pour intégrer les données de l'EGT 2010, indiquant une hausse sensible de la mobilité individuelle, mais qui s'explique en partie par un changement méthodologique.

comportements liés aux préoccupations environnementales ou à une hausse durable du coût du pétrole⁶².

- La complexité du fonctionnement du système de transports est telle en Ile-de-France qu'en évaluer précisément toutes les caractéristiques est une gageure. La question de la saturation des réseaux, autant routiers que TC, peut ainsi être citée puisqu'il est difficile, voire impossible, de transcrire complètement dans les modèles actuels.
- Les déplacements des non Franciliens sont ajoutés de manière exogène, sur les principales portes d'entrée de l'Ile-de-France : corridors autoroutiers, aéroports, gares. La description du comportement de certains d'entre eux reste par ailleurs malaisée (cas des touristes en particulier).

Hypothèses d'usage du sol et de demande de transport

Les hypothèses d'occupation du sol prises en compte dans les modèles pour l'analyse de la mobilité et de l'accessibilité ont été définies au niveau communal par le maître d'ouvrage.

Il s'agit de projections, aux horizons futurs considérés, des plans et projets de développement pour la région Ile-de-France, intégrant le Grand Paris.

L'occupation du sol dans le scénario avec projet prend donc en compte les effets du futur métro automatique sur le développement urbain, la localisation des ménages et des activités.

Le modèle prend en compte des hypothèses de densification sur les pôles de développement à un niveau de précision de l'ordre de la commune⁶³.

7.7.2. Limites

Les analyses du volet dépendent fortement du modèle de transport. Ce dernier s'appuie sur les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et l'horizon de projet. Les limites de ces hypothèses, détaillées dans le chapitre dédié, sont à prendre en considération.

Echelle des gares : le modèle de trafic à l'échelle macroscopique ne permet pas de modéliser avec précision les flux automobiles aux abords des gares à un horizon futur marqué par des évolutions très fortes de la fréquentation des gares et une certaine incertitude sur les parts modales du rabattement. Une évaluation a donc été réalisée hors modèle sur base d'une typologie de rabattement.

La modélisation ne permet pas de tester très précisément la variable « disponibilité du stationnement » qui est pourtant un facteur déterminant pour le choix du mode de transport de rabattement vers les gares. Il peut également contribuer à modifier la répartition de la fréquentation entre gares proches. Des réflexions sont en cours pour mieux intégrer les contraintes liées au stationnement dans les outils de prévisions du trafic.

⁶² 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-transport... ? 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.

⁶³ 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.

La taille du chantier va générer un charroi exceptionnel pour amener et évacuer les milliers de tonnes de matériaux nécessaires et à l'inverse, approvisionner les matériaux et composants des structures et aménagements nouveaux. Il importe de réduire l'usage du mode route au profit d'abord de la voie d'eau puis du rail, mais cela ne sera pas possible partout. Pour optimiser le transport par route, il est capital de connaître les origines et destinations des matériaux pour estimer les flux engendrés et tester les itinéraires les moins pénalisants pour la circulation. Ce travail conséquent s'inscrira dans la continuité du cadre posé par le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais, annexé à la présente étude d'impact (pièce G4-1).

7.8. Réseaux et infrastructures souterraines

7.8.1. Réseaux

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.

Compte tenu du degré de précision du projet, l'analyse en termes de répartition spatiale et de profondeur des éléments du sous-sol porte sur les composantes principales des infrastructures souterraines : il s'agit des éléments assurant l'architecture générale des réseaux.

L'analyse repose entièrement sur la prise en compte et la cartographie de données relatives à ces réseaux.

Les éléments fins des réseaux, la desserte locale au niveau des bâtiments, ne sont pas pris en compte dans la présente analyse pour les raisons suivantes :

- le niveau de définition actuel du projet ne permet pas une analyse à ce niveau de détail ;
- en zone urbanisée, leur densité est très forte et on peut considérer qu'il y en a partout ;
- ces éléments sont pour la plupart situés à faible profondeur, dans les 10 premiers mètres.

Ces éléments devront être pris en compte lors des études de définition du projet. Néanmoins, ces éléments sont systématiquement déplacés dans les projets ayant une phase Voirie et Réseaux Divers.

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

Les éléments pris en compte sont donc les suivants :

- les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, produits chimiques, eau chaude/réseau CPCU, eau potable, EDF, aqueduc ;

- les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées ;
- drains agricoles

A ce stade des études peu d'informations sont disponibles sur la profondeur exacte des réseaux.

7.8.2. Fondations et niveau de sous-sol

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, en somme tous les bâtiments destinés à tous les usages, présentent généralement un ou plusieurs niveaux au-dessus du niveau du sol, et parfois un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

Le type de fondation des bâtiments dépend à la fois des caractéristiques propres de chaque bâtiment et des caractéristiques géotechniques du sol sur lequel ils sont implantés.

Le réseau et les ouvrages liés au projet du Grand Paris, du tunnel jusqu'aux gares, en passant par les émergences, sont donc contraints par le bâti présent en surface, à la fois par la couverture de ce bâti, et par le mode de construction opéré. Le tunnel peut en effet croiser des fondations de types pieux profonds, ou des niveaux de sous-sols, ou bien encore l'implantation des gares peut être prévue à l'emplacement de bâtiments existants.

La connaissance de la couverture bâtie en surface, et de sa typologie constitue donc une approche générale pour évaluer les impacts du projet sur le bâti, et a fortiori les contraintes que le bâti existant impose au projet. Les niveaux de sous-sol ont ainsi été estimés à partir du nombre d'étages des bâtiments.

Cette approche est un préalable à une étude plus détaillée du bâti et des fondations.

La typologie du bâti a été établie à partir des éléments suivants :

- carte IGN et données du site internet www.géoportail.fr
- plans cadastraux.

Ces données ont été croisées avec le site internet Google Maps, dont l'outil Street View a notamment permis la vérification des niveaux des bâtiments sur le fuseau.

Enfin, des visites sur site ont confirmé les données initialement récoltées.

Le zonage différencie les bâtiments à usage classiques (usages résidentiels ou tertiaires) d'une part, selon leur hauteur, les hôpitaux, dont on considère qu'ils ont au moins un voire deux niveaux de sous-sols, et qu'ils présentent une sensibilité particulière (par exemple les canalisations d'oxygène), les sites sensibles de type sites militaires, aéroports, sites industriels et de recherche, qui ne présentent pas nécessairement de niveaux de sous-sols, mais sont des espaces particuliers demandant une attention spécifique.

Les éléments remarquables ponctuels, comme des bâtiments de grande hauteur ponctuels dans un zonage à bas niveaux, ou bien les postes électriques, stations d'épuration, réservoirs d'eau... nécessitent également une attention spécifique, sans toutefois présenter systématiquement une interaction avec le réseau du projet.

Les résultats sont donc ceux d'une grande échelle, l'objectif du présent rapport n'étant pas de déterminer au bâtiment près, hors cas particulier, l'impact du projet sur chaque bâtiment. Cependant, ce type d'étude sera nécessaire dans la définition du projet.

La méthodologie employée ne permet pas de connaître le type de fondation, puisqu'il faudrait une étude exhaustive bâtiment par bâtiment, les caractéristiques géotechniques du sous-sol pouvant changer dans une même rue. Elle ne permet pas non plus de connaître précisément la profondeur des bâtiments, et donc les niveaux de sous-sols.

En revanche, la hauteur des bâtiments, ainsi que la présence à proximité, ou non, de parkings aériens, permet de supputer leur profondeur, et de déterminer les zones à sensibilité plus ou moins forte.

7.9. Risques technologiques et servitudes aéronautiques

7.9.1. Installations classées pour la protection de l'environnement

L'analyse s'est concentrée sur les installations soumises à autorisation.

Les installations soumises à déclaration ou à enregistrement présentent des risques limités, considérés confinés aux limites du site. Par ailleurs il n'existe pas de base de données recensant les ICPE soumises à déclaration.

Le recensement des ICPE soumises à autorisation a été faite par consultation de la base nationale des ICPE (<http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>). Pour les sites relevant du ministère de la défense, les services compétents ont été interrogés.

L'analyse considère :

- D'une part les ICPE susceptibles d'être présentes au niveau des bases chantier de la Ligne 18, en tant que source d'agression pour les intervenants et pour l'environnement humain et naturel ;
- D'autre part, et principalement, les ICPE présentes à proximité du projet et pouvant constituer une source d'agression pour les intervenants en phase chantier et pour les usagers en phase exploitation.

Les ICPE présentes dans l'enceinte du CEA n'ont pas pu être localisées.

A défaut de pouvoir consulter les études de dangers des différentes installations, l'analyse des risques s'est notamment basée sur l'existence ou non de porter à connaissance « risques technologiques ». A défaut de porter à connaissance il a été considéré que les ICPE ne représentaient un risque que pour leur environnement immédiat.

7.9.2. Installations nucléaires de base

Ces installations et les zones de dangers associées ont été identifiées et localisées par consultation du site internet du CEA, de l'autorité de sûreté nucléaire et du PLU de Saclay.

7.9.3. Risques pyrotechniques

Les données utilisées pour l'évaluation des enjeux liés aux risques pyrotechniques sont d'une part les études historiques réalisées par la Société du Grand Paris, destinées à évaluer les risques de découverte d'engins pyrotechniques non explosés à partir notamment des données disponibles sur les zones bombardées de la seconde guerre mondiale, et d'autre part les études menées par le ministère de la défense pour ce qui concerne le secteur de Satory.

7.9.4. Servitudes aéronautiques

Cette thématique est importante pour le Ligne 18 compte tenu de la proximité du projet avec plusieurs aéroports ou aérodromes et de l'existence d'une partie aérienne en viaduc.

Les servitudes aéronautiques représentent une contrainte tant pour la phase chantier (hauteur des grues ...) que pour les infrastructures à construire.

Chaque aéroport/aérodrome fait l'objet d'un plan de servitudes, celles-ci étant par ailleurs reportées sur les documents d'urbanisme des communes concernées.

L'accès à l'information relative aux servitudes présente des difficultés liées :

- aux problèmes de lisibilité des plans de servitudes au format papier ;
- au fait que les servitudes reportées aux PLU ne sont plus toujours valables. En effet, les modifications fréquentes apportées à certaines servitudes ne permettent pas la mise à jour des documents d'urbanisme.

Compte tenu de ces difficultés, il a été nécessaire de se rapprocher des autorités compétentes afin d'obtenir les documents à jour :

- pour les aéroports/aérodromes civils : Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile Nord (DSAC Nord) - Subdivision développement durable - 9 rue de Champagne - 91 200 Athis-Mons ;
- pour l'aérodrome militaire de Vélizy-Villacoublay : EMZD Paris IDF - DIV AFM/BSI/DAT - Base des Loges - 8, avenue du Président Kennedy - BP 40202 Saint-Germain en Laye.

7.10. Énergie et gaz à effet de serre

7.10.1. Rappel méthodologique

L'impact du Grand Paris Express sur les consommations énergétiques a été évalué en comparant les besoins énergétiques du métro en fonctionnement et les besoins énergétiques des autres modes de transport, principalement le transport routier.

Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de l'énergie de traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations...) et les centres de maintenances et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

Les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux principaux effets peuvent être distingués : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun, et d'autre part, les gains de consommations réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier due à une diminution de la congestion.

La méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre a quant-à-elle été développée afin d'obtenir la meilleure vue d'ensemble possible. A cet effet, un travail important a été réalisé dans le cadre d'une étude préalable à l'étude d'impact afin d'élaborer l'outil de calcul CarbOptimum[®]. Cet outil permet de prendre en compte l'ensemble des postes d'émissions liés au projet que ce soit lors de la conception, de la construction ou du fonctionnement de l'infrastructure.

La méthode de calcul est classique et consiste à calculer les émissions de gaz à effet de serre sur base des données d'activité grâce à des facteurs d'émissions. Les facteurs d'émissions sont issus de différentes sources internationales. Certains facteurs d'émissions ont également été calculés ou adaptés pour correspondre le mieux possible à la situation réelle de l'Île-de-France.

7.10.2. Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

La méthodologie adoptée pour calculer les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure est une approche simplifiée permettant d'évaluer les besoins sur base de données générales disponibles à ce stade de définition du projet. La consommation exacte dépendra en effet de nombreux choix techniques notamment au niveau de la traction des métros et de l'isolation des bâtiments. Cette approche permet de quantifier globalement la consommation énergétique et d'identifier les postes les plus importants. Elle permet également de comparer ces consommations avec les gains attendus au niveau du trafic routier.

Concernant l'évaluation de la consommation du trafic routier, les principales limites évoquées précédemment dans le cadre de l'impact sur la qualité de l'air sont également de mise. Ces limites concernent donc la modélisation du trafic, la définition du parc automobile et l'incertitude concernant les progrès technologiques.

Cependant, une démarche conservatrice, particulièrement en ce qui concerne les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure, a permis de renforcer les conclusions de l'analyse. Les gains réalisés annuellement devraient donc être à minima ceux présentés dans l'analyse des impacts tandis que certains choix futurs devraient permettre d'augmenter ces gains.

Concernant le bilan d'émissions de gaz à effet de serre, il y a deux principaux types de limites à la méthodologie utilisée.

D'une part, les facteurs d'émissions comportent tous un certain taux d'incertitude. Les flux de gaz à effet de serre sont multiples et complexes. Lors de la construction, ils correspondent par exemple aux consommations énergétiques nécessaires aux chantiers, mais aussi aux déplacements des ouvriers ainsi qu'aux consommations énergétiques nécessaires à la fabrication et au transport des matériaux. Leur définition est donc un exercice complexe qui mérite une attention particulière. C'est dans cette optique que l'outil CarbOptimum[®] a été développé. La comparaison de différentes sources internationales a permis de réduire le taux d'incertitude des facteurs d'émissions au

maximum. Il reste néanmoins important de noter qu'un facteur d'émissions correspond plus à un ordre de grandeur qu'à une quantification exacte des flux de gaz à effet de serre.

D'autre part, le calcul des émissions est basé sur les données d'activité qui peuvent être plus ou moins précises. Le calculateur a été développé afin de pouvoir s'adapter aux différents niveaux de précision des données d'entrée et a donc permis de s'adapter aux données disponibles à ce stade de l'étude. De plus, le calculateur est un outil intégré qui permet de visualiser rapidement l'impact d'une variation des données d'entrée sur le résultat final. Ainsi, il a été possible de tester un grand nombre de possibilités afin d'identifier les paramètres les plus influents.

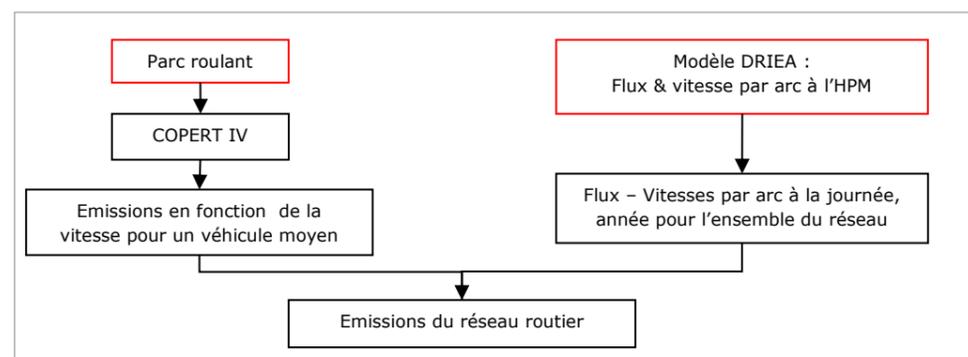
De manière générale, que ce soit dans la définition des facteurs d'émissions que dans le calcul des émissions, une approche conservatrice a été adoptée. Malgré cela, l'analyse des impacts a montré le potentiel important de l'infrastructure à réduire les émissions de gaz à effet de serre, particulièrement au niveau du développement territorial. Cette approche a donc permis d'identifier les véritables enjeux d'un tel projet vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre malgré les limites inhérentes à un bilan des émissions.

7.11. Qualité de l'air - santé

7.11.1. Rappel méthodologique

L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air a nécessité plusieurs étapes de modélisation afin d'abord de passer des données de trafic routier à des émissions de polluants atmosphériques puis de passer de ces émissions à des concentrations moyennes annuelles et finalement de calculer l'exposition de la population à ces concentrations.

Les données d'entrée nécessaires à cette modélisation étaient principalement le parc roulant à l'horizon d'étude et les données de trafic en situation de référence et en situation de projet. Le modèle COPERT IV permet alors de calculer les émissions sur chaque arc du réseau de transport. Les étapes de modélisation sont rappelées dans la figure ci-dessous :



Méthodologie schématique d'évaluation des émissions liées au réseau

Grâce à un modèle de dispersion des polluants, les concentrations moyennes annuelles ont ensuite pu être calculées sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France. En croisant ces données avec les données de population, il a finalement été possible d'évaluer l'impact du projet sur l'exposition des Franciliens aux pollutions atmosphériques.

7.11.2. Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

Le processus de modélisation des émissions et concentrations de polluants atmosphériques et le modèle de transport sur lequel il repose se basent tous deux sur un grand nombre d'hypothèses notamment concernant la répartition de la population, le parc automobile, etc. Bien qu'un travail important ait été réalisé afin de définir ces hypothèses sur base des tendances futures les plus probables, il faut noter que certains changements imprévisibles pourraient amener ces hypothèses à varier, impliquant ainsi des modifications dans les résultats.

Un des principaux facteurs qui pourrait influencer les résultats de modélisation est celui de la composition du parc automobile. En effet, comme l'analyse des incidences l'a montré, l'évolution future du parc automobile devrait impliquer des changements radicaux dans les quantités de polluants atmosphériques émis. Ces changements correspondent pour certains polluants à une diminution de plus de 75% des émissions entre 2005 et l'horizon cible de mise en service complète du Grand Paris Express. L'absence de certitudes à long terme concernant les politiques dans ce domaine, a amené à constituer un parc automobile en cohérence avec les tendances observées ces dernières années. Ces tendances pourraient cependant évoluer dans le futur notamment en ce qui concerne le ratio essence/diesel et la proportion des véhicules électriques. Il est également difficile de prévoir si les évolutions technologiques futures permettront d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques visés actuellement.

Un autre facteur très important concerne les données de trafic prévisionnel. Afin de prendre en compte les données disponibles les plus précises, l'étude s'est fondée sur les résultats du modèle MODUS de la DRIEA. Il existe cependant une certaine limite de précision en ce qui concerne les flux de trafic, mais aussi leur localisation spatiale. Le réseau routier est en effet en constante évolution et il va de soi que certains flux de trafic pourraient, à l'avenir, être déplacés sur de nouveaux axes. De même, la localisation des habitants évoluera inévitablement en particulier pour accepter les augmentations de population prévues à l'horizon cible. La répartition spatiale des augmentations ou diminutions de concentrations de polluants atmosphériques et de l'exposition des Franciliens pourrait donc varier légèrement.

Malgré ces incertitudes, le modèle s'est montré relativement robuste quant à l'évaluation de l'impact global du projet. Quels que soient les scénarios envisagés, le projet induit une amélioration de la qualité de l'air principalement de long des grands axes routiers. Cette amélioration reste cependant modeste particulièrement en comparaison avec les améliorations attendues grâce aux progrès technologiques et au renforcement des normes d'émissions.

En ce qui concerne l'évaluation de l'impact sur les accidents de la route, la limite principale réside dans la complexité du lien entre la quantité de trafic et le nombre d'accidents. Comme l'a montré l'analyse des statistiques d'accidents, les taux d'accidents et leur gravité dépendent notamment du type de route sur lesquelles les véhicules circulent.

Toutefois, l'amélioration des conditions de trafic induite par le projet permettra nécessairement une amélioration des conditions de stress des conducteurs. Elle permettra également la mise en place de dispositifs de sécurité supplémentaires permettant de réduire le nombre d'accidents. La mise en place de mesures d'accompagnement adéquates devrait donc conforter les résultats de l'analyse des impacts.

7.12. Bruit

L'analyse des impacts sonores du projet a principalement été réalisée de manière qualitative, sur base des documents et plans fournis par le maître d'ouvrage, des outils de géolocalisation, des études existantes relatives au bruit du métro et/ou des routes ainsi que des cartes de bruits réalisées en Région Ile de France et regroupées sur le site www.bruitparif.fr.

Des mesures de bruit ont également été réalisées le long de la section aérienne du tracé de manière à caractériser les zones en fonction de leur ambiance sonore préexistante et de l'usage des bâtiments, ce qui permet de fixer les objectifs applicables pour le bruit lié à la circulation du métro.

Un modèle acoustique de la situation existante (bruit routier) a été ensuite réalisé puis des évaluations quantitatives des impacts ont été effectuées pour le bruit du métro en insertion aérienne et, de manière simplifiée, pour le bruit des puits de ventilation.

Il s'agit de résultats issus d'une modélisation 3D réalisée grâce au logiciel Cadnaa, logiciel de calcul de propagation des ondes sonores dans l'environnement édité par DATAKUSTIK, sur base de la norme NMPB Fer pour ce qui concerne le bruit du métro, la NMPBRoute pour le bruit routier et la norme ISO9613 pour le bruit des puits de ventilation. L'utilisation du logiciel Cadnaa permet d'obtenir des résultats très précis. Les mesures acoustiques initiales ont permis de recalibrer le modèle s'assurer que celui-ci est bien valide.

Les résultats obtenus constituent donc une bonne évaluation des premiers indices quantifiés du bruit du métro en aérien comme le bruit des puits de ventilation et d'ainsi d'en déduire les risques de gênes sonores grâce à leur localisation par rapport aux riverains.

En ce qui concerne les bruits des puits de ventilation, les sites de maintenance ou les équipements des gares, des mesures initiales complémentaires seront néanmoins nécessaires pour définir les objectifs en termes de niveaux de bruits particuliers à respecter.

C'est pourquoi lors de l'étude d'impact spécifique à chaque ouvrage il sera impératif de prévoir des mesures acoustiques complémentaires au droit des riverains les plus proches pour déterminer les niveaux sonores maximum à atteindre pour les équipements techniques de chaque ouvrage. Ceci est également valable pour la phase chantier.

7.13. Vibrations

Dans cette partie, seules les vibrations sont abordées. Les ondes sonores, éventuellement couplées, sont traitées dans le chapitre précédent.

L'analyse présentée ici repose sur une approche qualitative ayant pour but de définir :

- Des sections homogènes de tracé ;
- La nécessité d'une modélisation des incidences du projet.

Les sections homogènes ont été caractérisées sur la base :

- Des critères du sous-sol : présence de carrières souterraines, présence de couches déformables ;
- Des critères de bâtis : bâtis sur remblais, fondations profondes de bâtis ;
- De la présence d'établissements sensibles.

L'impact a quant à lui été analysé sur la base de la distance entre le toit du tunnel et la surface du sol. L'approche reste une approche préliminaire qui ne peut, à ce stade des connaissances et des paramètres vibratoires de l'infrastructure (à définir lors des modélisations), prendre en compte rigoureusement les critères géotechniques des couches géologiques ainsi que les potentiels phénomènes de résonances :

- Entre générateur : Ligne 18 + RER + métro...
- Liés aux différentes transmissivités des couches.

7.14. Electromagnétisme

7.14.1. Rappel de la méthodologie

L'étude de l'impact des ondes électromagnétiques a été évaluée dans le cadre du projet via la modélisation 3D du matériel roulant, de la section (aérien ou tunnel) et des sources génératrices d'ondes électromagnétiques. La modélisation électromagnétique du système a été réalisée suivant les données d'entrées fournis par le maître d'ouvrage. L'outil électromagnétique utilisé est le logiciel CST Microwave Studio. Ce logiciel utilise le principe des éléments finis.

Les données d'entrées comprennent les dimensions de la rame, les types de matériaux composant la rame, le type d'alimentation du matériel roulant, le type de section (tunnel ou aérien). Les paramètres physiques de la ligne à savoir le niveau de courant et de tension d'alimentation.

De plus les systèmes de télécommunications tels que les antennes ont été modélisés à l'aide de monopole accordé à la fréquence de fonctionnement des antennes réels.

Le principe de la simulation consiste à réaliser une maquette numérique 3D du système. Cette maquette reprend l'ensemble des données de la structure réelle. Ainsi les dimensions physique et géométrique sont identiques à la structure réelle. La simulation du système repose sur l'injection des niveaux de courant réels dans la structure modélisée afin de reproduire au mieux le fonctionnement du système et son comportement électromagnétique.

Les résultats de simulation électromagnétique obtenus sont donnés sous la forme de cartographie en 3D du champ électromagnétique. Ainsi le résultat de simulation permet d'accéder sur l'ensemble de la structure à la fois à la cartographie du champ électrique et à celle du champ magnétique.

Les cartographies des champs dans la structure sont accompagnées d'une échelle de couleur spécifiant les amplitudes des champs (champ électrique et magnétique).

7.14.2. Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

Une modélisation 3D faisant appel au principe des éléments finis reste limitée pour la modélisation des grandes structures telles que les lignes de métro. Aussi, il est nécessaire de se limiter à une partie bien choisie et représentative de la structure pour effectuer les calculs numériques. En effet, la simulation de grande structure telle que le métro est relativement gourmand en temps de calcul. Cependant, cette limitation permet d'avoir une très bonne approximation des niveaux de champs électromagnétiques qui seront rencontrés dans le cas réel.



Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr