

LIGNE 16 : NOISY - CHAMPS < > SAINT-DENIS PLEYEL (LIGNE ROUGE)
LIGNE 17 : LE BOURGET RER < > SAINT-DENIS PLEYEL (LIGNE ROUGE)
LIGNE 14 : MAIRIE DE SAINT-OUEN < > SAINT-DENIS PLEYEL (LIGNE BLEUE)

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

PIÈCE
J.7

Annexe

Compléments à la suite de l'avis délibéré
de l'Autorité environnementale sur les tronçons
Noisy - Champs < > Saint-Denis Pleyel
et Mairie de Saint-Ouen < > Saint-Denis Pleyel

Propos introductif

En préambule des compléments apportés à la suite de l'avis de l'Autorité environnementale sur le dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique, il convient de rappeler les principes de réalisation des études d'impact du Grand Paris Express.

Un processus itératif de concertation visant à éviter les impacts

La doctrine dite « éviter-réduire-compenser » vise en priorité à éviter les impacts d'un projet, à défaut à les réduire et en dernier recours à compenser ses impacts résiduels. Elle constitue un principe d'action de la réalisation du Grand Paris Express.

Ainsi, une évaluation environnementale *a priori* des impacts du projet sur l'environnement a été réalisée en 2010 à l'échelle du programme dans son ensemble, sur la base d'un fuseau d'étude d'au moins trois kilomètres de large. Cette évaluation a été soumise au débat public.

Ensuite, les études d'impact successives par tronçon de ligne, réalisées de manière coordonnée avec les études d'insertion technique des infrastructures, permettent de faire évoluer les tracés et les méthodes constructives du projet en fonction des enjeux environnementaux, anthropiques, ainsi que des contraintes technico-économiques.

Dans le cas du présent dossier, les études portant sur l'hydrogéologie et la sensibilité du site Natura 2000 de la Seine-Saint-Denis ont notamment permis de présenter un projet évitant la quasi-totalité des emprises du site Natura 2000, éloignant sensiblement le tracé des plans d'eau en relation avec les nappes souterraines et cadrant les mesures constructives permettant d'éviter ou de réduire les impacts hydrogéologiques.

Une réalisation des études d'impact au stade des études préliminaires

La stratégie d'ordonnement des procédures et donc en particulier des demandes d'autorisations administratives (au titre du code de l'environnement et du code de l'urbanisme notamment) est déterminée en fonction des objectifs de calendrier de réalisation du Grand Paris Express fixés par le Gouvernement. Des objectifs de mise en service sont ainsi déterminés par tronçon, entre 2017 et 2030. Ces échéances imposent l'anticipation des procédures réglementaires. En particulier, les procédures foncières impliquent des délais très contraignants pour le projet, dans le cas où une expropriation doit être menée.

Dans cette même perspective, la Société du Grand Paris a fait le choix de réaliser les études d'impact intégrées aux dossiers d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique sur la base des études d'infrastructures préliminaires. Cette disposition présente en outre l'intérêt de pouvoir effectivement prendre des variantes en considération, dans une évolution itérative entre l'évaluation environnementale et les études d'infrastructures. Les enjeux environnementaux sont ainsi appréhendés en amont et certains ont influé de manière substantielle sur les positionnements et méthodes constructives des ouvrages.

Une actualisation des études d'impact à venir

Conformément à l'article R. 122-8 du code de l'environnement et à l'avis de l'Autorité environnementale sur l'évaluation environnementale du programme du réseau de transport public du Grand Paris (en date du 26 août 2010), l'étude d'impact menée dans le cadre de la déclaration d'utilité publique des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel pourra faire l'objet d'une mise à jour (après la publication administrative de la déclaration d'utilité publique concernée).

Ainsi, pour tenir compte de la poursuite des études de maîtrise d'œuvre, les procédures à venir pour obtenir les autorisations administratives requises notamment au titre du code de l'environnement et du code de l'urbanisme (en lien avec le dossier « Loi sur l'Eau », dossier « défrichement », dossier « ICPE », permis de construire...) pourront donner lieu, si nécessaire, à une actualisation de la présente étude d'impact.

Le cas échéant, cette mise à jour sera réalisée sur le même périmètre que celui de l'étude d'impact jointe au présent dossier d'enquête préalable à déclaration d'utilité publique. Les données techniques alors disponibles permettront d'analyser plus spécifiquement certains impacts du projet sur l'environnement, qui nécessitent une connaissance très précise du positionnement et du dimensionnement des ouvrages, comme par exemple les emprises en zone inondable ou les défrichements.

Sommaire

1.	Caractéristiques du projet.....	7
2.	Appréciation globale des impacts	7
2.1	<i>Parc-relais</i>	7
2.2	<i>Plate-forme fluviale en bordure du canal Saint-Denis</i>	8
3.	Le développement territorial	8
4.	Analyse de la recherche de variantes et justification du projet.....	9
4.1	<i>Recherche de variantes et choix du parti retenu</i>	9
4.2	<i>Justification du projet par l'analyse socio-économique</i>	15
5.	Géologie, géotechnique, hydrogéologie et occupation du sous-sol	16
6.	Consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers	16
7.	Milieus naturels, faune et flore : incidences du projet sur la ZPS Natura 2000 « Sites de Seine-Saint-Denis » et les continuités écologiques.....	17
7.1	<i>Évaluation des incidences du projet sur les parcs Georges Valbon et du Sausset</i>	17
7.2	<i>Évaluation des incidences du projet sur le parc de la Haute-Ile</i>	23
7.3	<i>Continuités écologiques et évaluation des incidences de la gare Clichy-Montfermeil</i>	26
8.	Risques technologiques	29
9.	Environnement sonore	29
10.	Vibrations	30
11.	Urbanisme, mobilité et occupation des sols	32
12.	Déblais.....	34
13.	Energie et climat	35
13.1	<i>Tendances futures d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, hors projet</i>	35
13.2	<i>Contribution du projet aux tendances futures des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre</i>	36
13.3	<i>Bilan des émissions de gaz à effet de serre du projet et du programme</i>	36
14.	Qualité de l'air.....	37
14.1	<i>Démarche générale</i>	37
14.2	<i>Impacts sur la santé</i>	38
15.	Paysage et patrimoine.....	39
16.	Suivi des mesures et de leurs effets.....	39

Annexe : **Enjeux et mesures relatifs à la géologie, la géotechnique, l'hydrogéologie et l'occupation du sous-sol**

Annexe : **Avis d'Airparif relatif au volet Air de l'étude d'impact du réseau de transport public du Grand Paris (octobre 2012)**

Le présent document apporte des éléments de réponse aux recommandations formulées par l'Autorité environnementale dans son avis délibéré n° 2014-25 du 28 mai 2014 sur le dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel.

1. Caractéristiques du projet

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 8) de préciser le nombre exact d'ouvrages annexes à réaliser (puits servant à l'accès des secours, à la ventilation / au désenfumage) et d'en confirmer la localisation.

La pièce D du dossier d'enquête présente les caractéristiques principales des ouvrages les plus importants. A ce titre, elle précise le nombre d'ouvrages annexes associés aux infrastructures du projet : celui-ci s'élève à 35 (pièce D, page 89).

Ces ouvrages sont localisés sur le plan général des travaux (pièce E du dossier d'enquête) et se répartissent comme suit :

- 3 ouvrages annexes associés au tronçon Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel (dont un ouvrage annexe commun avec le prolongement de la ligne 14 entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen et un ouvrage annexe mutualisé avec le tronçon Saint-Denis Pleyel – Noisy-Champs à Saint-Denis) ;
- 8 ouvrages annexes associés au tronçon Saint-Denis Pleyel – Noisy-Champs, sur la section comprise entre l'arrière-gare de Saint-Denis Pleyel et l'ouest de la gare « Le Bourget RER » (non compris l'ouvrage mutualisé avec le tronçon Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel à Saint-Denis) ;
- 23 ouvrages annexes associés au tronçon Saint-Denis Pleyel – Noisy-Champs, sur la section comprise entre l'est de la gare « Le Bourget RER » et Noisy-Champs (y compris ouvrage annexe au nord de la gare Noisy-Champs) ;
- 1 ouvrage annexe localisé dans l'ouvrage d'entonnement monotube / bitube de la ligne 17 au nord de la gare « Le Bourget RER ».

Les indications du nombre d'ouvrages annexes figurant dans l'étude d'impact, relevées par l'Autorité environnementale dans son avis (titre 1.2.2, page 8), étaient entachées d'une erreur matérielle (comptabilisation des équipements situés dans certaines gares, en sus des ouvrages annexes en intergare), qui a été rectifiée dans le dossier présenté au public (pages 323 et 325 de la pièce G.2).

Par ailleurs, certains ouvrages annexes peuvent donner lieu à plusieurs variantes d'implantation au sein d'un même périmètre. Cela conduit à augmenter les chiffres présentés ci-dessus, lorsque l'étude d'impact raisonne sur la base du nombre d'implantations possibles envisagées plutôt que sur la base du nombre d'ouvrages qui seront effectivement réalisés *in fine*. Voir page 325 de la pièce G.2 : 35 ouvrages réalisés pour 46 possibilités d'implantation étudiées.

2. Appréciation globale des impacts

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 14) de compléter le dossier par au moins une analyse des impacts :

- du parking relais envisagé à proximité de la gare de Clichy-Montfermeil, notamment au regard des incidences sur le site Natura 2000 ;
- de la plate-forme fluviale envisagée en bordure du canal Saint-Denis pour l'évacuation des déblais.

2.1 Parc-relais

La réalisation éventuelle de parcs-relais à proximité de certaines gares du Grand Paris Express a vocation à s'inscrire dans le cadre global d'une politique visant à promouvoir l'intermodalité avec les autres modes et à encourager le rabattement vers les nouvelles lignes de transports en commun. La Société du Grand Paris contribue à la réflexion sur ces dispositions qui doivent permettre d'amplifier les effets positifs intrinsèques de la réalisation du Grand Paris Express.

En matière de modes de transport motorisés individuels, il s'agit ainsi de favoriser les parcours combinés avec les lignes de transport en commun, afin notamment de réduire l'usage de la voiture particulière. Dans cette perspective, la conception des gares Grand Paris Express et de leurs abords prend en compte les aménagements destinés à garantir une bonne articulation avec les modes de transport motorisés, qui peuvent être utilisés en rabattement dans les territoires où cette fonction ne peut pas être pleinement assurée par le réseau de transport en commun de surface. Ainsi, la création de nouvelles infrastructures de stationnement ne devra en aucun cas concurrencer l'offre de rabattement en transport en commun. En fonction des cas et des contextes d'insertion pourront ainsi être réalisés des emplacements réservés pour la dépose-minute, l'autopartage, le covoiturage ou encore les taxis.

S'agissant du stationnement des véhicules particuliers, la Société du Grand Paris a réalisé des études exploratoires, visant à identifier les différents cas de figures pouvant se présenter aux gares du Grand Paris Express. Ceux-ci sont présentés dans la pièce C du dossier d'enquête (« *Présentation du programme* »), en page 36 :

- la reconstitution de parkings publics existants sur lesquels les travaux de réalisation des gares pourraient avoir un impact en phase chantier ;
- la reconfiguration ou le redimensionnement de l'offre de stationnement existante ;
- la création de nouveaux parkings publics, opportunité à évaluer en cohérence avec le schéma directeur des parcs-relais établi par le STIF : les parcs seraient ainsi préférentiellement mis en place dans les secteurs extérieurs aux premières couronnes (zones de tarification 4 et 5), qui disposent d'un réseau de transport en commun de rabattement moins dense et n'offrant pas toujours une alternative à l'usage de l'automobile ;
- l'absence de besoins nouveaux par rapport à la situation actuelle.

La pièce C précise par ailleurs que les éventuelles opérations de redimensionnement de l'offre de stationnement existante ou de création de parkings nouveaux n'entrent pas dans le périmètre des projets présentés à enquête préalable à déclaration d'utilité publique par la Société du Grand Paris. L'opportunité et les modalités de mise en œuvre de ces opérations connexes seront à confirmer en liaison avec le STIF, les collectivités locales et les autres acteurs concernés : la création, le

réaménagement et l'extension de parcs-relais relèvent en effet des compétences des gestionnaires de voiries, ou parfois des propriétaires fonciers autour des gares.

En l'état actuel des réflexions, l'opportunité de création d'un parc-relais nouveau à proximité de la gare Clichy-Montfermeil¹ est effectivement identifiée par les collectivités locales et fait partie des recommandations de l'étude exploratoire pour répondre aux besoins de rabattement du bassin de mobilité situé au nord-est de la gare. Pour autant, sa localisation exacte, son dimensionnement précis et ses caractéristiques d'insertion ne sont aujourd'hui pas définis, de même que les modalités de portage du projet, d'investissement et d'exploitation.

En cas de confirmation de la réalisation de cet équipement, l'évaluation environnementale de ce dernier devrait, le cas échéant, être portée par une procédure propre, distincte de celle relative à l'infrastructure et aux gares du Grand Paris Express, à l'image des projets d'aménagement autour des gares. L'évaluation environnementale du projet de parc-relais devrait alors tout particulièrement veiller à présenter l'analyse de ses incidences sur le site Natura 2000 proche, en prenant en compte les effets cumulés avec la gare Grand Paris Express.

2.2 Plate-forme fluviale en bordure du canal Saint-Denis

La Société du Grand Paris a pour objectif de privilégier l'utilisation de la voie d'eau pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement en matériaux, partout où cette solution est possible. Dès les premières étapes de conception du projet, la Société du Grand Paris a dressé un éventail des possibilités pour installer les chantiers au plus près du réseau hydrographique d'Ile-de-France. Quatre projets de plate-forme ont ainsi été identifiés à l'échelle du réseau global du Grand Paris Express, en plus des possibilités d'utilisation du réseau de ports existants.

A l'échelle des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel, la Société du Grand Paris étudie la possibilité d'implanter une plate-forme fluviale sur le canal Saint-Denis, en bordure de la base chantier d'Aubervilliers, à partir de laquelle seront creusés les tunnels en direction du Bourget RER et de Saint-Denis Pleyel. Cette solution a été précisée comme scénario de référence pour le transport logistique depuis cette zone de chantier et représente également un potentiel pour le transport depuis d'autres chantiers du Grand Paris Express situés à proximité (déblais du tunnelier assurant le creusement du tronçon Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel, excavation de la gare La Courneuve « Six Routes »).

L'implantation et le dimensionnement de cette plate-forme font l'objet d'une étude en cours avec les services des canaux de la Ville de Paris, le Conseil général de Seine-Saint-Denis et la communauté d'agglomération Plaine Commune, avec l'expertise de Ports de Paris. Ces éléments seront approfondis en phase de maîtrise d'œuvre et intégrés dans le cadre des procédures réglementaires à venir au titre du code de l'environnement.

¹ L'avis de l'Autorité environnementale fait également mention de la gare de Chelles (titre 2.1, page 14). Le parc-relais qui existe d'ores et déjà à cette gare offre 550 places. Les études de stationnement réalisées ont conclu que la création de places supplémentaires n'était pas nécessaire au vu de l'offre actuelle (préservée à l'horizon de mise en service du projet) et du contexte d'insertion de la gare.

3. Le développement territorial

L'Autorité environnementale note (avis n° 2014-25, page 16) que les cinq contrats de développement territorial (CDT) ou projets de CDT sur le territoire desquels s'inscrivent les infrastructures du projet font l'objet d'une courte présentation de leurs enjeux ou ambitions dans l'étude d'impact, mais que les projets d'aménagement autour des gares et les modalités de rabattement des transports en commun sur les gares n'y sont pas explicités.

L'état d'avancement des CDT et les principaux documents s'y afférant peuvent être consultés sur le site Internet administré par la Préfecture de la région Ile-de-France : <http://www.ile-de-france.gouv.fr/gdparis/CONTRATS-DE-DEVELOPPEMENT-TERRITORIAL2>.

A la date de finalisation du présent dossier, l'état d'avancement des CDT concernant les tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen - Saint-Denis Pleyel du réseau Grand Paris Express était le suivant :

- Les projets de CDT « Pôle métropolitain du Bourget – Pôle d'excellence aéronautique » et « Grand Paris Est Noisy-Champs – Territoire de la transition énergétique » ont été validés respectivement le 12 juillet 2013 et le 9 septembre 2013.
- Le CDT « Territoire de la culture et de la création » a été validé en version projet le 11 avril 2013 et signé le 22 janvier 2014, après enquête publique.
- Le projet de CDT « Est Seine-Saint-Denis » était en cours d'élaboration.
- Le projet de CDT « Chelles-Vaires », en réflexion, se situait à un stade moins avancé.

L'étude d'impact ne présente pas directement les programmes d'actions définis lors de l'élaboration des projets de CDT (puis des CDT finalisés après enquête publique), qui devront se traduire par la mise en œuvre opérationnelle de projets visant à répondre aux enjeux identifiés dans les CDT validés et signés. En revanche, les évolutions futures de l'occupation des sols et du réseau de transport en commun à l'horizon de la mise en service et de l'exploitation du Grand Paris Express sont prises en compte, sous forme d'hypothèses prospectives, dans l'analyse des incidences associées à la mise en œuvre du Grand Paris Express sur l'urbanisation, l'organisation des déplacements et les enjeux environnementaux étroitement liés aux transports (qualité de l'air, notamment).

Ces hypothèses prospectives ont été construites en cohérence avec les ambitions de développement associées au projet du Grand Paris ainsi qu'avec les projets de développement et d'amélioration du réseau de transport en commun francilien, coordonnés avec la réalisation progressive du Grand Paris Express :

- Les cadrages socio-démographiques utilisés pour caractériser l'habitat et l'emploi dans la région Ile-de-France aux horizons de mise en service du Grand Paris Express prennent en compte l'objectif de construction de 70 000 logements par an prévu par la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris. Ils sont également compatibles avec les objectifs de développement des différents CDT.
- La configuration future du réseau de transport prise en compte pour les prévisions de trafic intègre quant à elle les projets connus à ce jour visant à favoriser le maillage du réseau et le développement de l'usage des transports en commun.

4. Analyse de la recherche de variantes et justification du projet

4.1 Recherche de variantes et choix du parti retenu

4.1.1 Variantes d'implantations des gares

L'Autorité environnementale note (avis n° 2014-25, page 16) que l'implantation précise des gares du projet est, dans un certain nombre de cas, imposée par les correspondances avec les gares du réseau existant, mais observe que l'étude d'impact ne justifie pas le choix d'implantation des gares pour lesquelles il semblait a priori exister plus de marges de manœuvre, ni d'ailleurs de celles qui ont a priori un impact significatif sur l'environnement.

La pièce D du dossier d'enquête présente les différentes phases du processus de choix de l'implantation des gares du projet (page 13) :

- Dans un premier temps, les études préalables et préliminaires réalisées en 2011-2012 ont « permis de retenir l'implantation préférentielle des gares dans leur contexte urbain et de bâtir un premier scénario de tracé ». Chaque implantation de gare a été établie à l'issue d'une analyse multicritère prenant notamment en compte les critères techniques et environnementaux. Elle a été validée lors des comités de pilotage réunissant la Société du Grand Paris, les élus et les autres partenaires institutionnels et territoriaux.
- Dans un second temps, à la suite de la présentation en mars 2013 des orientations du Gouvernement pour la mise en œuvre du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris a mené une phase d'études complémentaires prenant en compte les optimisations demandées dans la conception du projet. A partir du scénario de référence défini à l'issue de la première phase d'études, les modifications techniques apportées au projet ont permis d'envisager de nouvelles positions d'insertion du tracé et des gares.

Ce processus est synthétisé ci-après pour chacune des neuf gares du projet.

Chelles :

Les éléments détaillés relatifs à la gare de Chelles, pour laquelle plusieurs variantes d'insertion contrastées ont été étudiées, sont présentés dans la pièce D du dossier d'enquête (pages 18-19), et rappelés ci-après.

Les enjeux relevant en particulier de la **qualité du maillage avec les réseaux ferroviaires existants** et de la **disponibilité foncière** ont conduit à retenir une implantation de la gare Grand Paris Express de Chelles dans l'environnement proche de l'actuelle gare Chelles-Gournay. Plusieurs scénarios d'insertion de la gare Grand Paris Express à proximité de la gare existante ont ainsi été examinés et analysés.

Les critères discriminants pour le choix du scénario de référence présenté à l'enquête publique ont été les suivants :

- la **minimisation des contraintes de réalisation** (difficultés techniques et risques associés, coûts et délais supplémentaires engendrés), ayant conduit à ne pas retenir des scénarios sous ou à proximité de bâtiments ou infrastructures sensibles (bâtiments à fondations profondes, faisceau de voies ferroviaires) ;

- l'**absence d'impact sur la gare routière en phase travaux**, en particulier des impacts qui cumuleraient à la fois une incidence significative en termes d'emprise et une neutralisation de la gare routière sur une longue période ;
- la **minimisation des atteintes portées à la desserte et à l'accessibilité du centre-ville** ainsi que des bâtiments et équipements voisins de la gare.

Le scénario retenu permet une gestion du chantier préservant le centre-ville, tout comme le fonctionnement de la gare routière et l'accessibilité à la gare ferroviaire ; il répond également aux critères de coûts et de délais du projet.

Clichy-Montfermeil :

Le secteur d'implantation de la gare a été défini dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris de manière à **favoriser la desserte et le désenclavement des quartiers denses des deux communes** de Clichy-sous-Bois et de Montfermeil, en **articulation avec les projets de rénovation urbaine en cours ainsi qu'avec le futur prolongement du tramway T4**.

Les scénarios d'insertion de la gare étudiés dans le cadre de la première phase d'études (2011-2012) avaient été déterminés sur la base d'une gare permettant d'accueillir des trains d'une longueur de 120 mètres. Ils correspondaient tous à une insertion suivant un axe nord / sud (au nord, au centre ou au sud de la future place créée au titre du programme de rénovation urbaine), en conformité avec le tracé du tunnel défini lors de cette première phase d'études.

Une insertion de la gare souterraine directement sous la future place avait alors été retenue, car celle-ci offrait la meilleure **lisibilité aux voyageurs**, tout en étant **en phase avec l'opération d'aménagement urbain** et en optimisant l'**organisation de l'intermodalité** (correspondances avec le tramway T4 et avec les bus). En revanche :

- une insertion de la gare au nord de la place était plus difficilement conciliable avec le programme de rénovation urbaine et aurait nécessité de prendre des mesures conservatoires préservant la faisabilité future des bâtiments prévus dans ce secteur, tout en étant moins intéressante du point de vue de l'intermodalité (solution tendant à concentrer les flux d'échanges de voyageurs au lieu de les diffuser sur le maximum d'espace) ;
- une insertion de la gare au sud de la place s'intégrait plus aisément dans le tissu urbain, mais, à l'inverse, ne tirait pas parti de l'espace public pour la gestion des flux ; par ailleurs, ce scénario aurait eu des **impacts plus importants en phase travaux sur la promenade de la Dhuis ainsi que sur les infrastructures du tramway T4**.

Dans le cadre de la phase d'études complémentaires (2013), l'opportunité d'un tracé orienté nord-ouest / sud-est est apparue, du fait des modifications apportées aux caractéristiques techniques du système de transport prévu sur la ligne 16 (gares dimensionnées pour accueillir des trains d'une longueur de 54 mètres). Localement, ce tracé permet notamment de réduire les interfaces avec le tramway T4 en phase travaux, tout en réduisant globalement le linéaire de tunnel à réaliser.

Le choix *in fine* de ce tracé nord-ouest / sud-est a ainsi conduit à déterminer l'orientation de la boîte souterraine de la gare, tout en conservant le principe d'une localisation directement située sous la future place, de manière à favoriser l'intermodalité et les échanges avec la ville.

Sevrans-Livry :

Le secteur d'implantation de la gare vise à cumuler des avantages aussi bien en termes de transport (correspondance avec la branche « Mitry-Claye » du RER B) qu'en termes d'aménagement urbain (opportunité de confortement de la centralité locale existante, potentiel de mutation des terrains voisins). L'enjeu d'une **correspondance de qualité avec la gare actuelle** a été prépondérant pour déterminer la localisation précise de la gare Grand Paris Express.

Compte tenu des contraintes de tracé du tunnel, tous les scénarios d'insertion de la gare étudiés étaient orientés **perpendiculairement au canal de l'Ourcq et au faisceau de voies ferroviaires**. Cette caractéristique n'a pas évolué entre les deux phases d'études préliminaires. Dès lors, le choix du scénario retenu s'est fait essentiellement avec l'objectif de **minimiser les interfaces avec ces deux infrastructures** et de réduire l'impact de la réalisation du projet, particulièrement durant les travaux.

Les orientations présentées par le Gouvernement en mars 2013 concernant les caractéristiques du système de transport ont permis d'optimiser le positionnement de la boîte souterraine de la gare, qui s'insère entre le canal de l'Ourcq et le faisceau de voies ferroviaires.

Sevrans-Beaudottes :

L'enjeu consistant à assurer une **correspondance efficace avec la gare actuelle du RER B ainsi qu'avec les lignes de bus de la gare routière** a conduit à rechercher une implantation de la gare Grand Paris Express au plus près du pôle de transport actuel.

Dans le cadre de la première phase d'études (2011-2012), différents scénarios d'insertion ont été étudiés, sur la base d'une gare permettant d'accueillir des trains d'une longueur de 120 mètres : orientations nord / sud sous la voirie existante (avenue Raoul Dautry), ou orientations nord-ouest / sud-est au plus près du RER B et de la gare routière (rond-point Tiananmen).

Les deux familles de scénarios présentaient des avantages équivalents en termes de qualité du maillage avec les autres lignes de transport en commun (dès lors que l'émergence de la gare était localisée à proximité du pôle existant), ainsi qu'en termes de desserte locale du quartier. Les principaux inconvénients associés à chaque famille étaient en revanche les suivants :

- les scénarios orientés nord-ouest / sud-est présentaient un impact plus important avec les **ouvrages souterrains du RER B**, complexifiant les travaux de réalisation de la gare Grand Paris Express ;
- les scénarios orientés nord / sud étaient associés à un **tracé du tunnel** non seulement plus long entre les gares Sevrans-Beaudottes et Aulnay mais ayant également tendance à accroître l'effet barrage potentiel du tunnel sur les nappes (sens d'écoulement orienté perpendiculairement au tunnel, suivant un axe est / ouest), à proximité du parc du Sausset (site Natura 2000).

Les études complémentaires de 2013 ont conduit à retenir un tracé orienté nord-ouest / sud-est, globalement plus avantageux que le tracé nord / sud initialement envisagé. Le scénario d'insertion retenu pour la gare Sevrans-Beaudottes permet d'assurer une bonne correspondance avec l'ensemble des autres lignes de transport en commun.

Les interactions avec la ligne B du RER demeurent (elles ont conduit à approfondir la gare Grand Paris Express de 4 mètres et nécessiteront une vigilance et des dispositions particulières en phase travaux), mais elles ont été réduites du fait de l'optimisation de la taille des gares (dimensionnées pour accueillir des trains d'une longueur de 54 mètres).

Aulnay :

Le secteur d'implantation de la gare a été défini dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris de manière à accompagner le **processus de développement économique et de redynamisation urbaine des quartiers nord d'Aulnay-sous-Bois** : zones d'activités à proximité du carrefour de l'Europe, terrains industriels du site PSA, requalification de l'ex-RN 2 et projet de rénovation urbaine.

La pièce D du dossier d'enquête (page 23) précise que trois types d'insertion de la gare ont été étudiés dans le secteur d'implantation ainsi défini (sur une parcelle située au niveau du terre-plein central de l'ex-RN 2, à l'est du carrefour de l'Europe) :

- une insertion de la gare à l'ouest de la parcelle, au plus près du carrefour de l'Europe ;
- une insertion de la gare au centre de la parcelle ;
- une insertion de la gare à l'est de la parcelle.

Les critères discriminants entre ces trois insertions, présentant par ailleurs des caractéristiques assez proches, se sont révélés être les suivants :

- la position de la gare à l'ouest posait des difficultés d'insertion et nécessitait impérativement de s'accompagner d'une restructuration forte du réseau routier et du carrefour de l'Europe pour permettre la constitution d'une intermodalité efficace : cette contrainte de **dépendance de la gare vis-à-vis de la restructuration du réseau routier** mettait en péril le **calendrier prévisionnel de réalisation** du projet ;
- la position de la gare à l'est pénalisait la **desserte, au-delà du carrefour de l'Europe, des zones industrielles** de la Fosse à la Barbière et des Mardelles, comprenant notamment l'usine l'Oréal, et, plus loin, du site PSA.

La position de la gare au centre de la parcelle permet de cumuler les avantages d'une intermodalité efficace et d'une bonne desserte du quartier de la Rose des Vents ainsi que des zones industrielles situées à l'ouest du carrefour, tout en limitant les interfaces opérationnelles avec les projets de réaménagement routier ou de développement urbain.

Le Blanc-Mesnil :

La gare a vocation à **favoriser le développement de quartiers aujourd'hui éloignés de tout mode structurant de transport en commun**, en accompagnant l'évolution de leurs grandes composantes urbaines. A ce titre, le secteur retenu pour l'implantation préférentielle de la gare se situe notamment à équidistance de la **cité des Tilleuls**, au nord-ouest, et des **zones d'activité du Coudray**, au nord-est, mais également en limite nord d'un quartier pavillonnaire et du **centre-ville du Blanc-Mesnil**. L'implantation de la gare s'inscrit par ailleurs dans le cadre d'un processus de **valorisation du parc Jacques Duclos**.

L'insertion d'une gare présentant une émergence sur la parcelle du gymnase Langevin, en bordure de l'avenue de la Division Leclerc, a été favorisée, car elle permet de **maximiser la zone desservie par la gare** (cité des Tilleuls, quartier pavillonnaire, zone du Coudray) et de **faciliter l'organisation de l'intermodalité avec le réseau de surface**.

L'orientation précise de la gare a majoritairement été déterminée par le tracé du tunnel dans le secteur, les différentes insertions étudiées étant peu différenciées en termes d'analyse multicritère.

Le Bourget RER :

La pièce D du dossier d'enquête (page 26) indique que l'implantation de la gare Grand Paris Express n'a pas fait l'objet d'une analyse de variantes. En effet, la présence de nombreuses **contraintes en termes d'infrastructures** (en particulier : faisceau ferroviaire emprunté notamment par le RER B, fondations et gare aérienne du Tram Express Nord) offre peu de possibilité d'insertion de la « boîte souterraine » de la gare. Dès les premières études, sa position dans le triangle délimité par la RN 2, les voies de la Grande Ceinture et le faisceau ferroviaire a été adoptée, en concertation avec les partenaires de la Société du Grand Paris et en cohérence avec le projet de pôle multimodal majeur envisagé par les collectivités locales à l'ouest de l'actuelle gare du RER B.

La Courneuve Six Routes :

La gare Grand Paris Express a une double vocation : en termes de transport, permettre une **correspondance avec le tramway T1** ; en termes d'aménagement, assurer la **desserte de grands quartiers d'habitat social** faisant l'objet d'un programme de rénovation urbaine (secteur des « 4 000 »). Une implantation de la gare à proximité immédiate du carrefour des « Six Routes » a été retenue à cette fin.

Plusieurs insertions de la gare ont été envisagées, en particulier une insertion à l'ouest du carrefour, à proximité de l'avenue du Général Leclerc, et une insertion au sud du carrefour, sous des parcelles appelées à muter. Les critères discriminants pour le choix du scénario de référence présenté à l'enquête publique ont été les suivants :

- la **méthode de réalisation** imposée par le contexte d'insertion : la position de la gare au sud du carrefour nécessitait une réalisation en souterrain, moins favorable qu'une réalisation à ciel ouvert et présentant plus de risques ;
- la **qualité de l'intermodalité** : l'insertion de la gare au sud du carrefour impliquait soit un cheminement de correspondance plus important avec le tramway T1, soit un déplacement de la station de tramway existante ;
- la **compatibilité avec les projets urbains** : l'insertion au sud du carrefour offrait une opportunité de développement urbain de moindre importance que l'insertion à l'ouest.

L'insertion à l'ouest du carrefour a donc été retenue sur cette base, les autres paramètres pris en compte dans l'analyse étant équivalents entre les deux positions envisagées. Les orientations présentées par le Gouvernement en mars 2013 concernant les caractéristiques du système de transport ont permis d'optimiser le positionnement de la boîte souterraine de la gare, en évitant les impacts directs sur l'emprise de la voirie routière (avenue du Général Leclerc) et sur un réseau d'assainissement important situé sous cette voirie.

Saint-Denis Pleyel :

Les éléments détaillés relatifs à la gare Saint-Denis Pleyel, pour laquelle deux variantes d'implantation contrastées ont été étudiées, sont présentés dans la pièce D du dossier d'enquête (pages 29-30), et rappelés ci-après.

Deux localisations ont été envisagées pour la gare, qui a une double vocation de point de maillage majeur du réseau de transport en commun (en particulier : lignes 14, 15, 16 et 17 du Grand Paris Express, ainsi que ligne D du RER) et d'équipement structurant accompagnant le projet d'aménagement urbain du secteur Pleyel :

- à l'ouest du faisceau ferroviaire issu de la gare du Nord, dans un quartier à fort potentiel de développement proche du carrefour Pleyel ;
- à l'est du faisceau ferroviaire, à proximité immédiate de la gare existante du RER D et du quartier Landy-Pleyel, dont l'aménagement arrive à son terme.

Le choix de la solution d'insertion à l'ouest du faisceau ferroviaire s'est fondé sur les critères suivants :

- l'**optimisation technique et fonctionnelle de l'organisation des lignes Grand Paris Express** : le scénario d'insertion à l'est du faisceau était moins avantageux pour le fonctionnement des lignes 14 et 15, en particulier ;
- les **contraintes environnementales** et la **complexité de réalisation de la gare Saint-Denis Pleyel** : la position à l'est du faisceau s'inscrivait dans un environnement récemment urbanisé (qui aurait imposé une réalisation partiellement en souterrain et aurait limité les emprises de chantier disponibles tout en perturbant, pendant toute la durée du chantier, le fonctionnement au quotidien du secteur, en particulier du parvis de la gare du RER D) et présentait par ailleurs un contexte géotechnique défavorable ;
- la **capacité de la gare à accompagner le développement urbain à ses abords**, pondérée par la **qualité de la correspondance avec les lignes de transport existantes** : la position ouest de la gare est localisée à proximité des nouvelles centralités prévues au titre du Contrat de Développement Territorial, mais implique en contrepartie un temps de correspondance plus long avec le RER D.

La solution retenue d'implantation de la gare à l'ouest du faisceau ferroviaire présente ainsi de meilleures possibilités d'insertion urbaine, accroît l'efficacité de la gare et permet une configuration du réseau Grand Paris Express plus favorable à son exploitation. Ce scénario, plus performant du point de vue des critères techniques et environnementaux, permet également une meilleure maîtrise des délais du projet.

4.1.2 Variantes de tracés

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 17) :

- de préciser la justification du parti retenu pour les sections Noisy-Champs – Chelles et Chelles – Sevran-Livry en appliquant la même grille d'analyse multicritères à l'ensemble des variantes étudiées ;
- de préciser les raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement, les variantes figurant sur certaines cartes mais pas dans les analyses du tome G.2 n'ont pas été retenues ;
- d'indiquer les résultats des études à venir qui seraient susceptibles de modifier les termes actuels de la comparaison des variantes.

Justification du parti retenu pour les sections Noisy-Champs-Chelles et Chelles-Sevran-Livry :

Section Noisy-Champs – Chelles

L'analyse comparative des variantes de tracé figurant au titre 3.2.1 du rapport G.2 est complétée comme suit.

Analyse multicritère des variantes de tracé entre Noisy-Champs et Chelles

Critères		Variante A1	Variante A0
Caractéristiques techniques	Longueur de tracé	3 710 m	3 650 m
	Gares profondes (plus de 30 m)	0/1	0/1
Fonctionnalités	Temps de parcours		-3 s par rapport à A1 Différence non significative
	Distance annuelle parcourue	2 435 000 km.voiture/an	2 394 000 km.voiture/an
Compatibilité gares	Gare de Chelles	<ul style="list-style-type: none"> bonne desserte du centre-ville, et bonnes conditions de correspondance avec le RER E et le Transilien P et les bus implantation permettant de limiter les contraintes techniques (et les aléas qui sont liés) et de conserver le fonctionnement de la gare routière pendant les travaux nécessaire acquisition de pavillons 	
Contraintes et risques liés à l'environnement du tracé	Milieu physique et naturel	Pas de facteur discriminant	
	Activités humaines et cadre de vie	La position de la gare de Chelles est moins favorable.	La gare de Chelles s'insère mieux dans l'existant.
	Infrastructures et bâti à proximité du tracé / des gares	La position de la gare de Chelles est très défavorable.	La gare de Chelles s'insère mieux dans l'existant.
Durée des travaux	Délais de réalisation du tunnel	Plus long	-0,5 mois de travaux au tunnelier par rapport à A1
	Délais relatifs aux gares et ouvrages annexes	Pas de délai particulier à envisager	Pas de délai particulier à envisager
Coûts			Travaux : plus faible lié au facteur distance – Contexte similaire

Très favorable	Favorable	Défavorable	Très défavorable	Non évalué ou non discriminant
----------------	-----------	-------------	------------------	--------------------------------

Le choix de la variante A0 comme tracé de référence repose sur une longueur de tracé plus faible et une meilleure insertion de la gare de Chelles dans le bâti.

Section Chelles – Sevran-Livry

Le chapitre 3.2.2 du rapport G.2 comporte (page 63) un tableau d'analyse comparative ne portant que sur les variantes B0 et B1, sans la variante B2 mentionnée à la page 62 du rapport G.2. La raison est que cette variante B2 ne concerne qu'une partie de la section.

Caractéristiques techniques : elle a une longueur d'environ 1 150 m, au sein d'une section de 8 km. Elle ne comporte pas de gare. Par rapport aux autres variantes B1 et B2, elle constitue un raccourci sur la portion de section considérée.

Fonctionnalités : le temps de parcours est donc plus court mais la différence n'est pas significative à l'échelle de la section. Il en est de même en distance parcourue annuelle.

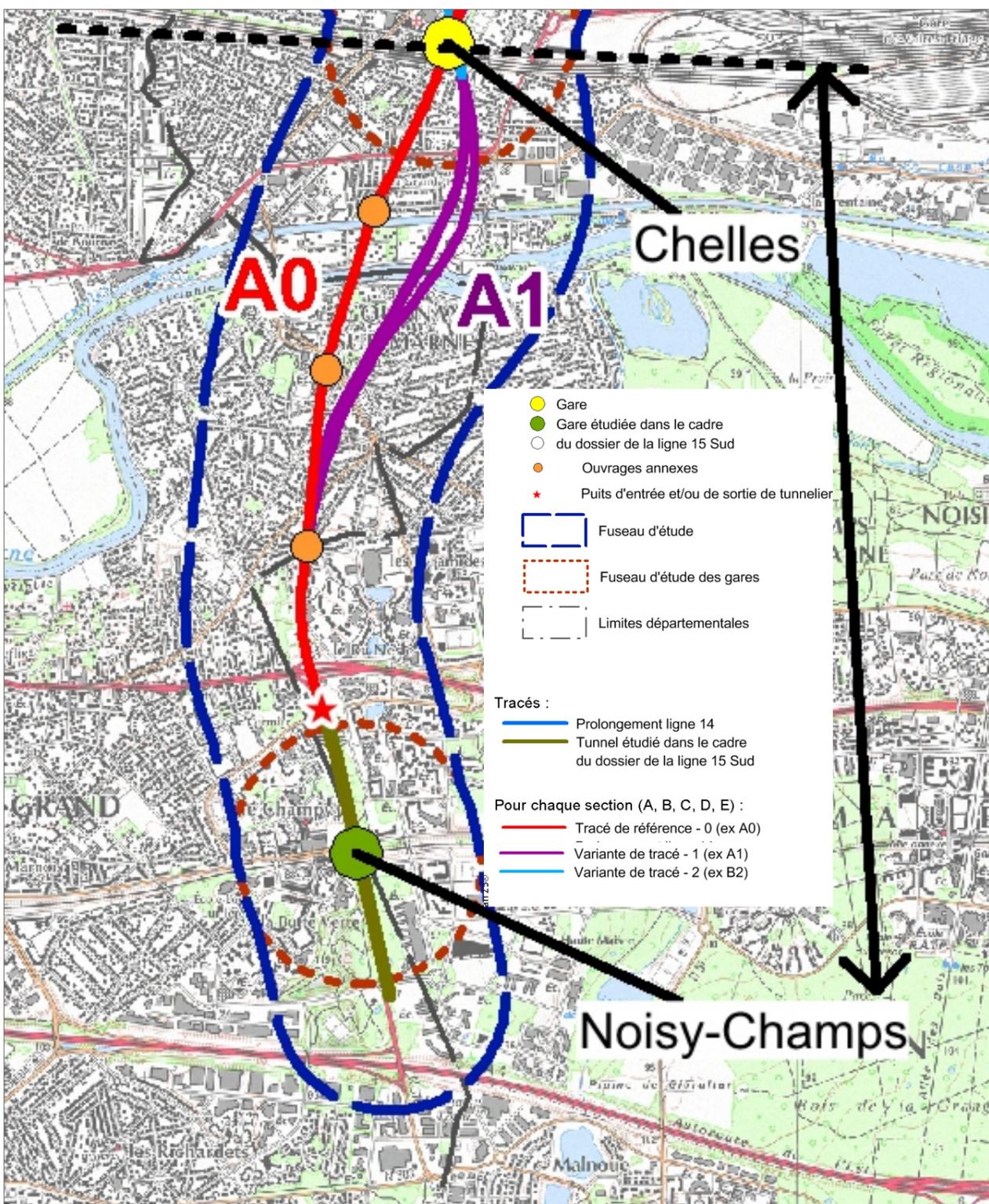
Compatibilité gares : sans objet.

Contraintes et risques liés à l'environnement du tracé : cette variante a été envisagée sur la base de deux critères :

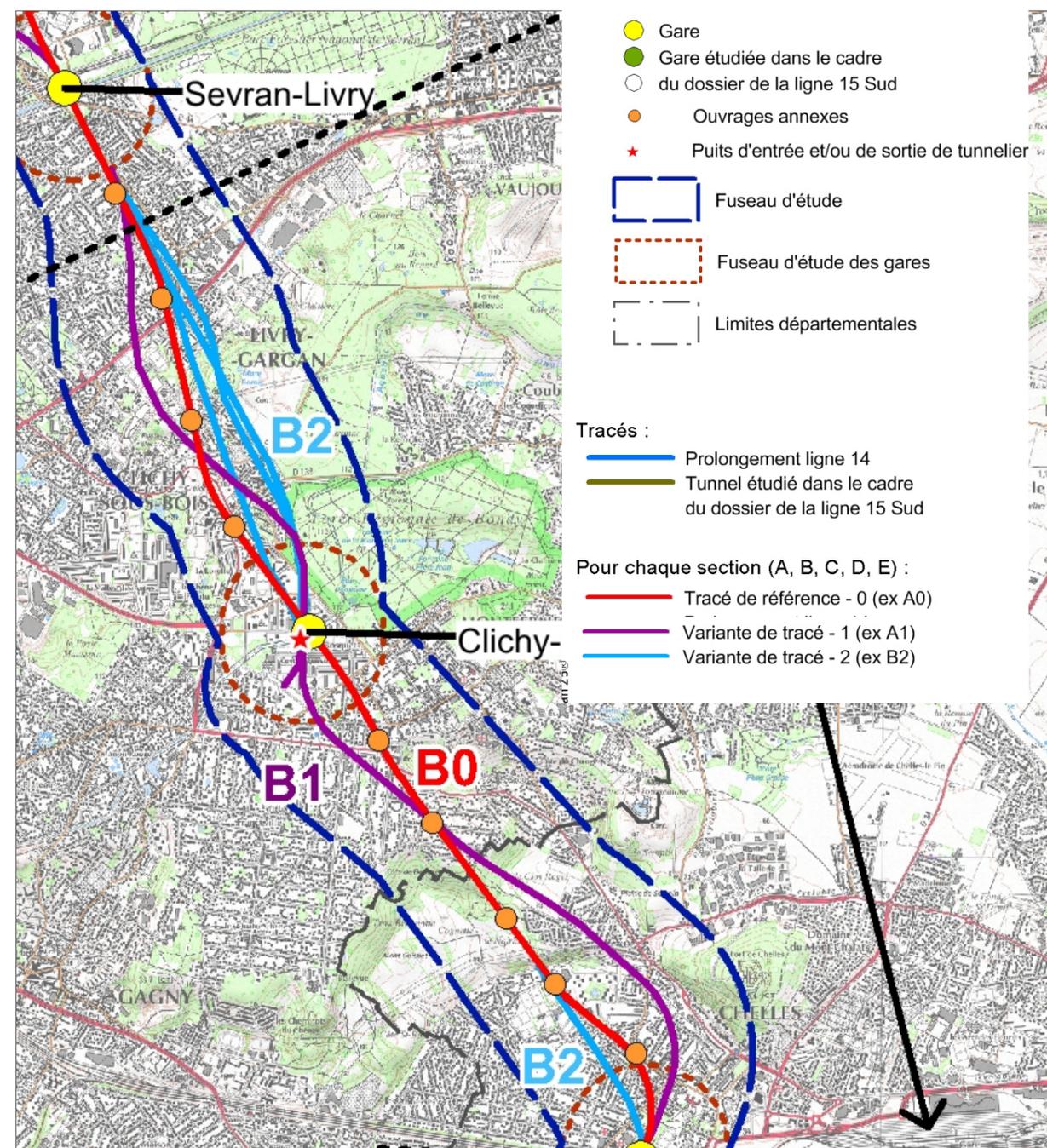
- le bâti du secteur concerné par cette variante : elle permet de simplifier l'évitement de certains immeubles ;
- certains scénarios, non retenus, de positionnement de la gare de Chelles.

Durée et travaux et coûts : la variante B2 n'apporte pas de gain significatif.

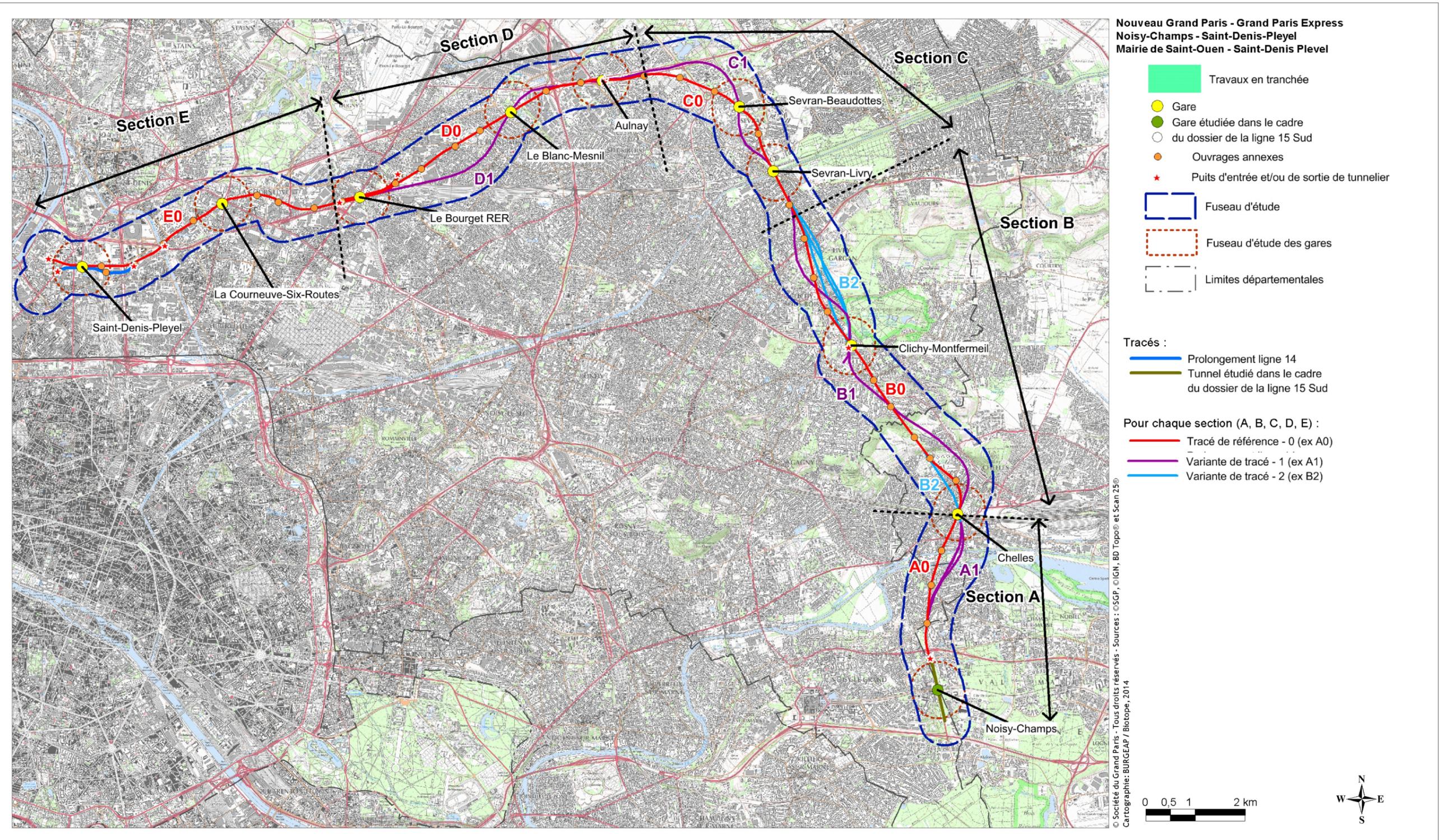
La variante B0 retenue comme tracé de référence est moins coûteuse en termes de travaux et d'exploitation, car elle repose sur une longueur plus faible d'environ 400 m par rapport à la variante A1. Elle permet également d'éviter toute intervention sur la zone Natura 2000 de la forêt de Bondy.



Analyse des variantes - Section A – Variantes A0 et A1



Analyse des variantes - Section B – Variantes B0, B1 et B2



Analyse des variantes – Carte de synthèse des variantes étudiées

Justification du rejet de certaines variantes non analysées dans le tome G.2 :

Le processus de définition du projet a conduit à envisager de nombreuses variantes en amont du projet retenu pour être présenté dans le dossier d'enquête publique. Par souci de clarté, l'ensemble du processus n'est pas repris dans le dossier.

Pour la ligne 16, les problématiques environnementales ont eu une incidence forte sur l'évolution du projet ; elles ont guidé les adaptations du tracé et de la localisation de gares, tout comme les contraintes techniques et financières.

En particulier, la présence des entités du site Natura 2000 de la zone de protection spéciale (ZPS) « Sites de Seine-Saint-Denis » et les impacts potentiels du projet sur ces entités ont amené à faire évoluer le projet par rapport aux premiers scénarios envisagés :

- Sur la section Noisy-Champs – Chelles, des variantes plus proches du parc de la Haute-Ile que la variante A0 ont été envisagées. La présence du parc de la Haute-Ile a été l'un des critères de leur abandon.
- Au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil, la présence de la forêt de Bondy a conduit à éliminer certaines variantes qui auraient engendré un défrichement d'une partie du site Natura 2000, avec pour conséquence une incidence significative sur les habitats d'espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire.
- Sur la section Blanc-Mesnil – Aulnay, la réalisation du tunnel en tranchée couverte, initialement envisagée, aurait eu une incidence forte sur les niveaux d'eau des plans d'eau du parc du Sausset, et donc sur l'habitat de Blongios nain : cette méthode constructive a par conséquent été remplacée par l'utilisation du tunnelier pour l'ensemble de la section située sous la RN2.
- La réduction de la longueur des gares de 120 à 54 m diminue fortement l'impact du projet :
 - o sur le canal de l'Ourcq : la gare de Sevrans-Livry peut être implantée à l'endroit prévu sans porter atteinte au canal ;
 - o au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil : l'impact sur la promenade de la Dhuis est très fortement réduit.

Perspective des études à venir :

Les études réalisées ont permis de faire évoluer sensiblement et de stabiliser le projet.

Ainsi, les études portant sur l'hydrogéologie et la sensibilité des sites Natura 2000 ont permis de présenter un projet :

- évitant la quasi-totalité des emprises de la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis »,
- éloignant sensiblement le tracé de ces emprises,
- éloignant sensiblement le tracé des plans d'eau en relation avec les nappes souterraines,
- cadrant les mesures constructives permettant d'éviter ou de réduire les impacts hydrogéologiques.

Les études à venir vont permettre d'augmenter la définition du projet, ainsi que de préciser ses impacts sur l'environnement et les mesures d'accompagnement prévues. Elles ne sont pas susceptibles de faire évoluer les termes de comparaison des variantes.

4.2 Justification du projet par l'analyse socio-économique

L'évaluation socio-économique du projet, synthétisée dans la pièce H du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, a fait l'objet d'une contre-expertise indépendante, suivie d'un avis rendu par le Commissaire général à l'investissement, conformément aux dispositions du décret n° 2013-1211 du 23 décembre 2013 relatif à la procédure d'évaluation des investissements publics. Le rapport de contre-expertise ainsi que l'avis du Commissaire général à l'investissement, daté du 20 juin 2014, figurent en annexe au présent dossier d'enquête (pièce J).

Conformément aux préconisations de l'avis du Commissaire général à l'investissement, la Société du Grand Paris a modifié la pièce H, afin notamment :

- d'explicitier l'évaluation du tronçon par rapport à celle du programme dans son ensemble ;
- de préciser les hypothèses des scénarios de référence en matière de niveau et de localisation de la population et de l'emploi.

Les modifications ainsi apportées à la pièce H répondent également aux recommandations de l'Autorité environnementale sur l'évaluation socio-économique (page 18 de l'avis délibéré n° 2014-25) :

- En termes de présentation, la pièce H est organisée en quatre chapitres :
 - o H1 : Présentation de l'étude
 - o H2 : Principes de l'évaluation socio-économique
 - o H3 : Evaluation socio-économique à l'échelle du Grand Paris Express
 - o H4 : Evaluation socio-économique à l'échelle du projet

Chacun des deux chapitres H3 et H4 présente à la fois les principales hypothèses des scénarios envisagés (projections socio-démographiques, caractéristiques futures des réseaux de transport pris en considération², coûts d'investissement et d'exploitation...) et les résultats correspondants.

- La Société du Grand Paris a pris soin de faire mention, dans la pièce H, des limites associées à la méthodologie générale prescrite et utilisée. Le maître d'ouvrage a systématiquement pris en compte une approche prudente dans la valorisation des avantages associés au projet, ce qui tend probablement à minimiser les résultats chiffrés visant à caractériser son intérêt socio-économique.

S'agissant notamment des impacts du projet en termes d'enjeux sociaux, ceux-ci ne sont pas valorisés dans le bilan socio-économique, en l'état des méthodes en vigueur. La pièce H présente toutefois des cartes d'accessibilité valorisée (variations d'utilité économique par

² En réponse à une observation formulée par l'Autorité environnementale dans son avis (titre 2.2.2, page 17), la Société du Grand Paris confirme que les hypothèses retenues en matière de projets de transport intégrés à la situation de référence sont bien identiques entre l'évaluation socio-économique et l'étude d'impact. Les mêmes modélisations du trafic prévisionnel ont en effet servi à alimenter chacune des deux études.

actif), aussi bien pour le programme Grand Paris Express que pour le projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel : ces cartes illustrent le fait que les bénéfices associés à la réalisation de la nouvelle infrastructure sont majoritairement localisés dans les communes dont les revenus fiscaux sont les plus faibles, ce qui illustre l'intérêt du projet en termes de rééquilibrage social des territoires.

5. Géologie, géotechnique, hydrogéologie et occupation du sous-sol

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, pages 19 et 20) :

- de garantir un niveau de précision au moins équivalent à celui présenté dans le dossier d'enquête publique relatif au tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs (ligne 15 Sud), s'agissant des principes généraux permettant de limiter les conséquences des aléas majeurs identifiés au niveau du sous-sol ;
- d'apporter des informations plus précises sur le bâti existant, particulièrement dans les zones vulnérables au risque d'effondrement, ainsi que sur les études à venir visant à affiner les connaissances sur le bâti, les réseaux et les infrastructures rencontrés.

L'annexe « **Enjeux et mesures relatifs à la géologie, la géotechnique, l'hydrogéologie et l'occupation du sous-sol** » du présent document répond à cette recommandation de l'Autorité environnementale.

Cette annexe rappelle la démarche mise en œuvre par la Société du Grand Paris pour traiter ces enjeux aux différentes phases du projet, de sa conception à sa mise en service. Elle présente chaque enjeu ou phénomène potentiellement identifié sur les tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel :

- rappel de l'enjeu spécifique au projet ;
- présentation des dispositions retenues pour prendre en compte cet enjeu dès la conception du projet (y compris mesures à mettre en œuvre en phase de réalisation du projet) ;
- identification des zones d'incidence potentielle ;
- présentation détaillée des mesures d'évitement ou de réduction des impacts, ainsi que des méthodes de suivi des effets de ces mesures.

6. Consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 22) :

- de récapituler, caractériser et localiser les consommations d'espaces naturels, agricoles et forestiers découlant d'une part du chantier, d'autre part du régime permanent ;
- de préciser quantitativement et qualitativement les mesures compensatoires afférentes.

L'analyse des espaces naturels, agricoles et forestiers est abordée dans différents points de l'étude d'impact. Le tableau ci-dessous récapitule les consommations d'espaces prévues, en phase chantier d'une part et en phase d'exploitation d'autre part :

	Phase chantier	Phase exploitation	Référence de l'étude d'impact
Parcs et jardins	Moins de 5 ha	Moins de 1 ha	Rapport G.2 p. 241
Milieux forestiers	Moins de 0,5 ha	Moins de 0,5 ha	Rapport G.2 p. 241
Milieux aquatiques	Moins de 0,5 ha	Moins de 0,5 ha	Rapport G.2 pp. 209, 241
Milieux agricoles	Moins de 0,5 ha	Moins de 0,5 ha	Rapport G.2 pp. 209, 241, 255
Milieux ouverts	Moins de 1 ha	Moins de 0,5 ha	Rapport G.2 p. 241
Autres espaces ouverts	Moins de 2,5 ha	-	Rapport G.2 p. 295
TOTAL	Moins de 10 ha	Moins de 3 ha	

Ces estimations d'impact direct sont à mettre en relation avec les incidences induites du projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel sur l'étalement urbain, évaluées comme suit :

- une préservation d'environ 156 ha d'espaces naturels et semi-naturels dans le fuseau d'étude à l'horizon 2023 ;
- une préservation de 3 035 ha globalement à l'horizon 2035, par rapport à une situation de référence dans laquelle le Grand Paris Express ne serait pas réalisé.

Les surfaces préservées du fait du ralentissement de l'étalement urbain sont donc significativement supérieures aux surfaces consommées par le projet.

7. Milieux naturels, faune et flore : incidences du projet sur la ZPS Natura 2000 « Sites de Seine-Saint-Denis » et les continuités écologiques

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, pages 22 à 24) :

- de mieux argumenter l'absence d'effet significatif du projet sur l'état de conservation favorable des espèces d'oiseaux, et de leurs habitats, qui ont justifié la désignation du parc du Sausset et du parc de la Haute-Ile ;
- de démontrer dès maintenant l'absence d'effets préjudiciables durables à l'intégrité du site Natura 2000 pour ce qui concerne le parc Georges Valbon et de ses plans d'eau.

7.1 Évaluation des incidences du projet sur les parcs Georges Valbon et du Sausset

7.1.1 Les enjeux écologiques des parcs Georges Valbon et du Sausset

Parc Georges Valbon :

Le parc départemental Georges Valbon, anciennement appelé parc de la Courneuve, est situé au nord du département de la Seine-Saint-Denis et, pour une petite partie, dans le département du Val d'Oise. Le parc s'étend sur les communes de la Courneuve, Saint-Denis, Dugny, Stains et Garges-lès-Gonesse. Ce parc possède une richesse biologique importante au regard de sa localisation du fait de la diversité des milieux qui y ont été créés. Une « gestion harmonique » y est menée depuis les années 1990.

Les espèces ayant permis le classement de ce site en zone de protection spéciale (ZPS) sont les suivantes : Blongios nain, Bondrée apivore, Butor étoilé, Gorgebleue à miroir, Hibou des marais, Martin pêcheur d'Europe, Pic noir, Pie-grièche écorcheur, Sterne pierregarin.

Le parc dispose d'un réseau de plans d'eau réparti de part et d'autre de la voie ferrée qui coupe le parc en deux. Pour la gestion des niveaux d'eau des plans d'eau du parc, deux méthodes sont nécessaires :

- Pour l'étang des Brouillards et l'étang du Vallon qui sont directement alimentés par la nappe superficielle des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen, la gestion se fait naturellement. Ces deux étangs sont indépendants des autres plans d'eau du parc et ne comprennent pas d'exutoire ou d'ouvrage de régulation.
- Pour les autres plans d'eau, la gestion des niveaux d'eau est artificielle. Les eaux proviennent de la pluie, d'un collecteur situé en amont et sur un pompage de la nappe de l'Éocène moyen et inférieur pour une part significative.

Ce site est compris dans la ZPS Natura 2000 de la Seine-Saint-Denis.

Parc du Sausset :

Le parc départemental du Sausset s'étend sur deux communes de Seine-Saint-Denis : Aulnay-sous-Bois et Villepinte. Le parc est structuré autour de quatre ambiances paysagères : au nord du parc une forêt de 70 hectares, au nord-est « le Puits d'Enfer » dont 20 hectares sont aménagés en boisements et clairières, au sud-est le secteur du « Bocage » sur 43 hectares avec champs et haies bocagères, et au sud-ouest la zone des « Prés Carrés » de 52 hectares comprenant l'étang de Savigny et le marais. Le marais est fermé au public afin de préserver cette zone écologique riche et

complexe. Une « gestion harmonique » est menée sur le parc depuis les années 1990 afin de favoriser une plus grande richesse spécifique.

Les espèces ayant permis le classement de ce site en ZPS sont les suivantes : Blongios nain, Bondrée apivore, Butor étoilé, Gorgebleue à miroir, Hibou des marais, Martin pêcheur d'Europe, Pic noir, Pie-grièche écorcheur, Sterne pierregarin.

Le parc comporte deux principales zones humides :

- L'Étang de Savigny, principal plan d'eau du parc, est alimenté en grande partie par les eaux souterraines. L'étang permet également une régulation des eaux du ruisseau du Sausset qui le longe en souterrain dans un collecteur enterré. La demande en espaces verts et le développement rapide de l'urbanisation ont conduit à la création du parc autour de l'étang.
- Le marais est également alimenté par la nappe. En cas d'insuffisance, de l'eau est pompée dans l'Étang de Savigny. Ce pompage est en cours de remplacement par un pompage dans la nappe directement.

Ce site est compris dans la ZPS Natura 2000 de la Seine-Saint-Denis

Des éléments plus approfondis sur ces deux parcs sont disponibles dans le rapport G.1 de l'étude d'impact (titre 4.1.4) du présent dossier d'enquête publique.

7.1.2 Analyse des impacts directs du projet sur les deux parcs

Aucun ouvrage annexe ou gare n'est prévu dans ou au droit des parcs Georges Valbon et du Sausset. Il s'agit bien d'une mesure d'évitement concrète dans la conception du projet.

Le projet ne présente pas d'impact direct sur les sites Natura 2000 Georges Valbon et du Sausset.

7.1.3 Analyse des impacts indirects du projet sur les deux parcs

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

Ces pompages sont susceptibles d'entraîner une baisse de la piézométrie du secteur et potentiellement une baisse du niveau des plans d'eau des sites Natura 2000 en connexion avec la nappe souterraine, et à terme d'altérer la qualité des milieux humides et leur capacité d'accueil d'espèces sensibles comme le Blongios nain, nicheur sur les deux parcs, ou le Butor étoilé, présent en hivernage dans le parc Georges Valbon.

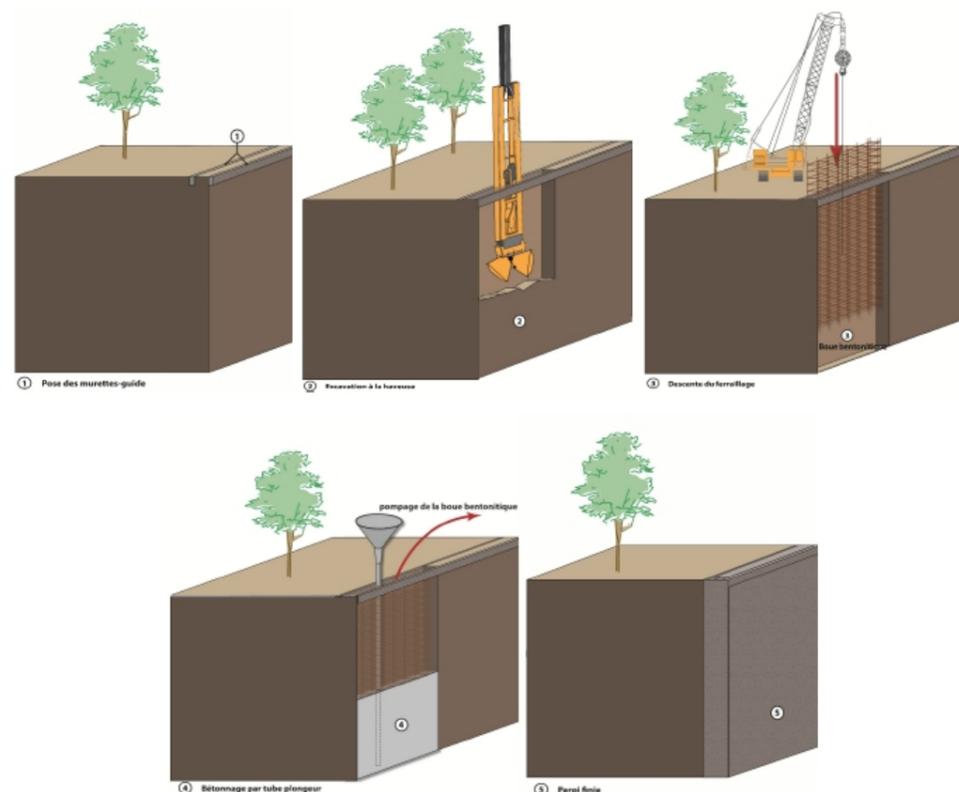
Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au **tunnelier**, méthode qui ne nécessite aucun pompage, la pressurisation du front de taille faisant obstacle à l'entrée de l'eau dans le tunnel. La mise en place de voussoirs en béton avec injection de mortier permet d'assurer l'étanchéité en arrière de la machine. La présence du tunnel peut dans certains cas, selon le contexte hydrogéologique traversé, gêner l'écoulement de la nappe de part et d'autre (effet de barrage). Cet effet potentiel mesuré par ailleurs est limité localement. Au vu de la distance du projet avec les sites Natura 2000, cet effet est nul sur les plans d'eau.

Le tunnel ne présente pas d'impact indirect sur les plans d'eau des sites Natura 2000 identifiés.

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

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

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe d'eau et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.



Principe général de mise en œuvre de parois moulées

- Pour plus de détails, le lecteur pourra également se référer au **chapitre D4 de la pièce D** du dossier d'enquête publique (titre 2 : « Mode d'exécution des travaux ») ainsi qu'à l'**annexe « Enjeux et mesures relatifs à la géologie, la géotechnique, l'hydrogéologie et l'occupation du sous-sol »** du présent document (titre 2.1 : « Nappes et circulations souterraines »).

Impact en phase travaux :

En phase travaux, avant l'étanchéité de la gare, un volume d'eaux souterraines est susceptible d'entrer dans la boîte. Pour la bonne avancée des travaux, il convient alors de pomper ces eaux et de les évacuer hors de l'ouvrage en construction.

À ce titre, la Société du Grand Paris a conduit des modélisations pour évaluer ces volumes et les incidences potentielles liées à ces pompages temporaires, notamment sur les sites Natura 2000 proches comportant des plans d'eau sensibles. De plus, la présence sur ce territoire de gypse sensible aux modifications des écoulements hydrogéologiques nécessite une attention particulière.

7.1.4 La modélisation hydrogéologique

Périmètre de la modélisation :

L'étude s'appuie sur l'ensemble des données bibliographiques disponibles, sur la définition du projet au stade actuel d'avancement (études préliminaires) et surtout sur les résultats des différentes études conduites par la Société du Grand Paris, notamment la campagne de reconnaissances géologique, hydrogéologique et géotechnique dite niveau G1 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (anciennement nommée G11), qui apporte des éléments sur les caractéristiques du sous-sol et des eaux souterraines.

La modélisation porte sur les deux principales nappes souterraines concernées par les ouvrages du tronçon. Il s'agit de :

- La nappe de l'Éocène supérieur : cette nappe est principalement présente dans les strates du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp supérieur. Elle peut être présente dans des formations superficielles suffisamment épaisses de type remblais et/ou limons.
- La nappe de l'Éocène moyen (Lutétien) : cette nappe est présente dans les strates des Sables de Beauchamp inférieurs, des Marnes et Caillasses, et du Calcaire Grossier. Les Sables de Beauchamp médians sont constitués de sables argileux de perméabilité très faible, ils constituent souvent la barrière étanche entre les nappes de l'Éocène supérieur et moyen.

La nappe de l'Éocène inférieur (Yprésien), située dans les Sables de Cuise, ne concerne pas le projet.

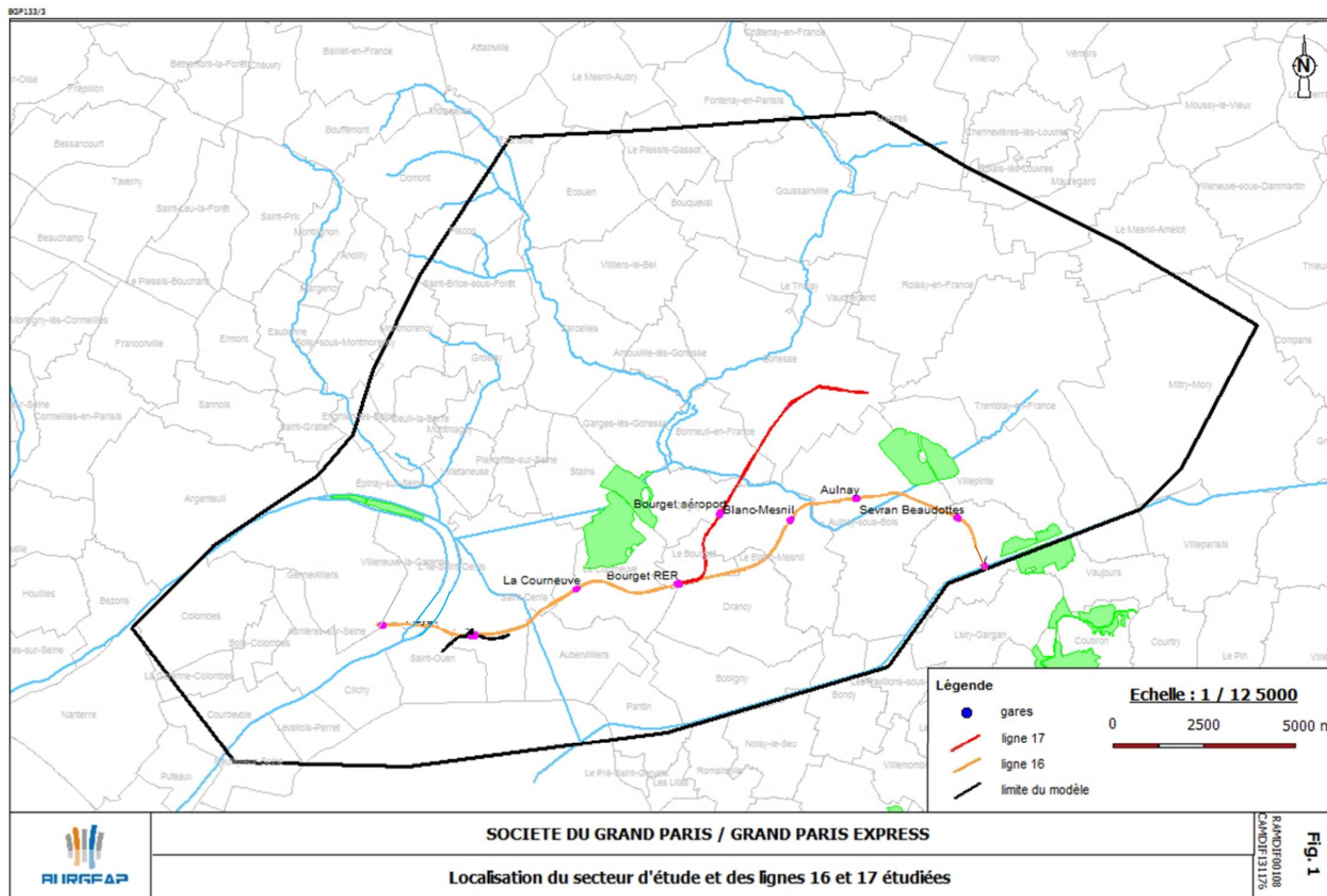
L'aire d'étude retenue pour cette modélisation est présentée sur la carte ci-après.

La modélisation prend en compte les cinq gares suivantes :

- La Courneuve « Six Routes »
- Le Bourget RER
- Le Blanc-Mesnil
- Aulnay
- Sevrans-Beaudottes

Les autres gares du réseau n'ont pas été prises en compte dans la modélisation. Leur éloignement par rapport aux plans d'eau conduit à l'absence d'effets sur la circulation des eaux souterraines.

Aire d'étude pour la modélisation hydrogéologique (en bleu le réseau hydrographique de surface : la Seine, le Croult et le rû du Sausset)



Hypothèses retenues pour la modélisation :

Le calage du modèle consiste à ajuster certains paramètres pour reproduire le plus fidèlement possible une situation connue. La qualité du calage du modèle s'apprécie par la corrélation entre les données calculées et les données observées issues de mesures. Dans le cas présent, la qualité du calage a été appréciée sur les deux nappes principalement concernées : Éocène supérieur dont le niveau piézométrique est situé dans le marno-calcaire de Saint-Ouen, et Éocène moyen dont le niveau piézométrique est situé dans les Marnes et Caillasses.

La modélisation s'est appuyée sur des hypothèses maximalistes. Il s'agit à ce stade d'avancement du projet d'évaluer les incidences liées aux travaux dans une situation défavorable. Les campagnes de reconnaissance ultérieures sur les sols et les eaux souterraines permettront alors de retravailler le modèle pour des résultats plus précis et plus positifs.

Ainsi, à ce stade, la modélisation a retenue l'hypothèse défavorable d'une relation forte entre les plans d'eau et la nappe, c'est-à-dire que le niveau d'eau des plans d'eau varie de la même façon et en même temps que la piézométrie de la nappe.

Plusieurs hypothèses simplificatrices ont également été formulées pour déterminer si la baisse de niveau d'eau brute pouvait avoir une incidence sur ces roselières :

- une durée de phase chantier nécessitant des pompages sur une longue période ;
- une réaction uniforme du ou des plans d'eau à une baisse du niveau d'eau ;
- une baisse naturelle en période la plus défavorable : la période des basses eaux (été).

A partir de ce constat, un étalonnage a été effectué pour évaluer l'incidence d'un abaissement prolongé :

- Pour les plans d'eau de 50 cm de profondeur, 8 cm de baisse de niveau correspond aux baisses constatées en étiage sur des étangs de plaine de morphologie similaire. Cette baisse est donc significative mais potentiellement acceptable sur une période de hautes eaux (dépendant de la météorologie annuelle, classiquement octobre-décembre, voire janvier).
- Pour les plans d'eau de 1 m de profondeur, cette valeur monte à 15 cm de baisse de niveau, qui correspond aux baisses constatées en étiage sur des étangs de plaine de morphologie similaire ;
- Pour les plans d'eau de 2,50 m de profondeur, cette valeur monte à 25 cm.

Couches modélisées et paramètres hydrogéologiques initiaux

Couche	Formations	Nature	Perméabilité horizontale (m/s)	Perméabilité verticale (m/s)
1 à 6	Formations superficielles	Alluvions de la Seine, alluvions, limons de plateau, gypse...	$3.10^{-3} / 5.10^{-3} / 1-8.10^{-4} / 1.10^{-6} / 8.10^{-5}$	$3.10^{-4} / 5.10^{-4} / 1-7.10^{-5} / 1.10^{-7} / 3.10^{-6}$
7 à 8	Marno-Calcaire de Saint Ouen	Marno-Calcaire de Saint Ouen	3.10^{-4}	3.10^{-5}
9 à 11	Sables Beauchamp de	Très peu perméable	1.10^{-4}	1.10^{-5}
12 à 16*	Marnes et Caillasses	Marnes & Caillasses	5.10^{-8}	1,5 et $5.10^{-9} / 1,5$ et $2,5.10^{-8}$
17 et 18			2.10^{-5}	2.10^{-6}
19	Calcaires grossiers	Base peu perméable	8.10^{-5}	1.10^{-8}
20			3.10^{-6}	3.10^{-6}
22	Yprésien	Argiles de Laon (5 m)	1.10^{-7}	4.10^{-9}
23		Sables de Cuise (25 m)	1.10^{-4}	3.10^{-5}

Résultats de la modélisation :

La modélisation prend en compte la mise en place de parois moulées pour les gares.

Gare modélisée		Parc Georges Valbon		Parc du Sausset	
		Étang des Brouillards	Étang du Vallon	Étang de Savigny	Marais
Courneuve-Six-Routes	Profondeur d'eau disponible	1 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
	Rabattement calculé	-0,04 m	-0,06 m	-0,02 m	-0,02 m
	Effets sur Blongios nain / Butor étoilé	Nul à très faible	Faible	Nul à très faible	Nul à très faible
Le Bourget RER	Profondeur d'eau disponible	1 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
	Rabattement calculé	-0,05 m	-0,08 m	0	0
	Effets sur Blongios nain / Butor étoilé	Nul à très faible	Faible Favoriser la période des hautes eaux	nul	nul
Blanc-Mesnil	Profondeur d'eau disponible	1 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
	Rabattement calculé	-0,02 m	-0,04 m	-0,04 m	-0,04 m
	Effets sur Blongios nain / Butor étoilé	Nul à très faible	Faible	Nul à très faible	Nul à très faible
Aulnay	Profondeur d'eau disponible	1 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
	Rabattement calculé	0	0	0	0
	Effets sur Blongios nain / Butor étoilé	nul	nul	nul	nul
Sevran-Beaudottes	Profondeur d'eau disponible	1 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
	Rabattement calculé	-0,05 m	-0,08 m	-0,29 m	-0,29 m
	Effets sur Blongios nain / Butor étoilé	Nul à très faible	Faible	Moyen	Moyen

La modélisation montre que même avec des hypothèses maximalistes de lien entre les nappes et les plans d'eau, les effets des travaux restent limités et non significatifs sur les sites Natura 2000 identifiés.

Néanmoins au vu des enjeux environnementaux identifiés (présence de zone de gypse, sites Natura 2000), des mesures techniques supplémentaires pourront être mises en œuvre. Il s'agit notamment d'éviter l'arrivée d'eau par le fond de fouille des ouvrages.

➤ **Venues d'eau en fond de fouille dans la boîte :**

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

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

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

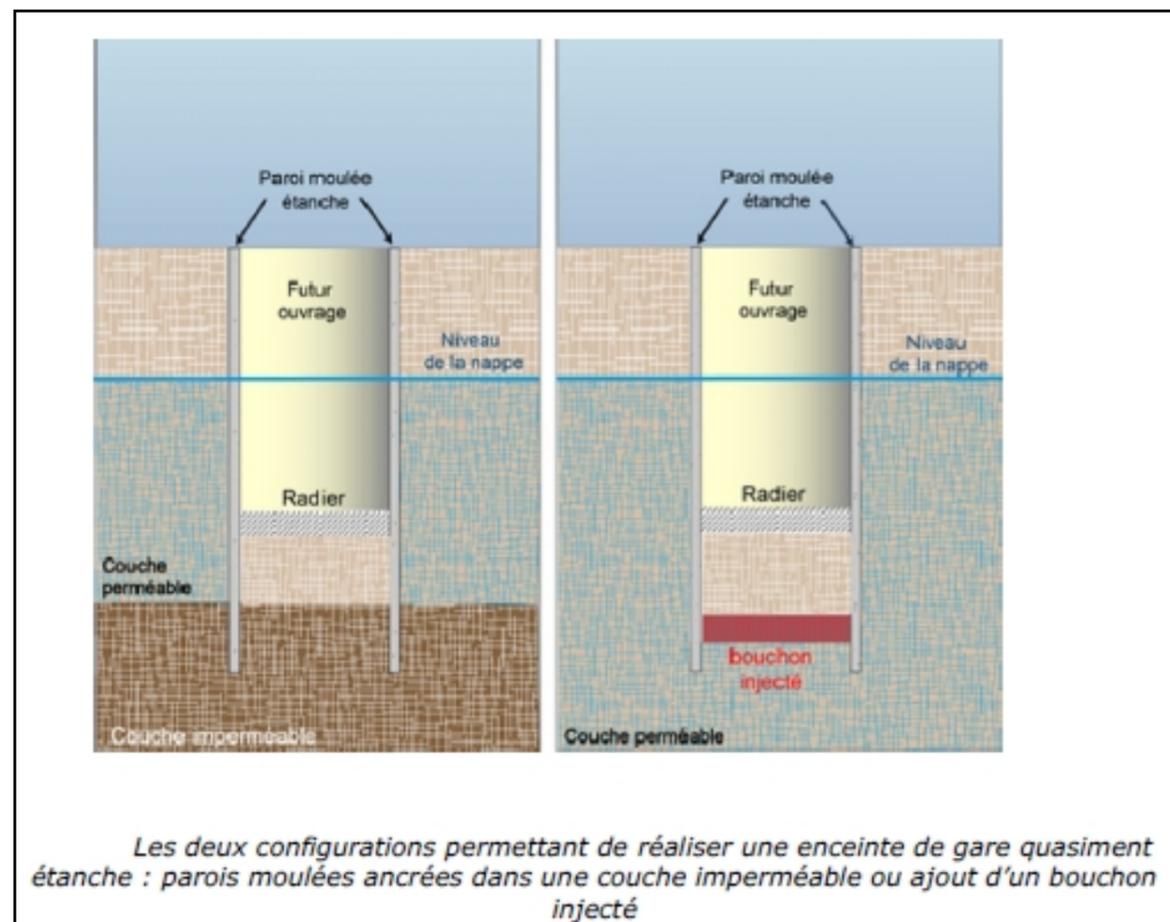
La mise en place de ces techniques ne doit pas occulter la vérification de la stabilité du fond de fouille. En effet, lorsqu'un niveau imperméable existe ou qu'un niveau imperméable est créé (bouchon injecté), et qu'une nappe se développe sous cet horizon avec un niveau piézométrique supérieur au niveau de la couche imperméable (nappe captive), il peut y avoir une instabilité du fond de fouille lors des terrassements. Cette instabilité se développe quand la pression d'eau en sous face de la couche imperméable est supérieure au poids des terres situés au-dessus ; dans un tel cas, un déchargement de la nappe doit être réalisé, ce qui implique le pompage d'eau en fond de fouille.

Ce phénomène est fonction de la présence d'une nappe captive (considéré comme courant pour ce territoire) et de la position de la gare par rapport au niveau peu perméable, au regard de ces éléments, les études de conception devront permettre de statuer sur :

- la réalisation de puits de déchargement pour assurer la stabilité du fond de fouille,
- la réalisation d'un bouchon injecté en pied de parois moulées afin que les pressions d'eau soient appliquées sous celui-ci et non sous l'horizon imperméable naturel.

La réalisation de puits de décharge est susceptible de conduire à des pompages des eaux dans la boîte. À terme, la construction prévoit la mise en place d'un radier définitif qui assure une étanchéité totale de la boîte et est capable de reprendre les sous-pressions de la nappe.

Principe de parois moulées dans la couche géologique imperméable et de parois moulées avec bouchon injecté :



Les campagnes de reconnaissance prévues dans les étapes ultérieures (campagne G12 en cours et G2 à venir pour les sols, le suivi du fonctionnement des nappes) permettront à la Société du Grand Paris de retenir la solution la plus adaptée pour assurer un pompage réduit dans la boîte en phase travaux.

La mise en œuvre de ces mesures permettra d'assurer un pompage temporaire de l'ordre de 40-50m³/h.

Ce débit est particulièrement limité, et n'entraînera pas d'effets significatifs sur une nappe aussi productive. **Les cônes de rabattement induits par ces volumes évacués des boîtes gares resteront limités localement et n'entraîneront pas d'incidences significatives au niveau des plans d'eau des sites Natura 2000.**

Le choix des dispositifs techniques à mettre en place pour l'arrivée d'eau de manière verticale se fera dans les étapes ultérieures des études d'avant-projet et de projet, sur la base des résultats des campagnes en cours et à venir de caractérisation plus précise de la géologie (campagne G12 et G2), ainsi que des essais de pompage prévus au niveau des sites des gares pour une meilleure connaissance de la perméabilité des terrains.

Ces éléments, ainsi que les volumes précis de pompage temporaire, seront précisés dans le cadre des dossiers réglementaires au titre de la loi sur l'eau nécessaire pour la construction du projet.

Impact en phase d'exploitation

La mise en œuvre des parois moulées assure comme lors des phases travaux un écran étanche horizontal de la boîte ; la réalisation d'un radier au fond de l'ouvrage ferme la boîte et la rend étanche dans sa globalité. En phase d'exploitation, les actions éventuelles de pompage ne sont pas nécessaires, ou particulièrement limitées (infiltrations).

En conclusion, en phase d'exploitation, le projet ne présente pas d'impact sur les plans d'eau des parcs Natura 2000 identifiés.

7.1.5 Les mesures de suivi retenues par la Société du Grand Paris

La Société du Grand Paris prévoit la mise en place d'un dispositif de suivi des niveaux piézométriques avant le début des travaux. Il sera exploité pendant l'intégralité de la phase travaux et pendant une période post-travaux couvrant a minima la mise en service.

La carte ci-après présente le principe général d'implantation des piézomètres qui repose sur les éléments suivants :

- Le suivi doit porter sur la nappe de surface, de l'Éocène supérieur, entre chaque gare et le ou les plans d'eau les plus proches.
- Le réseau est installé en fonction de la position des plans d'eau d'abord, de celle des gares ensuite. Il doit permettre de détecter l'incidence de travaux pendant toute la durée des travaux des gares concernées, quelle que soit la gare d'origine de l'incidence.
- Les données hydrogéologiques seront prises compte dans l'implantation de ce réseau : sens d'écoulement de la nappe concernée, profondeur de la nappe.

L'emplacement exact des points de mesure et des piézomètres sera déterminé lors des études ultérieures. Chacun des points de mesure et piézomètres fera l'objet de relevés réguliers dont l'objectif est de détecter une baisse de niveau d'eau ou de piézométrie. En cas de détection d'une telle baisse, une procédure d'alerte sera mise en œuvre : les différentes opérations de compréhension de la baisse et d'actions de lutte contre la baisse auront été prédéfinies.

7.2 Évaluation des incidences du projet sur le parc de la Haute-Ile

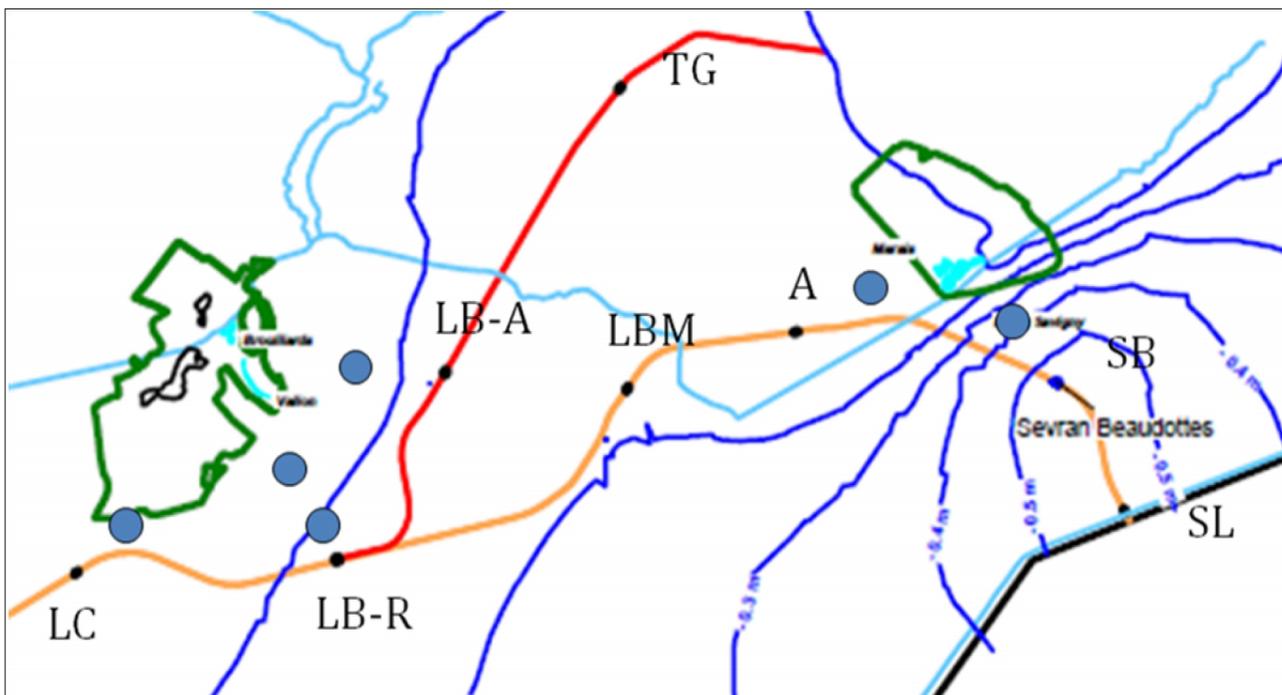
7.2.1 Les enjeux écologiques du parc de la Haute-Ile

Le parc de la Haute-Ile se situe à l'est du département de la Seine-Saint-Denis sur la commune de Neuilly-sur-Marne. Le parc départemental de la Haute-Ile s'étend sur 65 hectares environ d'anciennes terres agricoles entre la Marne, au sud et à l'est, et le canal de Chelles, au nord.

Ce parc, situé en bord de Marne, comporte trois plans d'eau en relation directe avec la nappe superficielle des alluvions très productive. Ces plans d'eau ont des berges en pente relativement forte. Cette configuration des berges est favorable à certaines espèces comme le Martin pêcheur d'Europe. Comme le montre le tableau de la page suivante, les plans d'eau sont situés à des cotes altimétriques différentes, en relation avec la topographie du site et son historique. Ils sont connectés entre eux et l'écoulement se fait du plan d'eau amont, le plus proche du canal de Chelles, au plan d'eau aval, le plus proche de la Marne. Il n'y a pas de connexion directe avec la Marne.

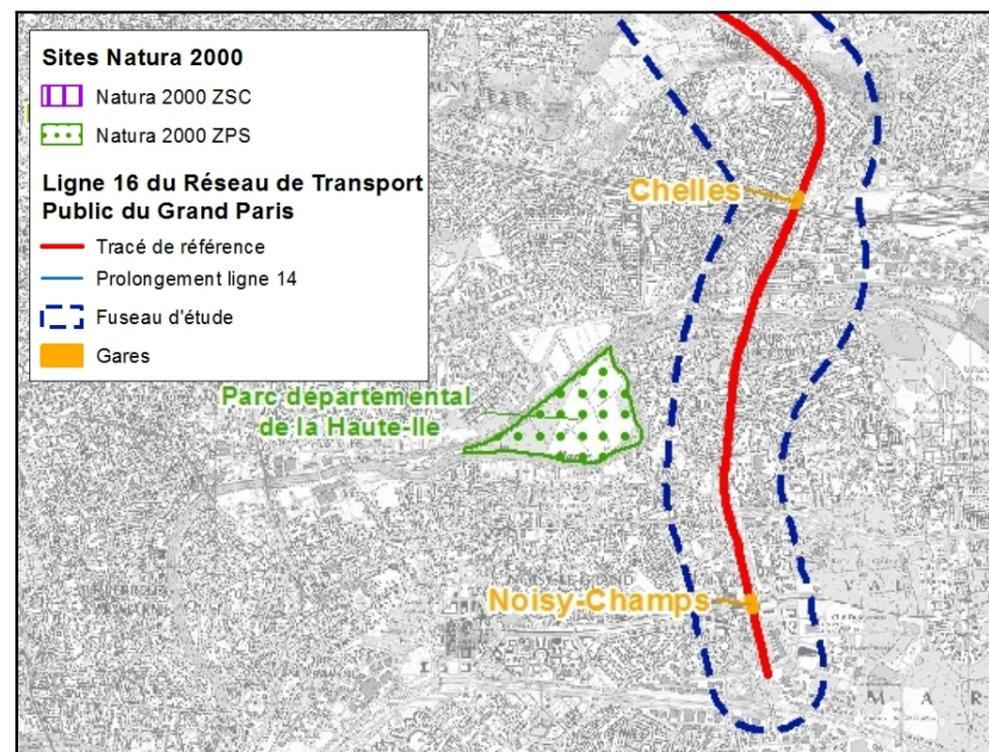
Les espèces ayant permis le classement de ce site en ZPS sont les suivantes : Bondrée apivore, Busard cendré, Busard Saint-Martin, Gorgebleue à miroir, Hibou des marais, Martin pêcheur d'Europe, Pie-grièche écorcheur, Sterne pierregarin.

La figure ci-dessous présente la localisation de ce parc par rapport au projet objet de la présente enquête préalable à déclaration d'utilité publique :



● Emplacement de principe proposé pour un piézomètre

Principe général d'implantation du dispositif de suivi des niveaux piézométriques



Caractéristiques générale des plans d'eau de la Haute-Ile

Unité	Niveau d'eau (m NGF)	Fond de référence des plans d'eau (m NGF)	Profondeur de référence (m)
Plan d'eau amont	35,96	34,02	1,94
Plan d'eau central	35,60	32,60	3,00
Plan d'eau aval	34,10	32,45	1,65

7.2.2 Analyse des impacts directs du projet sur le parc

Aucun ouvrage annexe ou gare n'est prévu dans le périmètre du parc de la Haute-Ile.

Le projet ne présente pas d'impact direct sur le site Natura 2000 du parc de la Haute-Ile.

7.2.3 Analyse des impacts indirects du projet sur le parc

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

Pour rappel, les ouvrages en tranchée couverte des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel (gares, ouvrages de sécurité...) sont prévus avec la technique des parois moulées qui permet d'assurer à terme une étanchéité des ouvrages, et ainsi éviter les pompages en phase d'exploitation.

À ce titre, le projet ne présente pas d'impact d'indirect sur les nappes souterraines en phase d'exploitation.

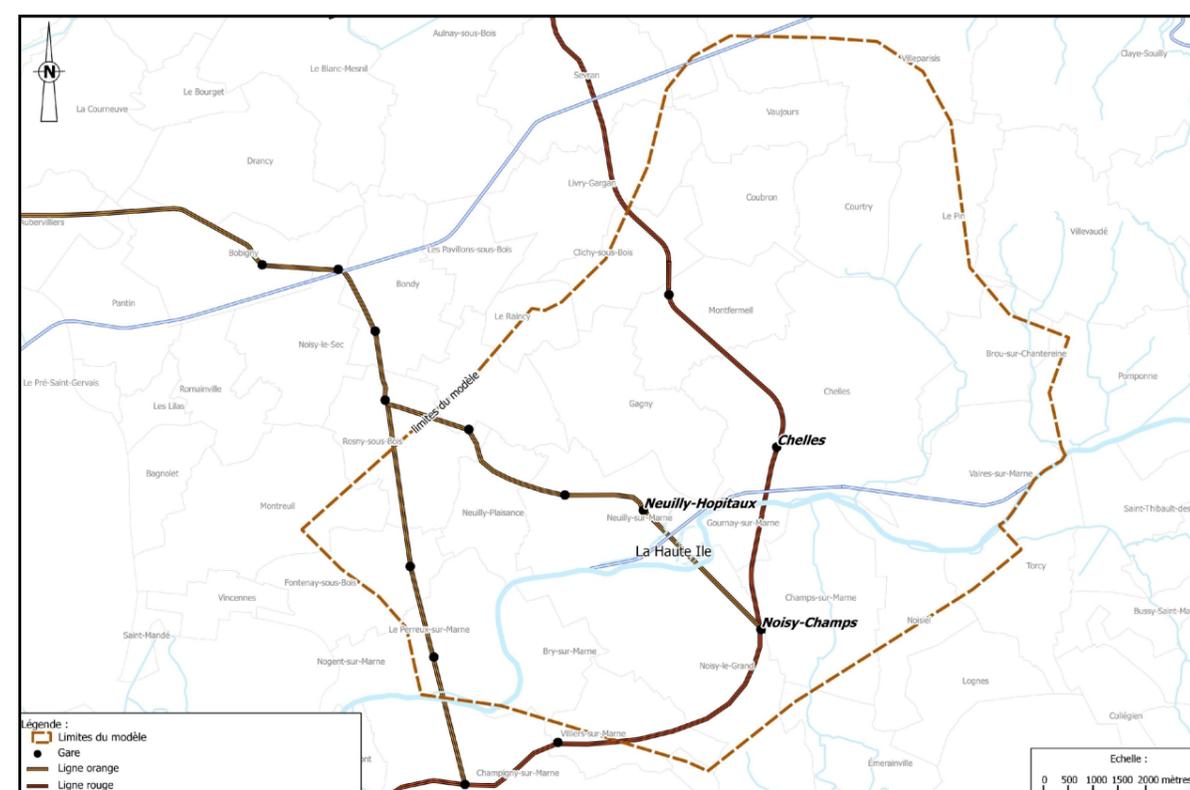
S'agissant de la phase travaux, avec la même approche que pour les parcs Georges Valbon et du Sausset, la Société du Grand Paris a réalisé pour le parc de la Haute-Ile une modélisation hydrogéologique pour les incidences potentielles indirectes.

7.2.4 La modélisation hydrogéologique au niveau du parc de la Haute-Ile

Périmètre de la modélisation :

L'aire d'étude retenue pour cette modélisation est présentée ci-après.

La gare de Noisy-Champs de la Ligne 15 Sud n'est pas comprise dans la modélisation. Elle n'est pas en interaction avec les nappes souterraines locales et ne présente donc aucune incidence sur le parc de la Haute-Ile.



Aire d'étude de la modélisation et lignes de métro du Grand Paris Express

Hypothèses retenues pour la modélisation :

Les données recueillies ont permis d'établir une piézométrie de basses eaux, cas défavorable dans l'analyse réalisée.

Le modèle reproduit bien la piézométrie générale du secteur, en particulier de la zone des alluvions. La seule nuance à apporter est le cas de la crue de la Marne : le modèle reproduit mal la dispersion de l'onde de crue dans les alluvions.

Paramètres hydrodynamiques des couches du modèle pour le parc de la Haute-Ile

Couche	Nom	Perméabilité horizontale/verticale (m.s ⁻¹)	Porosité de drainage (-)	Coefficient d'emmagasinement spécifique (m ⁻¹)
1	Plans d'eau de la Haute-Ile	5x10 ⁻² / 5x10 ⁻²	1	5x10 ⁻⁴
1 et 2	Alluvions récentes	5x10 ⁻⁵ / 5x10 ⁻⁶	0,05	
3	Alluvions anciennes	1x10 ⁻³ / 1x10 ⁻⁴	0,05	
4 et 5	Calcaires de St Ouen	1x10 ⁻⁴ / 1x10 ⁻⁵	0,02	3,1x10 ⁻⁵
6 et 7	Sables de Beauchamp	2,5x10 ⁻⁶ / 2,5x10 ⁻⁷	0,1	
8		3x10 ⁻⁵ / 3x10 ⁻⁶	0,1	
9	Marnes et Caillasses	2x10 ⁻⁵ / 2x10 ⁻⁶	0,04	
10		5x10 ⁻⁵ / 5x10 ⁻⁶	0,04	
11	Calcaires grossiers	1,2x10 ⁻⁴ / 1,2x10 ⁻⁵	0,04	
12		1x10 ⁻⁵ / 1x10 ⁻⁶	0,04	
13	Sables de Cuise	1x10 ⁻⁴ / 1x10 ⁻⁵	0,1	

Les valeurs indiquées dans ce tableau résultent de synthèses bibliographiques localisées dans la zone de modélisation, et reposant en particulier sur l'interprétation de coupes de forages et de résultats d'essais de pompage.

Résultats de la modélisation pour la gare de Chelles :

L'ancrage des parois moulées est réalisé au sommet du calcaire grossier.

Gare concernée		Parc de la Haute-Ile		
		Plan d'eau amont	Plan d'eau central	Plan d'eau aval
	Profondeur d'eau prise en compte	1,44 m	2,46 m	2,23 m
Chelles	Rabattement calculé	-0,08 m	-0,05 m	-0,03 m
	Effets sur Martin pêcheur / Sterne pierregarin	Nul à très faible	Nul à très faible	Nul à très faible

Cette gare présente un risque de sous-pression. Ce phénomène intervient lorsque la pression exercée par l'eau devient trop forte et que le fond de fouille peut présenter une instabilité. À ce stade d'avancement des études, il est envisagé la possibilité de mise en œuvre de solutions techniques particulières, comme la réalisation d'un bouchon injecté qui permet d'assurer la limitation des venues d'eau en fond de fouille et d'assurer la stabilité de ce dernier ; un ancrage des parois moulées dans une couche géologique peu perméable peut également être envisagé.

La mise en œuvre de ces solutions techniques permet de réduire de manière très forte les opérations de pompage en phase travaux et de les éviter en phase d'exploitation.

En ce qui concerne plus particulièrement les plans d'eaux du parc de la Haute-Ile, les opérations de pompage en phase chantier conduiront potentiellement à une légère baisse des niveaux d'eau, de quelques centimètres. Les plans d'eau du parc de la Haute-Ile présentant des profondeurs comprises entre 1,50 m et 2,50 m, une baisse de quelques centimètres n'entraînera pas d'effets notables pour les espèces présentes. Par exemple, cette baisse n'est pas susceptible de gêner les phases de chasse du Martin pêcheur d'Europe qui plonge pour capturer ses proies.

De plus, les pentes des plans d'eau étant fortes, cette légère baisse attendue ne conduira pas à découvrir de manière sensible les berges, lieu de repos et de nidification des espèces, et notamment de la Sterne pierregarin et du Martin pêcheur d'Europe. Ces deux espèces sont tolérantes à des découvertes de berges de quelques centimètres.

Les incidences de la construction de la gare de Chelles sont considérées, au vu de ces éléments, comme non significatives.

7.3 Continuités écologiques et évaluation des incidences de la gare Clichy-Montfermeil

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 24) :

- de mener avec rigueur l'évaluation des incidences Natura 2000 de la gare de Clichy-Montfermeil (chantier et exploitation permanente), en prenant en compte d'une part la localisation de la partie aérienne de la gare et de son parvis (et son éclairage nocturne), d'autre part les effets cumulés de passage intégrant les flux quantifiés de fréquentation de la gare, et enfin la requalification de la promenade de la Dhuis ;
- de développer une analyse argumentée de la prise en compte du schéma régional de cohérence écologique (SRCE) par le projet ;
- en particulier de présenter plus rigoureusement les éléments permettant d'apprécier l'articulation du projet avec le schéma directeur de la région Ile-de-France (SDRIF) pour ce qui concerne la continuité écologique de la promenade de la Dhuis.

- Au niveau du canal de Chelles : un ouvrage est prévu à proximité du canal. Cependant, il est localisé en zone urbaine et son emprise chantier n'impactera pas les berges ou les arbres le long de ce canal. L'incidence sur la continuité humide est donc nulle.

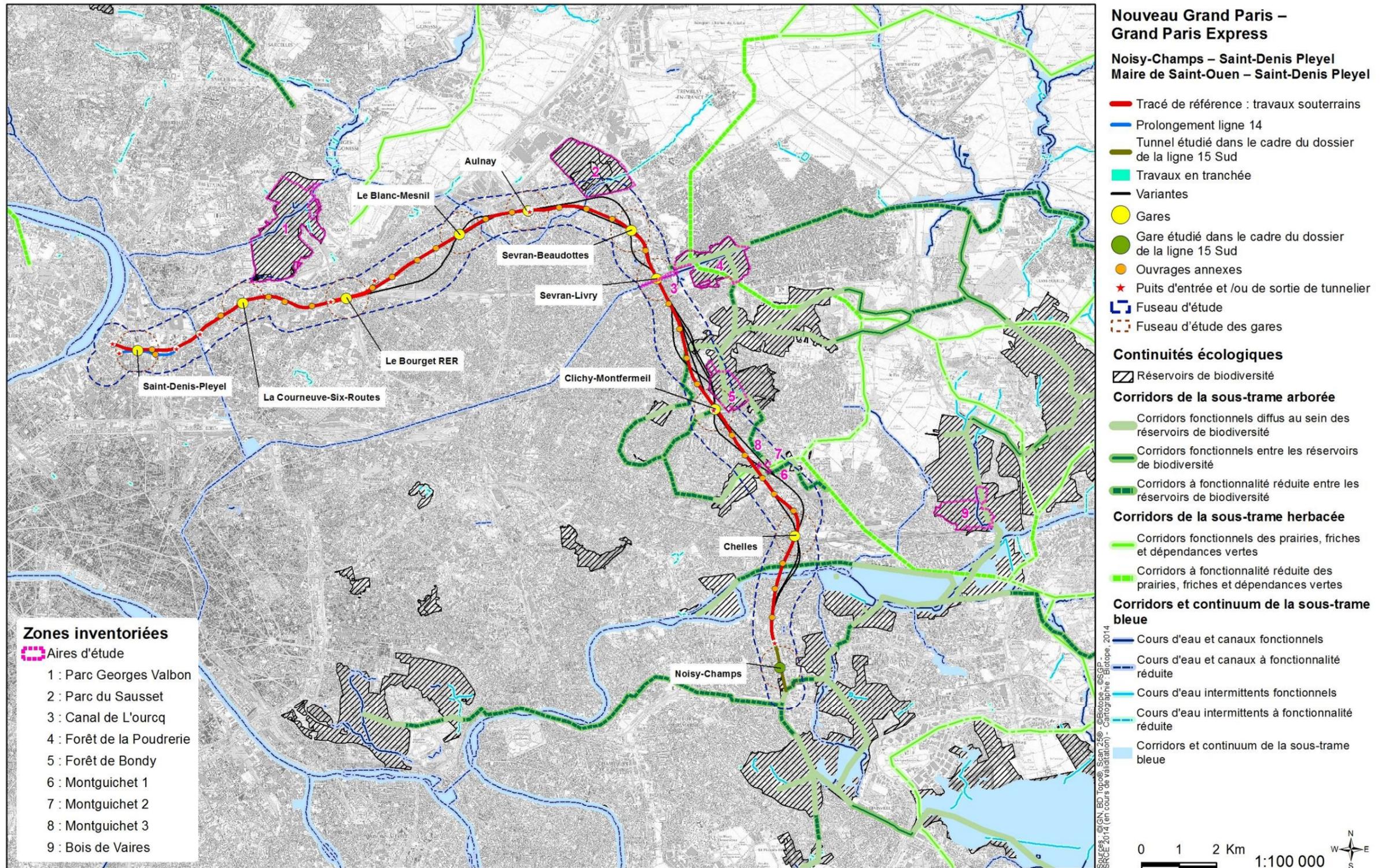
7.3.1 Les continuités écologiques en lien avec le projet

La zone d'étude se localise dans un contexte urbain plus ou moins dense. Le projet étant en totalité en souterrain, il ne peut être en interaction directe avec les continuités écologiques qu'au niveau des emprises gares et ouvrages annexes, que ce soit de manière temporaire (phase chantier) ou permanente (phase exploitation).

Les gares et ouvrages du projet sont en interaction avec la trame verte et bleue du SRCE Ile-de-France sur les secteurs présentés dans la carte ci-après :

- Au niveau du canal de l'Ourcq : les travaux de la gare de Sevrans-Livry n'auront pas d'incidence sur le canal en lui-même mais potentiellement sur des espaces naturels ou semi-naturels à proximité du canal. L'incidence sur la continuité aquatique est donc nulle et celle sur la trame arborée considérée comme faible, compte tenu du contexte urbain autour de l'actuelle gare de Sevrans-Livry.
- Au niveau du canal Saint-Denis : un puits d'accès tunnelier est localisé à proximité du canal Saint-Denis. Cependant, il est situé en contexte urbain où seules des espèces communes et ubiquistes sont présentes. L'incidence sur la continuité humide est donc nulle.
- Au nord-ouest de la forêt de Bondy, à proximité du réservoir de biodiversité : un ouvrage annexe est prévu au niveau d'un corridor de la sous-trame arborée dont la fonctionnalité est réduite. Par ailleurs, le secteur concerné par l'implantation de l'ouvrage est identifié comme un passage difficile dû au mitage par l'urbanisation. A ce stade, les impacts du projet localisés au niveau de l'ouvrage en termes de continuités écologiques sont donc considérés comme faibles.
- Au niveau du Montguichet : un ouvrage annexe est prévu sur ce site, en dehors du secteur identifié comme cœurs de nature pour la trame boisée et des milieux ouverts. Un travail, en concertation avec l'Agence des espaces verts (AEV), gestionnaire du site, est en cours pour éviter les zones à enjeu et améliorer l'insertion de cet ouvrage. A ce stade, les impacts du projet en termes de continuités écologiques sont considérés comme faibles.

Localisation du projet par rapport aux réservoirs de biodiversité et aux continuités écologiques présentées dans le SRCE Ile-de-France



7.3.2 Le cas particulier de la promenade de la Dhuis

Le projet prévoit l'implantation de la gare de Clichy-Montfermeil à proximité de la promenade de la Dhuis. Ce site, composé de cheminements piétons et cyclistes, ainsi que de pelouses et du parvis de la tour Utrillo, et traversé par des routes, est identifié dans le schéma régional de cohérence écologique comme un corridor avec une fonctionnalité écologique réduite à restaurer.

En phase travaux, l'implantation de la boîte souterraine de la gare (quais et remontées des voyageurs) nécessite temporairement l'excavation d'une faible section de la promenade.

En l'état, les habitats présents au niveau de cette partie de la promenade ne permettent pas l'accueil d'espèces sensibles et notamment désignées au titre de la zone Natura 2000.

La Société du Grand Paris prévoit en phase travaux de maintenir des cheminements pour les piétons, cyclistes et cavaliers.

Compte tenu de la fonctionnalité écologique réduite de la promenade, les impacts temporaires sont considérés comme faibles.

Vue sur la promenade de la Dhuis



Copyright IGN 2011

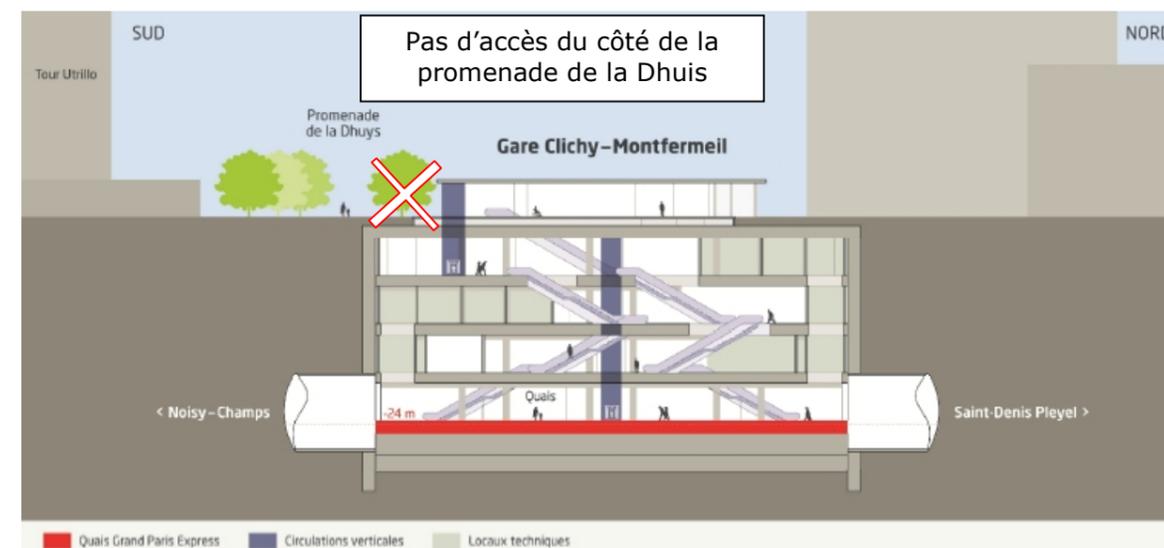
Après la construction de la partie souterraine de la gare, le projet prévoit le réaménagement de la promenade. À ce titre, la Société du Grand Paris travaille en lien avec l'Agence des espaces verts, gestionnaire du site, le Conseil général de Seine-Saint-Denis, animateur du site ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis », auquel la promenade de la Dhuis est intégrée, et le PRU en charge du développement urbain du secteur, pour proposer un plan de restauration qui permette d'améliorer la qualité écologique du site en application de l'orientation présentée par le SRCE sur ce territoire.

En phase d'exploitation, l'émergence de la gare sera située en bordure de la promenade de la Dhuis, dont l'intégrité sera ainsi préservée. **À ce titre, le projet ne présente pas d'impacts directs sur la promenade à terme.**

S'agissant des effets indirects, l'exploitation de la gare de Clichy-Montfermeil est susceptible d'entraîner une augmentation de la fréquentation du secteur, ce qui pourrait, sur la promenade de la Dhuis, limiter l'amélioration souhaitée des fonctionnalités écologiques du site.

Si, à ce stade des études, il est encore difficile de quantifier précisément cette augmentation de la fréquentation, la Société du Grand Paris, en lien avec les acteurs concernés (Agence des espaces verts, Conseil général, PRU), prévoit que les accès à la gare ne soient pas situés sur la promenade, mais en lien avec le projet d'aménagement de la collectivité de développement d'un nouvel espace public devant la gare. Ce choix permettra ainsi d'orienter les flux et l'attente d'usagers en dehors de la promenade sur des espaces dédiés. De plus, si la continuité des déplacements doux (piétons, vélos, cavaliers...) sera bien maintenue sur la promenade, l'aménagement réalisé permettra la préservation des espaces verts reconstitués.

Avec la mise en œuvre de ces mesures, les impacts indirects du projet en phase d'exploitation sont considérés comme non significatifs.



Le SDRIF, document d'aménagement et d'urbanisme pour la région Ile-de-France, donne un cadre à l'organisation de l'espace francilien. Ce document doit prendre en compte le schéma régional de cohérence écologique (SRCE). La continuité est identifiée comme à préserver et à valoriser, de même que la continuité qualifiée d'espace de respiration, liaison agricole et forestière et liaison verte localisée à hauteur de Montfermeil.

Au vu de l'évaluation des impacts du projet sur la promenade de la Dhuis, le projet est compatible avec le SDRIF.

8. Risques technologiques

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 25) de mieux expliciter les dispositions pratiques permettant d'éviter ou de réduire les risques liés à la présence de canalisations de gaz, à la fois au moment du chantier mais aussi, pour ce qui concerne la gare de Sevrans-Livry, en régime permanent.

Dès la phase d'études préliminaires, la Société du Grand Paris a mis en place des réunions avec l'ensemble des concessionnaires dans le but d'éviter et de réduire les risques liés à la présence des réseaux en interface avec l'infrastructure du Grand Paris Express. Une procédure de conventionnement a été établie entre les différents partenaires, permettant ainsi de lancer des études de faisabilité de déviation des réseaux de concessionnaires. Ces études, menées dès la phase avant-projet, auront pour but :

- de confirmer les dispositions à prendre pour dévier les réseaux en conflit avec le tracé du projet,
- d'explicitier les dispositions de protection en phase travaux et en régime permanent.

S'agissant de la canalisation de gaz à Sevrans-Livry, les servitudes d'utilité publique associées à cette dernière sont identifiées dans le dossier de mise en compatibilité du Plan Local d'Urbanisme de Sevrans (pièce I.1.7 du présent dossier d'enquête publique). Ainsi, la présence de la canalisation impose l'obligation de réserver le libre passage aux agents de l'exploitant pour en assurer la surveillance et l'entretien. Cette servitude est prise en compte dans le cadre du projet. Il est prévu que l'émergence de la gare Sevrans-Livry ne soit pas située au droit de la canalisation.

9. Environnement sonore

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 26) de fournir une estimation, sur l'ensemble du fuseau d'étude, des niveaux de bruit atteints en phase de chantier (tunneliers, travaux de réalisation des gares) et en phase d'exploitation (gares et puits de ventilation), afin de les comparer aux seuils réglementaires de jour et de nuit, et d'en déduire les mesures à mettre en place le cas échéant.

Concernant la phase de chantier,

- les impacts sonores sont étudiés de manière qualitative par type d'ouvrage au point 7.5.5.1 du rapport G.2 ;
- des indications de niveaux de bruits à prévoir pour les différents types de chantiers et les engins / équipements les plus courants ainsi que pour le charroi de poids lourds sont fournies au point 7.5.2.2 ;
- les mesures envisagées afin de maîtriser ces risques figurent au point 7.5.2.3.

Les équipements et les engins nécessaires sur chaque base chantier seront définis ultérieurement. Des mesures de bruit et des modélisations acoustiques seront alors menées pour les bases chantier identifiées comme présentant un risque de nuisance pour les riverains ou l'environnement. Ces études permettront de préciser les niveaux sonores générés par les chantiers et les dispositifs d'atténuation à mettre en place.

Concernant la phase d'exploitation,

- une synthèse des impacts par type d'ouvrage est présentée au point 7.5.5.1 du rapport G.2 ;
- les simulations présentées au point 7.5.3.1 analysent de manière qualitative les impacts sonores relatifs aux équipements et puits de ventilation ;
- des exemples de traitements acoustiques susceptibles d'être mis en œuvre sont présentés au point 7.5.3.2.

L'étude montre que le risque d'impact sonore en phase d'exploitation pour ce type d'équipements est faible car les sources sonores sont facilement maîtrisables.

Des mesures de bruit sont prévues ultérieurement afin de préciser les niveaux de bruit à respecter au droit des riverains et des bâtiments sensibles (hôpitaux par exemple) les plus proches.

Ainsi, les puits de ventilation et les équipements techniques en phase d'exploitation seront équipés de dispositifs anti-bruit dimensionnés pour répondre aux dispositions réglementaires. Ces dispositifs seront dimensionnés précisément lorsque les caractéristiques techniques et la localisation exacte des installations seront arrêtées.

10. Vibrations

L'Autorité environnementale observe (avis n° 2014-25, page 26) que le dossier ne fait pas état de manière précise d'équipements ou activités sensibles aux vibrations le long du tracé.

La Société du Grand Paris confirme qu'il n'y a pas eu, à ce stade, d'étude vibratoire généralisée à l'ensemble des lignes du Grand Paris Express. Cependant, dans l'étude d'impact du présent dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, deux gares (Saint-Denis Pleyel et Le Blanc-Mesnil), choisies au regard de leur représentativité de la problématique vibratoire du projet, ont fait l'objet d'une simulation des incidences potentielles. Une transposition à l'échelle du projet des résultats de simulation obtenus a permis de disposer d'une première approche des incidences sur l'ensemble du tronçon présenté à l'enquête publique.

Par ailleurs, conformément à la méthodologie générale présentée dans le rapport G.2 de l'étude d'impact (titre 4.4), la Société du Grand Paris a engagé un travail d'identification des constructions et sites sensibles aux vibrations et au bruit solide, coordonné avec la réalisation des études de maîtrise d'œuvre du projet. L'objectif de ce travail est d'identifier :

- les bâtiments les plus exposés selon un critère de distance (profondeur du tunnel et écartement latéral) ;
- les bâtiments potentiellement vulnérables d'un point de vue structurel ;
- les bâtiments dont l'activité est sensible aux bruits et vibrations ;
- les bâtiments contenant des équipements particulièrement sensibles aux vibrations.

La liste de bâtiments dits sensibles sera dressée. Une évaluation des niveaux vibratoires et de bruit sera ensuite réalisée à l'aide d'un modèle de simulation basé sur une approche semi-empirique au sens de la norme ISO14837-1 (modélisation analytique et numérique complétée par des données acquises par voie expérimentale et mesures in situ) ; ce modèle s'appuiera notamment sur les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques des sols, définies grâce aux campagnes de reconnaissance géotechnique réalisées par la Société du Grand Paris.

L'Autorité environnementale recommande par ailleurs (avis n° 2014-25, page 27) de préciser les raisons ayant conduit au choix des seuils vibratoires retenus dans l'étude d'impact et, si nécessaire, de les réévaluer afin de prendre en compte de manière cohérente la gêne et les dommages que ce type de projet peut entraîner.

A la page 326 du rapport G.1 de l'étude d'impact, une valeur de vitesse particulière de 2 mm/s a été définie comme le seuil d'acceptabilité vis-à-vis des risques de gêne des occupants des bâtiments. La définition de cette valeur est basée sur la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, qui mentionne en introduction qu'un des objectifs de cette circulaire est « d'harmoniser ces moyens et méthodes et de fixer des normes pour éviter les gênes ressenties par les personnes ou les dommages subis par les constructions ». En pratique, la circulaire du 23 juillet 1986 est plus largement utilisée pour prévenir les risques de désordres structurels, mais dans la troisième partie au chapitre II (Effets des vibrations sur les riverains) il est écrit : « En règle générale, on observe que, lorsque l'étude sismique a réglé le problème de la sécurité des constructions, celui des autres nuisances des occupants de ces constructions se trouve résolu. » La valeur de 2 mm/s retenue dans l'étude d'impact correspond ainsi à la valeur seuil la plus restrictive figurant dans la circulaire.

La Société du Grand Paris prend toutefois acte de la remarque de l'Autorité environnementale sur l'opportunité de réévaluer les seuils choisis, compte tenu de l'absence de valeurs seuils réglementaires applicables en France et d'une certaine ambiguïté en ce qui concerne l'interprétation du texte de la circulaire du 23 juillet 1986. A ce titre, la Société du Grand Paris prévoit d'appliquer, pour les futures études de conception du projet, un **cadre référentiel** visant à garantir la minimisation des risques d'impact liés aux vibrations générées lors de l'exploitation du Grand Paris Express. La Société du Grand Paris a également pris l'engagement de s'adjoindre l'expertise d'un organisme indépendant et qualifié, qui aura notamment un rôle de deuxième regard sur le référentiel ainsi établi. Les effets suivants seront distingués :

- gêne potentielle des occupants en raison de la perception tactile des vibrations ;
- gêne potentielle des occupants en raison du bruit solide ré-émis à l'intérieur des bâtiments, qui distinguera les périodes nocturnes et diurnes et la destination du bâtiment ;
- perturbation potentielle des activités et/ou équipements particulièrement sensibles aux vibrations ;
- le cas échéant, risque d'apparition de désordres structurels sur les constructions.

Pour évaluer la **gêne des occupants par perception tactile des vibrations**, il sera fait référence aux valeurs issues de la norme ISO2631-2 relative à « l'évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps » dans les bâtiments, dans sa version de 1989 (en l'absence de norme nationale ou de texte réglementaire applicable), qui sont couramment utilisées en France, mais également en Suède et aux Etats-Unis comme mentionné dans le rapport issu du projet de recherche européen RIVAS³.

Dans la version de 1989 de la norme ISO2631-2, les valeurs sont exprimées en termes de facteur multiplicateur de la « courbe de base » en-dessous de laquelle le risque de gêne est considéré négligeable. La courbe de base (seuil) exprimée en vitesse étant constante et égale à 0,1 mm/s entre 8 et 80 Hz, les seuils retenus sont exprimés en valeurs r.m.s. (moyenne quadratique) de vitesse particulière sur la bande de 8 à 80 Hz (voir tableau 1 ci-après). Ces limites s'appliquent aux vitesses particulières sur le plancher, près du centre, dans la direction verticale.

Type de bâtiment	Période d'exposition	Valeur r.m.s. de vitesse particulière en mm/s	Niveau de vitesse particulière en dB réf. 5x10 ⁻⁸ m/s
Zones de travail sensibles (hôpitaux, laboratoires, etc...)	Jour et nuit	0,1	66
Zones résidentielles	Jour	0,2	72
	Nuit	0,14	69
Bureaux	Jour et nuit	0,4	78
Ateliers	Jour et nuit	0,8	84

Tableau 1 : Proposition de valeurs seuils de vitesse particulière afin de minimiser le risque de gêne des occupants dû aux vibrations tactiles (valeurs r.m.s. de 8 à 80 Hz)

³ Railway-Induced Vibration Abatement Solutions Collaborative Project (RIVAS), Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration. Deliverable D1.4, 2011

Les seuils fixés pour déterminer la **gêne des occupants d'un bâtiment lié au bruit solidien** produit par le passage en tunnel d'une rame de métro sont issus de recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé que l'on retrouve sur la plateforme de Bruitparif et intègrent également certaines valeurs seuil proposées par le guide « *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* » de la Federal Transit Administration des Etats-Unis, pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques. Ces seuils figurent dans le tableau 2 ci-après.

Ils peuvent concerner :

- le niveau de bruit *moyen* pondéré (indice L_{pAeq}), mesuré sur les périodes jour (de 7h à 22h) et nuit (22h-7h) ;

et/ou

- le niveau de pression acoustique *maximal* (L_{pASmax}) tel qu'il serait mesuré au passage d'un métro à proximité, en considérant une constante de temps correspondant à une période d'une seconde.

Type de lieu	Période d'observation	Valeur limite
Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches	Jour Nuit	$L_{pASmax} = 40$ dBA $L_{pASmax} = 35$ dBA
Salles de classe, tribunaux, salles de conférences	Jour	$L_{pAeq} = 35$ dBA $L_{pASmax} = 40$ dBA
Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert	Jour et nuit	$L_{pASmax} = 30$ dBA
Théâtres, cinémas	Jour et nuit	$L_{pASmax} = 35$ dBA
Bureaux	Jour et nuit	$L_{pAeq} = 40$ dBA
Centres commerciaux, ateliers	Jour et nuit	$L_{pAeq} = 50$ dBA

Tableau 2 : Proposition de valeurs seuils de bruit à l'intérieur des bâtiments

Pour évaluer les **risques de perturbations dans le fonctionnement d'équipements sensibles aux vibrations**, les propriétaires des bâtiments contenant des équipements sensibles seront invités, dans le cadre des enquêtes que la Société du Grand Paris réalisera afin d'identifier les constructions et sites sensibles aux vibrations et au bruit solidien (voir ci-avant), à mentionner l'existence de l'équipement et son type, ainsi que le cas échéant, les spécifications vibratoires du fabricant de l'équipement. Dans le cas où ces exigences ne seraient pas connues, on pourra se référer au jeu de courbes génériques VC (Vibration Criterion curves) applicables à des classes d'équipement ou d'activités (voir figure 1 ci-après). Ces courbes donnent des valeurs limites par bande de tiers d'octave de vitesse particulière à ne pas dépasser sur la dalle où est fixé l'équipement. Des indications claires sur l'application et l'interprétation de ces courbes sont données dans le tableau 3 ci-après.

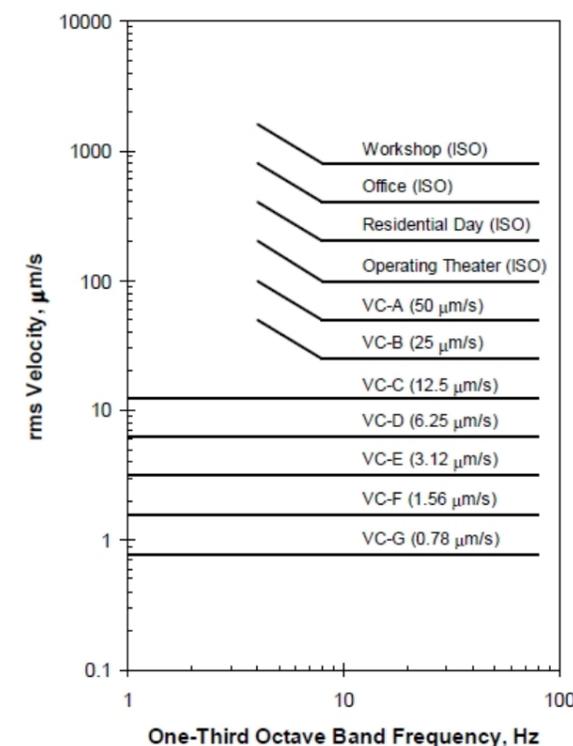


Figure 1 : courbes génériques VC (Vibration Criterion) préconisées pour les équipements sensibles

Gabarit	Amplitude (µm/s)	Précision typique (µm)	Description
VC-A	50	8	Adéquat pour les microscopes ayant un grandissement $\leq x400$, les microbalances, les balances optiques et les équipements spécialisés similaires
VC-B	25	3	Adéquat pour les microscopes ayant un agrandissement $\leq x1000$, les instruments d'inspection et de lithographie de détail ≤ 3 µm
VC-C	12.5	1-3	Adéquat pour les équipements de lithographie et d'inspection (ainsi que les microscopes électroniques à balayage peu sensibles) de détail ≤ 1 µm
VC-D	6.25	0.1-0.3	Souhaitable pour la plupart des équipements très sensibles tels que les microscopes électroniques à balayage et à effet tunnel et les systèmes à faisceau d'électrons
VC-E	3.12	< 0.1	Adéquat pour les équipements les plus sensibles tels que systèmes à visée laser de très haute précision, fonctionnant sur de longues durées, les systèmes de lithographie à faisceau d'électron opérant à des échelles nanométriques et autres systèmes nécessitant une extraordinaire stabilité dynamique

Tableau 3 : Application et interprétation des courbes génériques VC (Vibration Criterion) préconisées pour les équipements sensibles

La circulaire du 23 juillet 1986 évoquée plus haut prescrit un ensemble de règles techniques pour le mesurage et l'évaluation des **risques d'apparition de désordres structurels sur les constructions** générés par les installations classées pour la protection de l'environnement, et propose un jeu de valeurs limites selon le type de constructions classées par niveau de vulnérabilité, pour la bande de fréquences où apparaît la fréquence d'excitation dominante et pour deux types de sources (sources continues ou sources impulsionnelles). Cette circulaire conserve un caractère avant tout indicatif, car les infrastructures de transport ferroviaire ne figurent pas dans la liste des installations classées pour la protection de l'environnement. Toutefois, à l'instar de normes nationales en Europe applicables au cas du trafic ferroviaire (norme allemande DIN4150-3:1999, norme suisse SN 640 312:1978), le respect des valeurs seuils conduisant à un risque négligeable de plaintes liées à la perception tactile des vibrations globales du corps telles que définies plus haut permettra de garantir l'absence de risques de dommages aux constructions liés aux vibrations.

11. Urbanisme, mobilité et occupation des sols

L'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, pages 27-28) de distinguer, au titre du développement territorial, les effets potentiels sur l'urbanisme du projet et du programme complet des effets dépendant d'autres facteurs qui n'y sont pas directement liés, ainsi que de préciser les hypothèses de calcul des indicateurs relatifs à la mobilité et à l'urbanisme.

Dans l'analyse des impacts du projet sur l'urbanisation (notamment en matière de consommation d'espaces naturels et semi-naturels) et les déplacements, deux approches distinctes et complémentaires ont été menées (voir rapport G.2 de l'étude d'impact, pages 284, 289 et 296) :

- La première approche vise à apprécier les effets de la réalisation du projet concerné par le présent dossier à sa mise en service à l'horizon 2023. La situation « référence » (sans projet) est construite ici en prenant notamment en compte les tronçons du Grand Paris Express prévus pour être en service à l'horizon 2023, à l'exception de ceux qui constituent expressément le projet soumis à l'enquête publique (tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel).

A cet horizon intermédiaire de réalisation du Grand Paris Express, les hypothèses quantitatives de population et d'emploi prises en compte en situation « projet » et en situation « référence » (sans projet) sont considérées comme identiques à l'échelle de la région Ile-de-France.

Cette approche permet d'apprécier les impacts liés à la réalisation du projet, à l'horizon 2023, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive du Grand Paris Express.

- La seconde approche consiste à isoler les effets liés à la réalisation du projet soumis à enquête publique au sein des effets globaux du programme Grand Paris Express considéré comme réalisé dans son ensemble, par rapport à une situation « référence » dans laquelle aucun tronçon constitutif du Grand Paris Express ne serait réalisé.

Deux cadrages prospectifs distincts en matière de projections de population et d'emploi sont alors pris en compte en situation « projet » et en situation « référence » (sans Grand Paris Express). 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 approche permet d'apprécier la contribution du projet aux effets globaux associés à la réalisation du Grand Paris Express, par rapport à une situation « référence » sans Grand Paris Express.

Ces deux approches sont cohérentes avec celles retenues dans les études d'évaluation socio-économique (pièce H du dossier d'enquête).

En matière d'urbanisation, ces deux approches se traduisent comme suit :

- Dans la première approche, l'impact du projet consiste à favoriser une **densification accrue** à proximité des gares du projet : l'effet positif de ce phénomène de densification a été évalué à environ **156 hectares économisés d'espaces naturels et semi-naturels**

avec la réalisation du projet, à l'horizon 2023 (11 hectares consommés en situation « projet », contre 167 en situation « référence ») : voir rapport G.2 de l'étude d'impact, page 298. Ces résultats concernent le territoire des 17 communes majoritairement interceptées par le fuseau d'étude de 500 mètres de part et d'autre du tracé du projet (voir rapport G.1 de l'étude d'impact, page 241).

- Dans la seconde approche, l'impact du projet doit être appréhendé à une échelle plus large que celles des communes interceptées par le fuseau d'étude du projet. Cet impact est en effet caractérisé par deux composantes :
 - la réalisation du Grand Paris Express, à laquelle contribue celle du projet présenté à l'enquête publique, permet d'**éviter l'étalement urbain dans la région Ile-de-France** et limite les perspectives de croissance socio-démographiques dans des communes qui ne sont pas desservies par le nouveau réseau de transport : or, il s'agit plutôt de communes n'appartenant pas au cœur d'agglomération, dans lesquelles la part d'espaces naturels à préserver est donc comparativement importante ;
 - à l'intérieur d'un même territoire, la réalisation du projet favorise par ailleurs la **densification à proximité des gares du projet** : il s'agit là du même effet que celui traité dans la première approche décrite ci-avant (horizon 2023).

Ce double effet explique que les résultats obtenus dans cette seconde approche soient supérieurs à ceux obtenus dans la première approche : le gain de surface consommée a ainsi été évalué à **3 035 hectares économisés d'espaces naturels et semi-naturels** avec la réalisation du projet (voir rapport G.2 de l'étude d'impact, page 298)⁴.

Il est très difficile d'isoler précisément les effets directement liés à la réalisation de l'infrastructure des effets indirects qui dépendent d'autres politiques publiques mises en œuvre dans le cadre du projet d'aménagement global du Grand Paris.

En toute hypothèse, **la mise en service des nouvelles lignes de transport en commun du Grand Paris Express crée les conditions d'une plus grande concentration de la croissance future de l'emploi et de la population dans le cœur de l'agglomération** : le nouveau réseau de métro automatique améliore l'accessibilité des différents bassins de vie et d'emplois qui constituent la zone dense de la région, ce qui favorise les effets de polarisation de l'habitat et de l'emploi à proximité des nouveaux nœuds de transport. Les premiers résultats des études menées par la Société du Grand Paris avec des modèles simulant les interactions entre l'offre et la demande de transport, l'offre et la demande de biens immobiliers ainsi que l'usage du sol (modèles dits « LUTI » pour *Land Use Transport Interaction*) ont bien confirmé cet effet de densification lorsque le projet est réalisé, par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express (voir également la pièce H du présent dossier d'enquête, relative à l'évaluation socio-économique).

Pour autant, dès lors qu'un contexte favorable a été créé avec la réalisation du Grand Paris Express, la mise en œuvre opérationnelle d'une urbanisation plus dense dans le cœur de la région Ile-de-France reste notamment dépendante de la **bonne coordination des acteurs en charge des questions d'urbanisme, d'habitat ou de développement de l'activité économique** (évolutions des documents d'urbanisme à prévoir le cas échéant, par exemple).

⁴ Le calcul des hectares globaux préservés dans cette seconde approche a été effectué pour l'ensemble du réseau Grand Paris Express; une quote-part a ensuite été attribuée au projet faisant l'objet de l'enquête publique (voir rapport G.2 de l'étude d'impact, page 296).

En matière de déplacements et de mobilité, l'étude d'impact présente, similairement, les résultats obtenus pour chacune des deux approches présentées ci-avant.

- A l'horizon 2023, la mise en service du projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel, par rapport à une situation de référence dans laquelle seuls les autres tronçons du Grand Paris Express programmés à l'horizon 2023 sont considérés réalisés, a les conséquences suivantes en matière de report modal et de congestion routière (tous les indicateurs correspondent à une comparaison entre la situation de référence et la situation de projet) :

Evolution de la part modale des transports en commun, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen	+0,5 point de pourcentage	Rapport G.2 Tableau 7.1-4, page 287
Linéaire de voirie saturée à plus de 80%, à l'heure de pointe du matin	-1,18 %	Rapport G.2 Tableau 7.1-5, page 289
Linéaire de voirie saturée à plus de 60%, à l'heure de pointe du matin	-0,69%	

- A l'horizon de mise en service complète du Grand Paris Express, l'impact du projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel sur le report modal et la congestion routière, par rapport à une situation de référence dans laquelle aucun tronçon du Grand Paris Express ne serait réalisé, est le suivant (tous les indicateurs correspondent à une comparaison entre la situation de référence et la situation de projet) :

Evolution de la part modale des transports en commun, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen	+1,6 point de pourcentage	Rapport G.2 Tableau 7.1-8, page 290
Linéaire de voirie saturée à plus de 80%, à l'heure de pointe du matin	-2,99 %	Rapport G.2 Tableau 7.1-9, page 291
Linéaire de voirie saturée à plus de 60%, à l'heure de pointe du matin	-1,32%	

Les écarts entre ces deux séries de résultats s'expliquent par :

- les **horizons distincts utilisés** : horizon intermédiaire 2023 d'une part, horizon de réalisation du réseau complet d'autre part ;
- les **situations de référence prises en considération** : la contribution de la réalisation du projet aux avantages du programme d'ensemble par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express est nécessairement plus importante que les avantages supplémentaires associés au projet par rapport à une situation de référence dans laquelle d'autres tronçons du Grand Paris Express sont considérés comme réalisés.

Enfin, l'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 28) d'indiquer, au vu de l'estimation de la répartition modale des différents flux de voyageurs au niveau des gares du projet, si des aménagements spécifiques doivent être envisagés.

Les dispositions prévues en matière d'intermodalité aux gares du projet sont décrites dans le chapitre D4 de la pièce D du dossier d'enquête publique. De manière générale, le projet comprend

la réalisation, le plus souvent possible, de « parvis de gares » permettant d'organiser les connexions entre le Grand Paris Express, le réseau de surface, les modes actifs et l'espace urbain. En fonction des cas et des contextes d'insertion, des emplacements réservés pour la dépose-minute, l'autopartage, le covoiturage ou encore les taxis pourront ainsi être réalisés. En particulier, la conception des gares du projet intègre les principes d'organisation de l'intermodalité avec le réseau de surface, établis par le STIF.

Ces orientations ne préjugent toutefois pas de la restructuration future du réseau de bus ou de l'organisation globale de l'intermodalité à l'échelle des futurs pôles de transport. L'opportunité et les modalités de mise en œuvre de ces opérations sont à confirmer en liaison avec le STIF, les collectivités locales et les autres acteurs concernés.

12. Déblais

S'agissant des déblais et notamment du schéma directeur d'évacuation des déblais qui constitue le rapport G.4.1 de l'étude d'impact, l'avis de l'Autorité environnementale (titre 2.3.8, pages 28-29) mentionne trois grandes thématiques :

- le caractère prescriptif ou non des éléments présentés dans le schéma directeur d'évacuation des déblais ;
- les itinéraires envisagés pour les circulations de poids lourds et les incidences de ces dernières sur les principaux axes de circulation franciliens ;
- le stockage des matériaux, en particulier les éventuels stockages temporaires après l'extraction et avant acheminement vers les lieux de stockage définitifs.

La Société du Grand Paris précise, dans la synthèse page 91 du document de planification de la gestion des déblais (schéma directeur d'évacuation des déblais / Dispositifs opérationnels pour les tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel) : « ce schéma directeur opérationnel pour la Ligne 16 /17 Sud /14 Nord sera donné à la maîtrise d'œuvre en complément de la partie générique décrivant les orientations et les engagements de la Société du Grand Paris à l'échelle globale du réseau. Ces orientations, qui seront approfondies, seront ainsi reprises pour une intégration de clauses spécifiques dans les marchés de travaux et leur respect. »

Le schéma directeur constitue un document de cadrage pour la maîtrise d'œuvre. Il fixe les orientations pour une intégration anticipée de la gestion des terres le plus en amont des travaux et identifie les possibilités de gestion pour chaque chantier du projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel. Ces orientations ont vocation à être traduites dans les marchés publics de travaux pour la réalisation des chantiers. L'application opérationnelle des dispositifs de gestion dépendra à la fois de la nature et de la qualité des terres excavées, qui seront précisées à l'avancement des études, et du contexte dans lequel seront réalisés les chantiers (évolution et disponibilité des filières de gestion et des unités de transport à l'horizon des travaux par exemple). Les orientations et engagements de la Société du Grand Paris pour la gestion des terres sont cohérents avec les objectifs du Plan régional de prévention et de gestion des déchets de chantier (PREDEC), notamment dans la recherche de l'utilisation de transports alternatifs à la route et le développement de la valorisation des déblais et de la répartition des flux sur le territoire. Le PREDEC, dont l'adoption est prévue a priori fin 2014, constituera le principal outil prescriptif pour la gestion des déblais des chantiers du BTP y inclus les chantiers du Grand Paris Express.

En matière d'évacuation des déblais, lorsqu'il n'existe aucune possibilité de report modal ou pour répondre aux imprévus en cas d'impossibilité d'évacuer par la voie d'eau depuis les sites identifiés dans le schéma directeur (pic d'activité du chantier, fermeture des écluses, navigation interdite par exemple), le transport par la route ne pourra être évité. L'organisation des flux circulatoires de camions à l'échelle de l'ensemble du réseau Grand Paris Express repose sur deux grandes priorités, comme repris dans les dispositifs d'évacuation des chantiers des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel : dégager le plus rapidement possible vers les grands axes de circulation pour limiter les nuisances potentielles pour les riverains (principaux axes routiers A86, A15, A1, A104, A3, N3 et N2 délimitant les territoires du projet) et répartir les flux pour limiter les impacts éventuels sur la saturation du réseau (éviter les heures de pointes et adapter les sens de circulation aux flux actuels).

Sur ces territoires, plusieurs possibilités d'itinéraires existent à partir de chaque chantier pour rejoindre ces grands axes routiers. Le choix des itinéraires d'accès aux chantiers sera défini dans le cadre de la concertation déjà engagée sur les territoires concernés. Ces itinéraires seront précisés par arrêté du maire fixant les prescriptions pour les entreprises exécutant les travaux. Les destinations des terres identifiées permettent de répondre à l'engagement de la Société du Grand Paris de limiter les déplacements des déchets en optimisant notamment les schémas logistiques.

Enfin, dès le démarrage des études d'avant-projet, la Société du Grand Paris procédera, avec ses maîtres d'œuvre, à un travail approfondi visant à préciser et à optimiser les emprises de chantier, afin d'identifier les zones de stockage temporaires de matériaux et d'en établir les modalités de suivi.

13. Energie et climat

13.1 Tendances futures d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, hors projet

L'Autorité environnementale rappelle qu'il serait utile de fournir la tendance d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, hors réalisation du projet (et donc du programme), sous différentes hypothèses (notamment de progrès technique pour le trafic routier), afin d'apprécier ses effets réels et la place qu'il occupe dans la politique globale de lutte contre le changement climatique (avis n° 2014-25, page 30).

Le projet de réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit intégralement dans la ligne politique énergétique suivie par la France depuis 2002, qui s'est alors engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4). Cet engagement est traduit dans la loi de programme n° 2005-781, qui vise à diminuer de 3% par an en moyenne les émissions de gaz à effet de serre de la France, et dans le Grenelle de l'environnement comme détaillé au point 5.5.2.5 du rapport G.1. Ces engagements sont traduits pour l'Ile-de-France au sein du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) adopté fin 2012.

L'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre (notamment présentée au point 5.5.2.4 du rapport G.1) révèle que des scénarios plus réalistes débouchent plutôt vers une réduction des émissions d'un facteur 2 ou 2,5 (tel que mis en avant par le rapport⁵ du CGEDD, 2013). Il n'y a cependant pas lieu de s'écarter du scénario du facteur 4 dans le cadre de la présente étude d'impact. Ainsi, les tendances futures des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre apparaissent implicitement aux points 5.5.1.7 et 5.5.2.5 de la pièce G.1. Concernant les émissions de gaz à effets de serre, les perspectives à l'horizon 2050 correspondent, par exemple, au quart des émissions de 1990, comme illustré dans le graphique suivant.

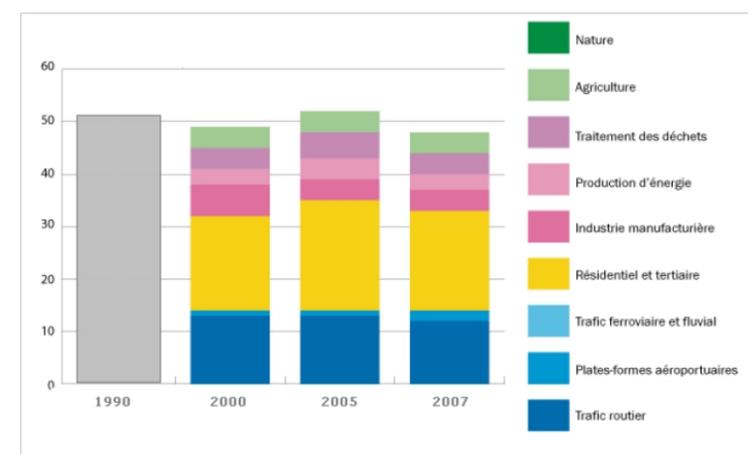


Figure 5.5-16 : Evolution des émissions de GES en Ile-de-France entre 1990 et 2007 par secteur. Données en tonnes éq CO₂. (Source : années 2000, 2005 et 2007 : AirParif 2011, Bilan des émissions. <http://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-bilan-emissions>, année 1990 : évaluation sur base des consommations énergétiques, tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France 1990-2002, ARENE et ADEME, 2006).

⁵ « Le facteur 4 en France : la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 », CGEDD, 2013

Les politiques à mettre en place pour atteindre ces objectifs de réduction des consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre seront nécessairement adaptées aux évolutions futures notamment en termes de prix des carburants et d'évolution des techniques de production d'énergie renouvelable. Ainsi, il est difficile, à ce stade, de différencier l'effort qui devra être réalisé les différents secteurs. Cependant, le SRCAE définit trois grandes priorités régionales dans la lutte contre les émissions de gaz à effets de serre qui permettent d'identifier les secteurs les plus susceptibles d'être sollicités. Ces priorités sont listées au point 5.5.2.5 et rappelées ci-après :

- *le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel,*
- *le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalent logements raccordés d'ici 2020,*
- *la réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).*

L'analyse des impacts du projet et du programme du Grand Paris Express présentée au point 7.6 du rapport G.2 révèle, par ailleurs, que le Grand Paris Express permettra de réduire sensiblement les émissions de gaz à effets et les consommations énergétiques en Ile-de-France, principalement grâce à une réduction du trafic routier et à une densification et une modernisation du parc résidentiel.

Les impacts du projet s'inscrivent ainsi dans la logique du SRCAE et illustrent la contribution du projet à la réalisation des objectifs fixés.

13.2 Contribution du projet aux tendances futures des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre

L'Autorité environnementale recommande au maître d'ouvrage de représenter les tendances d'évolutions passées et futures des émissions de gaz à effet de serre et des consommations d'énergie en région Ile-de-France pour les différents scénarios retenus, qu'il conviendrait d'explicitier (avis n° 2014-25, page 30).

La démarche suivie dans l'étude d'impact a été d'analyser l'impact du projet par rapport à un scénario de référence prenant en compte les objectifs de réductions de consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre explicités précédemment.

Comme illustré par les résultats de cette démarche présentés au point 7.6 du rapport G.2, le projet est un important levier d'action contribuant à la baisse des émissions de gaz à effets de serre (-3 200 000 téqCO₂ entre 2014 et 2035) et des consommations énergétiques (environ -12 000 tep/an à l'horizon 2023). Il est alors intéressant d'évaluer l'importance de ces réductions dans l'effort global à réaliser pour respecter les engagements régionaux en termes de réductions des émissions de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques.

Ainsi, les émissions de gaz à effets de serre issues du trafic routier en Ile-de-France représentaient 18 000 000 téqCO₂ en 2005⁶ tandis que l'impact du projet sur les émissions du trafic routier entre 2023 et 2030 est de l'ordre de -60 000 téqCO₂/an (-0,3%). L'impact de l'ensemble du réseau de transport du Grand Paris Express sur les émissions du trafic routier est, quant à lui, de l'ordre de -280 000 téqCO₂/an à l'horizon 2030 (-1,6%).

⁶ Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007 ou point 5.5.2.1 du rapport G.1

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 -250 000 téqCO₂/an (-1,0%) à l'horizon 2030 tandis que le Grand Paris Express dans son ensemble permet une réduction d'environ 1 200 000 (-5,5%) téqCO₂/an à l'horizon 2035.

Les impacts du projet et du programme dans son ensemble sont donc non négligeables mais loin de la baisse des 75% attendue à l'horizon 2050. Ainsi, le projet du Grand Paris Express constitue une partie d'un ensemble de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommations énergétiques.

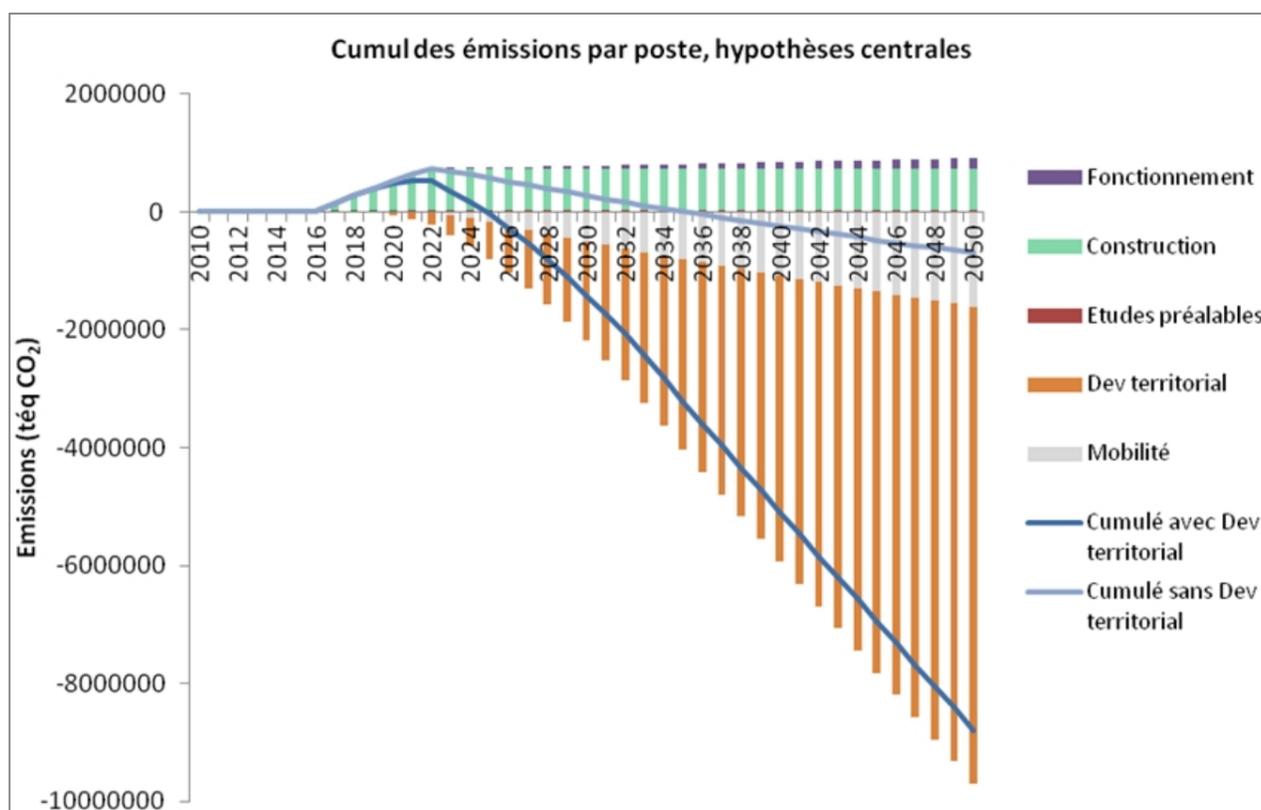
13.3 Bilan des émissions de gaz à effet de serre du projet et du programme

Au vu de l'importance du poste « développement territorial » (densification de l'habitat, consommation limitée d'espaces naturels, amélioration des performances énergétiques des bâtiments...) dans le bilan carbone du programme, l'Autorité environnementale recommande (avis n° 2014-25, page 31) :

- de distinguer les possibilités offertes par la réalisation du réseau de transport du Grand Paris Express, d'une part, et du projet, d'autre part, sur le développement territorial ;
- d'en déduire les émissions de gaz à effet de serre potentiellement évitées sur ces bases ;
- de les inclure dans un bilan carbone complet du projet et du programme.

La démarche suivie dans l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre a consisté à séparer les émissions selon cinq postes distincts (études préalables, construction, fonctionnement, développement territorial et mobilité). Pour chacun de ces postes, le chiffre obtenu représente la différence entre la situation de référence et la situation projetée : un chiffre positif représente un supplément d'émissions induit par le projet alors qu'un chiffre négatif en représente un gain. Ces chiffres sont cumulés d'année en année de façon à obtenir les émissions globales.

Deux évaluations ont été menées en parallèle : une première en intégrant le développement territorial à l'étude globale (courbe bleue sombre), une seconde en l'excluant (courbe bleue claire). Le graphique ci-après présente les résultats de cet exercice dans le cadre du projet présenté à l'enquête publique.



Cumul des émissions de GES (en téq CO₂) liées au projet

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre sans inclure le poste de développement territorial montre que le projet ne permet un gain des émissions globales qu'à partir de 2034 pour s'établir finalement à un gain total de 765 892 téqCO₂ en 2050. Cette analyse met en évidence une phase de construction source d'émissions sur le moyen terme, mais un projet permettant une baisse modérée et constante des émissions globales sur le long terme.

Dans le second cas, où le poste du développement territorial est inclus, un gain bien plus rapide et important des émissions de gaz à effets de serre est constaté. Le gain global devient ainsi effectif dès 2025 par rapport à la situation de référence, pour atteindre une baisse extrêmement conséquente de 8 855 000 téqCO₂ en 2050. Le projet s'avère dans ce cas particulièrement rentable et efficace en termes d'émissions de gaz à effets de serre évitées.

Cette analyse montre l'importance du poste lié au développement territorial dans le gain global d'émissions de gaz à effets de serre au sein du projet à l'étude.

Les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au programme du Grand Paris Express dans son ensemble sont évaluées à environ 10 MteqCO₂ à l'horizon 2035 et 27 MteqCO₂ à l'horizon 2050.

14. Qualité de l'air

14.1 Démarche générale

L'Autorité environnementale recommande de joindre au présent dossier l'avis d'octobre 2012 d'Airparif relatif au volet « Air » de l'étude d'impact du réseau de transport public du grand Paris et de préciser comment le présent dossier a pris en compte les remarques qui y sont formulées (avis n° 2014-25, page 32).

L'association Airparif a été sollicitée dès les premières études relatives au Grand Paris Express pour une assistance à maîtrise d'ouvrage sur le volet « qualité de l'air » des études d'impact. Son implication a été déterminante dans la définition de la méthodologie générale retenue.

Airparif a ensuite émis un avis sur le volet « qualité de l'air » de l'étude d'impact de la ligne 15 Sud (Pont de Sèvres – Noisy-Champs), rappelant les principales hypothèses retenues, les conclusions générales de l'étude ainsi que les limites attachées à un tel exercice. Suite à la recommandation de l'Autorité environnementale, cet avis est joint en annexe au présent document.

La méthodologie utilisée pour évaluer les impacts du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a été appliquée pour le projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel. La présente étude s'inscrit donc entièrement dans la continuité du travail réalisé en collaboration avec Airparif.

L'avis explique notamment que l'étude d'impact a été construite sur des hypothèses permettant d'évaluer au mieux la qualité de l'air à l'horizon du projet, au regard des données disponibles. Airparif rappelle cependant que faire des projections de tous les paramètres pouvant avoir une influence sur la qualité de l'air francilien à un horizon si lointain est un exercice difficile et que la méthodologie retenue a dû être adaptée à l'ampleur et à l'horizon du projet. La méthodologie employée permet donc d'évaluer globalement l'impact général du projet et non d'évaluer précisément les impacts locaux qui dépendront notamment de l'urbanisation et des aménagements autour des nouvelles gares.

Le premier point de vigilance mis en avant par Airparif est que certaines gares pourraient générer un trafic routier supplémentaire lié au transfert modal de la route vers les transports publics à partir de ces gares. Ce point est abordé dans l'analyse des incidences du projet (au point 7.7.1 du rapport G.2) et l'analyse identifie les gares les plus sensibles (voir tableau 7.7-2). Les aménagements autour de ces gares seront à définir de manière à limiter les augmentations de trafic. Des mesures seront à mettre en place pour favoriser l'utilisation des modes actifs ou peu polluants pour accéder aux gares.

Le deuxième point de vigilance mentionné dans l'avis concerne la qualité de l'air intérieur du futur réseau qui devra bénéficier d'une attention particulière pour ce qui est de l'implantation du système d'aération et des émissions de particules liées au matériel roulant.

En effet, comme décrit au point 5.7.2.7 du rapport G.1, à l'intérieur des gares de métro existantes, les concentrations en particules fines peuvent être élevées.

Les recommandations générales formulées en 2006 par le Conseil supérieur d'hygiène publique peuvent être rappelées :

- 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 ;
- optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, dimensionner ces derniers en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
- encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
- 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.

Sur la base de ces recommandations, des réflexions et études complémentaires sont en cours tant en ce qui concerne les aménagements à proximité des gares qu'en ce qui concerne les technologies à mettre en place pour limiter les concentrations en particules fines dans les espaces intérieurs.

14.2 Impacts sur la santé

L'Autorité environnementale recommande de procéder à une évaluation des impacts sur la santé qui tienne compte de l'exposition des usagers du réseau de transport aux différents aéropolluants susceptibles d'être rencontrés (avis n° 2014-25, page 32).

Les enjeux relatifs à la qualité de l'air à l'intérieur des gares de métro sont présentés au point 5.7.2.7 du rapport G.1., notamment pour ce qui est des particules fines (diamètre inférieur à 10 µm).

Les particules fines sont caractérisées par de fortes proportions de particules métalliques (dues au matériel roulant) et sont donc très différentes des particules fines présentes dans l'air extérieur (issues d'un mélange de polluants gazeux et particulaires, influencées par les phénomènes de combustion liées au trafic). Ainsi, il est peu significatif de comparer les effets sanitaires des particules fines dans les enceintes souterraines aux valeurs guides pour les pollutions atmosphériques en milieu extérieur, et le risque sanitaire potentiel lié à leur exposition reste donc à évaluer spécifiquement.

Quelques études épidémiologiques et toxicologiques ont été menées en France et en Europe, mais restent cependant très parcellaires. 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 et les résultats ne peuvent donc pas être directement transposés à la population générale.

Sur le plan réglementaire, l'absence de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) rend complexe l'évaluation des risques sanitaires. De plus, le temps d'exposition quotidien est très variable, 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 d'une durée d'une

heure, au regard d'éléments issus du Conseil supérieur d'hygiène publique, la concentration à ne pas dépasser en moyenne serait de 250 µg/m³. Or, d'après les résultats des mesures dans les différentes gares de métro actuelles, les concentrations moyennes dépassent rarement 150 à 200 µg/m³.

Ainsi, le risque potentiel pour la santé des usagers est évalué comme faible.

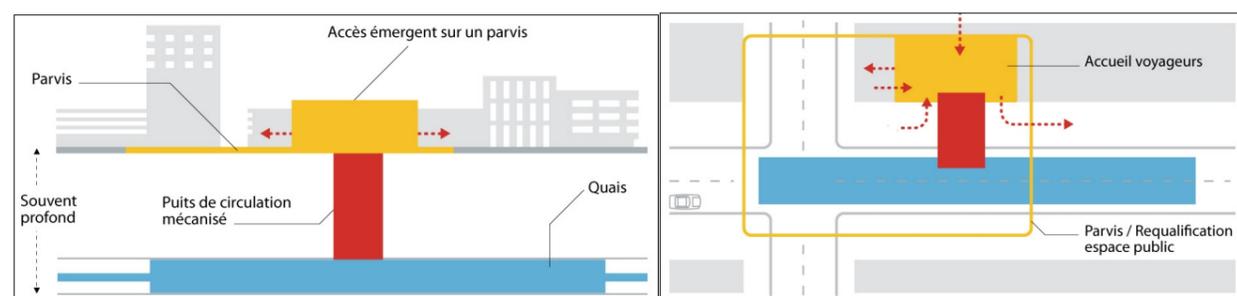
15. Paysage et patrimoine

L'Autorité environnementale recommande de préciser les grandes orientations paysagères qui seront retenues pour le projet (avis n° 2014-25, page 32).

La conception architecturale des gares du Grand Paris suit une double approche de conception, transversale et territoriale, visant à construire des gares à la fois pratiques, accueillantes et ancrées dans leurs quartiers. Il est souhaité que le réseau exprime une identité d'ensemble, où chaque gare sera un projet singulier qui partagera certaines orientations communes avec toutes les autres gares.

La Société du Grand Paris s'est engagée, avec le cabinet d'architecture Jacques Ferrier, dans la définition d'une charte pour la conception des gares, qui définira les ambiances, la palette des matériaux, les types de mobiliers, les orientations en termes de lumières ou d'acoustique. Ce cadre cherche à assurer une conception maîtrisée sur tout le réseau, permettant de respecter le cadre des enveloppes budgétaires et les délais de mises en service prévus. Sur le plan fonctionnel et des usages des gares, la charte vise à offrir un service lisible et fiable aux voyageurs. Elle facilite l'appropriation des espaces, l'accessibilité et l'efficacité des parcours. Elle fait des gares des lieux apaisants où il est facile de s'orienter. Concernant les enjeux d'identité, la charte définit une image propre aux gares du Grand Paris tout en inscrivant le nouveau réseau en continuité avec le patrimoine du métro parisien et du RER francilien. Chacune des gares fera l'objet d'études de conception spécifiques en lien avec les collectivités locales concernées.

La pièce C du présent dossier d'enquête publique présente de manière plus détaillée les principes de conception des gares du Grand Paris (chapitre C3, titre 5 « Les gares »).



Principes de fonctionnement des gares du Grand Paris (site Internet www.societedugrandparis.fr)

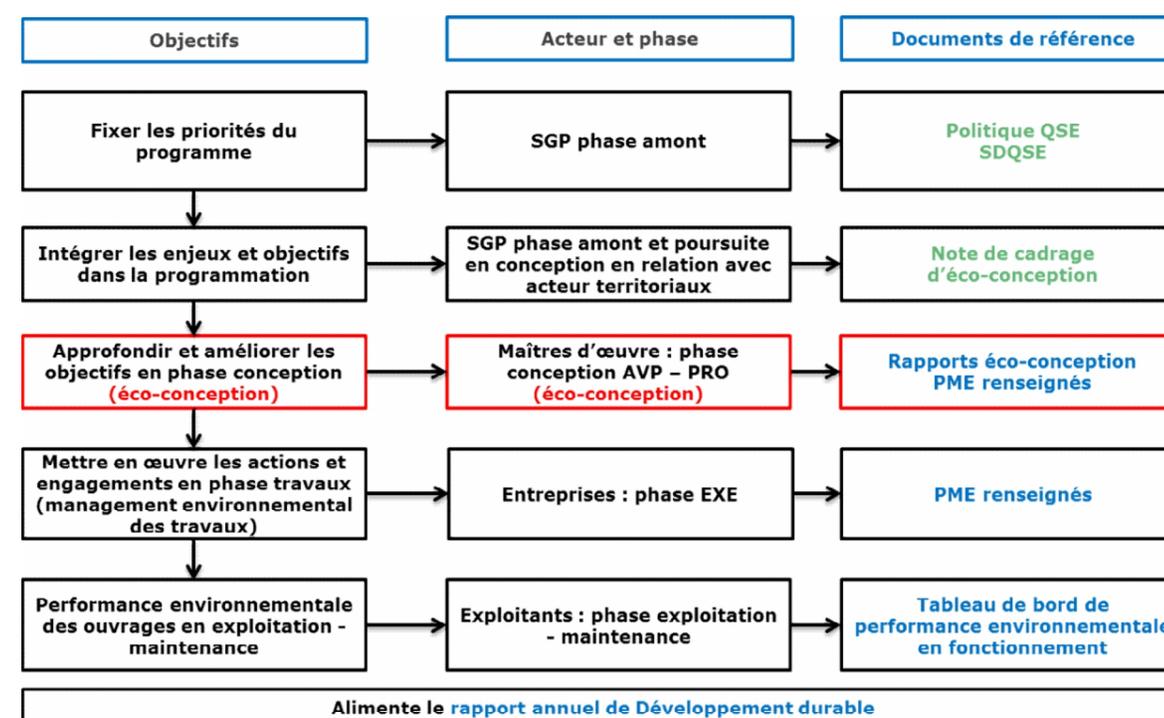
A ce stade, pour une première évaluation de l'effet visuel des gares, l'étude d'impact comprend la représentation des parties émergentes des ouvrages dans leur quartier d'implantation (rapport G.2, chapitres 6.6 « Patrimoine protégé » et 6.7 « Grand paysage »).

16. Suivi des mesures et de leurs effets

L'Autorité environnementale recommande de mettre en place dès le début du chantier un dispositif de suivi de l'ensemble des impacts environnementaux du projet et des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation des impacts.

Elle recommande aussi de proposer dans le dossier les modalités de ce suivi (personnes ou structures participant au pilotage, modalités de choix des thèmes et des indicateurs à suivre, périodicité de publication, d'analyse des résultats et d'adoption de mesures correctives éventuelles, etc.) qui devraient ensuite être reprises dans la déclaration d'utilité publique (avis n° 2014-25, page 32).

La Société du Grand Paris mettra en place un système de management intégré Qualité, Sécurité et Environnement (QSE) pour assurer l'intégration et le suivi de ces enjeux, tant dans la conception des ouvrages que dans le management des chantiers.



Démarche QSE - Vue d'ensemble

Légende : en vert -> document de cadrage émanant de la Société du Grand Paris
 en bleu -> livrable émis par les prestataires de la Société du Grand Paris, sur la base d'une trame émanant de la Société du Grand Paris

Ainsi, à chaque étape de déroulement du projet, de la définition de son programme à son exploitation / maintenance, des outils seront mis en œuvre pour assurer la définition, l'intégration et le suivi des objectifs environnementaux.

L'implication des acteurs interviendra de la manière suivante :

- la Société du Grand Paris pour initier et porter la démarche, définir les objectifs de programmation ;
- la maîtrise d'œuvre pour intégrer les intentions dans la conception et garantir leur faisabilité ;
- les entreprises pour réaliser les intentions précisées ;
- les exploitants pour s'assurer de l'efficacité des solutions mises en place et mesurer l'empreinte de l'exploitation et du renouvellement des ouvrages sur l'environnement.

La démarche s'appuiera sur les éléments suivants :

- une politique QSE et un schéma directeur QSE (SDQSE) définis par le maître d'ouvrage pour le projet ;
- une démarche dite d'éco-conception ;
- un Plan de Management Environnemental (PME) qui rassemble l'ensemble des actions à réaliser en phase études et travaux : il intègre les engagements existants dans les différents documents cadres applicables (études d'impacts et pièces associées, référentiels et marchés passés) et constitue un tableau de bord de suivi de la démarche, ayant vocation à être tenu à jour tout au long du projet pour intégrer les prescriptions issues des procédures réglementaires et les exigences découlant des démarches d'éco-conception.

Le PME permettra d'assurer le suivi des mesures, en enregistrant les données suivantes :

- engagements SGP,
 - objet concerné (ouvrage unique ou ensemble d'ouvrages),
 - phase concernée (conception de l'ouvrage, conception du management de chantier),
 - mesures,
 - responsable de l'action,
 - date cible de réalisation de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
 - date de réalisation effective de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
 - nature de la mesure : mesure d'évitement, de réduction, de compensation de l'impact sur l'environnement,
 - indicateur de suivi, en phase chantier.
- les rapports d'éco-conception des maîtres d'œuvre.

Cet outil a pour objet, par thématique environnementale, de présenter le panel des solutions de conception envisagées, celles retenues, celles écartées, et de justifier ces dernières au regard de critères techniques, économiques, financiers, de délai ou de risques.

La mise en œuvre de ce suivi environnemental peut s'illustrer au travers de l'exemple du suivi des niveaux des plans d'eau du site Natura 2000 « Sites de Seine-Saint-Denis » en lien avec le projet.

Un dispositif de suivi des niveaux piézométriques des nappes d'eau concernées sera mis en place avant le début des travaux et sera exploité pendant la phase travaux et pendant une phase post-travaux.

Le principe général du dispositif est de prévoir un point de mesure du niveau d'eau de chacun des plans d'eau concernés et au moins un piézomètre situé sur la ligne directe entre chaque gare concernée et chaque plan d'eau.

Les engagements sur ce suivi de nappe d'eau seront renseignés dans le PME par le maître d'ouvrage puis déclinés de manière opérationnelle par les maîtres d'œuvre puis les entreprises de travaux.

Annexe

Enjeux et mesures relatifs à la géologie, la géotechnique, l'hydrogéologie et l'occupation du sous-sol

Sommaire

▼

1.	La prise en compte des enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques dans la conception et la réalisation du projet	5
1.1	<i>Le bâti, les réseaux enterrés et les infrastructures</i>	5
1.2	<i>La géologie, l'hydrogéologie et la géotechnique</i>	7
2.	Principaux enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du projet	8
2.1	<i>Nappes et circulations souterraines</i>	9
2.2	<i>Dissolution du gypse</i>	15
2.3	<i>Enjeux particuliers liés à la présence d'anciennes carrières.....</i>	18
2.4	<i>Retrait et gonflement des argiles</i>	21
2.5	<i>Prise en compte du bâti, des réseaux et des infrastructures</i>	23

La présente annexe expose les principaux enjeux de la réalisation des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel dans les domaines de la géologie, de l'hydrogéologie et de la géotechnique, ainsi que les mesures de contrôle et de réduction adoptées.

Le document rappelle en préambule la démarche mise en œuvre par la Société du Grand Paris pour traiter les enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques aux différentes phases du projet, de sa conception à sa mise en service.

Il présente ensuite chaque enjeu ou phénomène identifié, selon la structure suivante :

- rappel de l'enjeu spécifique au projet, par ailleurs présenté dans le **rapport G.1 de l'étude d'impact** (« *Etat initial de l'environnement* ») : description des risques potentiels et localisation des grands secteurs à enjeux sur le projet ;
- présentation des dispositions retenues pour prendre en compte cet enjeu dès la conception du projet (y compris mesures à mettre en œuvre en phase de réalisation du projet) ;
- identification des zones d'incidence potentielle ;
- présentation détaillée des mesures d'évitement ou de réduction des impacts, ainsi que des méthodes de suivi des effets de ces mesures, en complément des éléments figurant dans le **rapport G.2 de l'étude d'impact** (« *Présentation du projet, des impacts et des mesures d'accompagnement* »).

1. La prise en compte des enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques dans la conception et la réalisation du projet

Dès les premières phases de conception des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel, dont l'insertion est entièrement souterraine, la Société du Grand Paris s'est attachée à recenser l'ensemble des contraintes susceptibles d'interférer avec le projet et à établir un diagnostic des zones traversées, tant du point de vue des infrastructures et des ouvrages rencontrés (bâtiments, réseaux enterrés, grandes infrastructures aériennes ou souterraines) que du point de vue du sous-sol (caractérisation de la géologie, de l'hydrogéologie et de la géotechnique).

Pour chacune de ces deux grandes thématiques (bâti / réseaux / infrastructures d'une part, sous-sol d'autre part), le déroulement de la recherche des données d'entrée au cours des différentes phases d'études et leur prise en compte dans la conception et la réalisation du projet sont présentés ci-après.

1.1 Le bâti, les réseaux enterrés et les infrastructures

- *Quels types d'ouvrages peut-on rencontrer à proximité du projet ?*

Le projet a potentiellement une influence sur différents types d'ouvrages :

- **Bâti** – tous les types de bâtiments sont présents sur le tracé du projet. Leur tolérance aux déformations du sol qui pourraient être provoquées par l'exécution d'un projet de métro souterrain dépend du type de construction et du type de fondations du bâtiment.

- **Réseaux enterrés** – seuls les réseaux de taille importante représentent un véritable enjeu pour le projet. Sont notamment concernés :

- les canalisations de transport (gaz, pétrole, chauffage urbain le cas échéant) ;
- les canalisations d'assainissement ;
- les cours d'eau canalisés en collecteurs.

- **Infrastructures** – sont notamment concernés :

- les infrastructures ferroviaires ;
- les infrastructures routières ;
- les ouvrages d'art.

- *Quels sont les enjeux liés à la présence de bâti, de réseaux et d'infrastructures ?*

Lors de la réalisation du métro souterrain, les ouvrages existants (bâti, réseaux, infrastructures) sont susceptibles d'être impactés de la manière suivante :

- déformations induites au niveau des ouvrages existants en phase chantier ;
- endommagement de l'ouvrage existant en phase chantier (par exemple, le percement d'une canalisation ou l'injection involontaire de coulis dans un sous-sol) : il s'agit en général d'accidents dus à la méconnaissance des avoisinants souterrains ou à une maîtrise insuffisante des techniques d'exécution, mais non liés à la conception du projet à proprement parler.

Concrètement, les effets sur les ouvrages existants et leurs conséquences négatives sur la population et l'environnement peuvent être très variables selon l'ouvrage concerné : atteinte au fonctionnement normal des installations (par exemple création d'un point bas d'une canalisation d'eau), dégradation des ouvrages (par exemple fissuration de la façade d'un immeuble).

La vulnérabilité du bâti, des infrastructures et des réseaux existants aux travaux de réalisation du projet est également fonction de la nature et de la qualité des terrains rencontrés et d'éventuelles contraintes, comme la présence de vides dans le sol.

- *Comment les études sur le bâti, les réseaux enterrés et les infrastructures s'organisent-elles ?*

Dès les phases amont (premières études conduites par le maître d'ouvrage), les réseaux structurants ont fait l'objet d'un recensement bibliographique en partenariat avec les différents concessionnaires ou exploitants concernés (RATP, SNCF-RFF, SIAAP, EDF-GDF, TRAPIL, etc...). Le but est de fiabiliser, dès les premiers tracés, le profil en long et en plan du projet, afin d'interférer le moins possible avec ces grands réseaux et ces infrastructures enterrées.

De même, concernant le bâti, sont recensés dans un premier temps les principaux bâtiments susceptibles d'interférer avec le projet : immeubles de grande hauteur, bâtiments dans des zones de vides anthropiques¹ ou naturels qui peuvent être construits sur des fondations profondes, bâtiments associés à des infrastructures souterraines (par exemple parkings sur plusieurs niveaux de sous-sols).

¹ Dont la formation résulte essentiellement de l'intervention de l'homme.

Les phases d'études de conception à venir vont permettre d'affiner les connaissances sur le bâti, les réseaux et les infrastructures rencontrés. A cette fin, les objectifs de ces études sont multiples :

- éviter les réseaux ne pouvant être déviés ou entreprendre des travaux de confortement adaptés quand le projet se situe à proximité de ces grands réseaux, en prenant en compte l'ensemble de leurs contraintes (notamment d'exploitation) ;
- pour les réseaux qui le permettent, entreprendre des déviations de réseaux en amont des travaux de génie civil ;
- caractériser de manière détaillée le bâti dans la zone d'interférence du projet, dans le but de déterminer sa sensibilité intrinsèque et sa vulnérabilité au regard des travaux entrepris, le but étant de définir les méthodes constructives adaptées au projet retenu.

Dans ce cadre le Maître d'ouvrage mène deux grandes études qui serviront de base au Maître d'œuvre :

Etude d'interférométrie satellitaire :

Dans le but de caractériser le contexte environnemental du projet, la Société a mis en place un marché d'interférométrie satellitaire. Cette étude permettra d'avoir un historique des mouvements du sol et donc du bâti. Elle consiste en l'achat et le traitement des photographies satellitaires des secteurs traversés (photographies qui existent depuis 1992), permettant de calculer la distance d'un réflecteur (point métallique fixe au sol existant sur les bâtis, très nombreux en zone urbaine dense) au satellite. Cette distance est calculée pour chacune des photographies, la différence à chaque passage du satellite permettant ainsi de déterminer les mouvements verticaux du sol (tassement ou soulèvement).

Cette technique est éprouvée et a été utilisée sur de grands projets tels que le métro d'Amsterdam, la Jubilee Line à Londres ou la ligne 9 à Barcelone. La précision du déplacement vertical est de moins d'un centimètre. Cette technique permet de chercher la cause des déplacements observés et de cerner les zones de bâti ayant bougé, en conduisant éventuellement à étendre le périmètre de pertinence des recherches visant à caractériser l'environnement du futur chantier (sondages, enquête bâti : voir ci-après).

Enquête caves et bâti :

Cette étude se compose de plusieurs volets :

Recensement systématique des réseaux présents sur le tracé :

Ce recensement porte sur l'exhaustivité des réseaux (déviables et non déviables). Il permettra notamment de caractériser les réseaux tant :

- géométriquement : encombrement (volume) et localisation en plan et en profondeur,
- que qualitativement : nature des réseaux (maçonnerie, structures en béton armé, etc.) et fonctionnement (gravitaire, sous pression, etc.).

Enquête sur le bâti et les infrastructures couplée à une étude de sensibilité intrinsèque et de vulnérabilité :

Cette enquête et cette étude de sensibilité et de vulnérabilité seront réalisées dans la zone d'influence géotechnique du projet (c'est-à-dire la zone dans laquelle les travaux peuvent avoir une influence sur le sol, la largeur de cette zone par rapport à l'axe du tracé étant déterminée au regard des caractéristiques intrinsèques du sol).

Elles auront pour objet de reconnaître le bâti au sens large, de déterminer sa sensibilité intrinsèque mais également sa vulnérabilité aux travaux envisagés, le but étant de mettre en place des méthodes constructives adaptées et de garantir ainsi un niveau de sécurité optimal.

Ces dispositions doivent permettre de :

- caractériser le bâti dans un premier temps, tant d'un point de vue géométrique que structurel (niveau des fondations, système de poutraison, etc.). Pour ce faire, des enquêtes administratives (auprès des mairies, services des permis de construire, Inspection Générale des Carrières, etc.) sont réalisées. Elles sont suivies de visites sur le terrain, le but étant de déterminer l'état du bâti de visu : état général, confirmation du nombre de niveaux de sous-sols, nombre d'étages, présence de fissures, présence d'infiltration, etc. A partir de ces éléments, la sensibilité intrinsèque du bâti est déterminée par des experts en bâtiment mandatés par la Société du Grand Paris ; elle définit les tolérances que le bâti est susceptible d'accepter sans que son état général ne soit dégradé.
- déterminer la vulnérabilité du bâti au regard de la sensibilité intrinsèque définie à l'étape précédente (donc des tolérances aux déformations), mais également du projet tel que défini par le Maître d'œuvre. Dans le cas de zones où la sensibilité intrinsèque du bâti est forte, il conviendra d'adapter le dimensionnement des ouvrages du métro et/ou les méthodes constructives de manière à respecter les tolérances des ouvrages existants, pour supprimer le risque (par exemple en renforçant le dimensionnement des parois de soutènement d'une gare pour éviter les désordres induits sur les bâtiments voisins lors de sa réalisation, ou en adaptant la vitesse du tunnelier dans des zones sensibles).

Si le risque ne peut être totalement supprimé de cette manière, des méthodes de protection des ouvrages existants seront mises en place. Ces zones sensibles seront identifiées afin de définir les méthodes particulières à utiliser pour les protéger.

Dans le but d'organiser un double regard sur l'analyse du bâti, la Société du Grand Paris s'est adjoint les conseils d'un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage en expertise du bâtiment, ayant pour mission de réaliser la collecte des données et d'analyser ces éléments en termes de sensibilité intrinsèque et de vulnérabilité du bâti au regard du projet. L'ensemble de ces données constitue la donnée d'entrée du Maître d'œuvre.

A partir des mêmes données et du même projet, l'Assistant à Maîtrise d'Ouvrage et le Maître d'œuvre de la Société du Grand Paris doivent converger sur la vulnérabilité du bâti afin de concevoir un projet adapté au contexte de sensibilité du bâti présent dans la zone d'influence géotechnique : le but est d'obtenir un regard partagé sur les données d'entrée et leur interprétation.

- *Quelles sont les dispositions mises en place en phase travaux?*

Afin de vérifier que les mesures retenues lors des différentes études réalisées permettent bien de supprimer les risques d'impact sur le bâti, les infrastructures et les réseaux existants, une auscultation (détection en continu des éventuels mouvements du bâti ou des infrastructures en phase chantier) sera mise en place le long du tracé dans les zones sensibles :

- cette auscultation sera mise en place en amont des travaux, afin de mesurer la respiration naturelle des ouvrages liée notamment aux variations thermiques : en général, ces mesures « à blanc » arrivent un an avant le démarrage effectif des travaux ;
- en phase chantier, la surveillance de l'existant par auscultation aura pour but de surveiller en temps réel les déformations éventuelles et de les comparer aux estimations faites lors des études de maîtrise d'œuvre, afin de pouvoir immédiatement adapter les méthodes constructives en cas de déplacement jugé anormal.

1.2 La géologie, l'hydrogéologie et la géotechnique

- *Comment les études géotechniques s'organisent-elles ?*

Un projet de transport en souterrain est par essence en forte interaction avec le sous-sol ; de ce fait, afin de réaliser des études de qualité, la connaissance parfaite du sous-sol au sens large est nécessaire.

Les études géotechniques sont régies par la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques. Cette dernière détermine, selon la phase d'étude, les niveaux d'investigations et les objectifs pour tenir compte des aléas géologiques. Ces missions sont mises en regard des phases d'études de conception définies par la loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique (« loi MOP »). Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques de chacune des phases :

Phases d'études Loi MOP	Phases d'études géotechniques (NF P 94-500) ²	Natures de la donnée	Dossier à remettre
Etudes de Faisabilité	Mission G1 ES et G1 PGC – Etudes géotechniques préalables	Bibliographique	Premier modèle géologique, hydrogéologique
Etudes Préliminaires	(précédemment : mission « G11 »)	Reconnaitances sur site	Première identification des risques
<i>Production du dossier d'enquête publique</i>			
Phase d'Avant-Projet	Mission G2 AVP – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G12 »)	Reconnaitances sur site	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences
Phase Projet	Mission G2 PRO et G2 DCE/ACT – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G2 » complète)	Reconnaitances sur site	Identifications des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences

Chaque nouvelle étape est l'objet de sondages complémentaires : au fur et à mesure de l'avancement des études, le maillage entre les points de sondages s'affine, et le modèle géologique et hydrogéologique s'enrichit et se précise.

Dans le but d'organiser un double regard sur l'analyse du sous-sol réalisée par le maître d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est également adjoint les conseils d'un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage spécialisé en géotechnique, afin d'avoir un regard partagé sur l'interprétation des données et de concevoir un projet adapté au contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique.

² NF P 94-500 révisée en novembre 2013

Actuellement, la campagne de reconnaissances G1 est terminée ; la phase G2 phase avant-projet est en cours de réalisation.

- *Quel est le but des investigations géotechniques entreprises ?*

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

- *D'établir la maquette (ou modèle) géologique du projet.* Les investigations permettent tout au long du tracé de fournir la coupe géologique au droit de chaque sondage ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire par corrélation entre ces points de sondages tout au long du tracé.
- *D'établir la maquette (ou modèle) hydrogéologique.* Les investigations doivent permettre de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant d'estimer les venues d'eau).
- *De caractériser les couches rencontrées,* tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

Chaque nouvelle phase d'études est l'objet de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et donc permettre de fiabiliser les hypothèses prises à la phase précédente. L'implantation des nouveaux sondages résulte des éléments découverts dans la phase précédente, les recherches pouvant s'axer sur des points très spécifiques, par exemple : présence de terrains décomprimés dans un sondage -> réalisation de sondages autour de ce point afin de déterminer l'extension de cette zone.

De plus, l'étude d'interférométrie satellitaire, précédemment citée, permettra de localiser les zones où des déplacements verticaux du sol ont eu lieu, afin de cibler les reconnaissances dans ces zones potentiellement à risque.

Le but final est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes » afin d'adapter les méthodes constructives à chacune d'entre elles. Des zones singulières peuvent également être identifiées, qui feront l'objet de reconnaissances spécifiques au regard de la singularité rencontrée, permettant ainsi de mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés.

- *Quelles sont les dispositions mises en place en phase travaux ?*

La norme NF P 94-500 régit également la phase de réalisation, et impose la réalisation de deux missions G3 et G4 :

- La mission G3 est une mission d'études et de suivi géotechnique d'exécution portée par l'entreprise qui réalise les travaux.
- La mission G4 est une mission de supervision géotechnique d'exécution portée par le Maître d'ouvrage, et déléguée à son Maître d'œuvre.

Ces deux missions se décomposent en deux phases :

- La première est une phase d'études lors de laquelle l'entrepreneur valide les hypothèses géotechniques, et dimensionne les ouvrages géotechniques. Le Maître d'œuvre fournit un avis sur ces études d'exécution.

- La deuxième est une phase de suivi qui permet à l'entrepreneur de vérifier que les hypothèses établies pendant les études correspondent bien à ce qui est effectivement rencontré sur site. Le Maître d'œuvre organise des validations ponctuelles sur le chantier dans le même but.

La confrontation de ces deux missions G3 et G4 (double regard) est un gage de sécurité, et entre dans le cadre de la maîtrise des risques.

Le rôle d'expertise et de conseil indépendant du « Comité des Travaux Souterrains »

Que ce soit dans le domaine du bâti ou de la géologie au sens large, la Société du Grand Paris a mis en place un système de double regard constitué de deux partenaires essentiels : les Assistants à Maîtrise d'ouvrage (bâti et géotechnique) et le Maître d'œuvre. Le but de cette méthode est de partager les dossiers de données d'entrée définissant les paramètres techniques à retenir dans le cadre des études de maîtrise d'œuvre. Ce double regard est la première étape dans la maîtrise des risques.

La Société du Grand Paris, dans un souci de transparence et de volonté de maîtriser les risques, a également choisi de s'adjoindre les conseils d'un « Comité des Travaux Souterrains ». Ce comité est constitué d'experts en travaux souterrains (tant en conception que réalisation), mais également d'experts géologues et géotechniciens, totalement indépendants du projet, et ayant eu une grande expérience dans le domaine tout au long de leur carrière.

Ce comité a pour rôle de donner un avis sur les études de conception du Maître d'œuvre, tant du point de vue de la qualité des études que de leur contenu (méthodes constructives retenues). L'avis du comité sera sollicité à la demande du Maître d'ouvrage ou du Maître d'œuvre en cas de besoin. Le Maître d'œuvre présentera l'ensemble des données à disposition, l'interprétation qui en est faite, et les conclusions aboutissant aux méthodes constructives retenues.

Ce « troisième regard » indépendant est un gage de la volonté de la Société du Grand Paris de maîtriser les risques inhérents aux travaux souterrains.

2. Principaux enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du projet

Le projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel du réseau Grand Paris Express s'insère en souterrain ; il traverse des nappes d'eaux souterraines et des couches géologiques aux caractéristiques très diverses.

Des études préliminaires et des sondages entrepris dans ce cadre, il ressort que les principaux enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du projet en termes d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- **éviter au maximum tout impact sur les nappes d'eaux souterraines, que ce soit en termes de pollution des eaux, de modification du niveau des nappes ou de modification de la circulation des eaux.** Les dispositions constructives retenues dès les premières études de conception du projet permettent d'éviter les impacts significatifs sur les nappes.
- **identifier et prendre en compte les zones marquées par la présence de sols évolutifs (horizons contenant du gypse), dans lesquels des phénomènes de dissolution peuvent avoir lieu.** Cet enjeu est très présent à l'échelle du projet, le linéaire compris entre Saint-Denis et Montfermeil étant concerné à différents titres. Il est pris en compte dans les études de conception ; la limitation des impacts du projet sur les eaux souterraines grâce aux méthodes constructives retenues est un facteur clé dans la réduction du risque de dissolution lors des travaux (effet conjugué).
- **prendre en compte les cavités d'origine anthropique (résultant des activités humaines) que sont les anciennes carrières.** Le projet passe localement dans des secteurs d'anciennes carrières souterraines, principalement dédiées à l'exploitation du gypse. Cet enjeu, surtout présent dans la partie Est du tracé, est pris en compte dans la définition du projet (logique d'évitement dans la mesure du possible) et dans les études de conception.
- **prendre en compte la présence d'argile sur le tracé du projet et par conséquent un phénomène éventuel de retrait ou de gonflement des argiles.** Cet enjeu est présent à l'échelle du projet, dans les secteurs de Saint-Denis, du Bourget, de Clichy / Montfermeil ainsi qu'à proximité de l'extrémité de la ligne (au nord de la gare « Noisy-Champs »).

Sont également présentées les dispositions relatives à la **prise en compte du bâti, des réseaux et des infrastructures** (voir aussi titre 1.1 ci-avant).

2.1 Nappes et circulations souterraines

2.1.1 Description du milieu et des phénomènes associés

- *Qu'est-ce qu'une nappe souterraine ?*

Une nappe d'eau souterraine est une eau contenue entre les grains d'un sol ou dans les fissures d'une roche, que l'on nomme aquifère.

Aujourd'hui, les eaux souterraines du territoire français sont cartographiées et leurs états quantitatif et qualitatif sont surveillés. La connaissance hydrogéologique, en particulier la connaissance piézométrique (du niveau des nappes), permet donc une analyse générale des interférences entre le projet et les nappes. Les campagnes de reconnaissance du maître d'ouvrage, permettent de disposer d'une connaissance beaucoup plus précise et actualisée de la piézométrie, dans les territoires traversés par le projet.

- *Quels pourraient être les impacts d'un projet de type métro souterrain sur les nappes et circulations souterraines ?*

La réalisation d'un projet de type métro souterrain est susceptible de générer différents phénomènes en cas de traversée de nappe(s) :

- modification du niveau de la (des) nappe(s),
- modification des écoulements : « effet barrage »,
- pollution d'une nappe par mise en communication, du fait de la réalisation de l'infrastructure, avec une nappe polluée.



Figure 1 : Nappe d'eau souterraine affleurant lors de travaux de terrassement

Qu'est-ce qu'un effet barrage ?

Lorsqu'un ouvrage souterrain crée un obstacle à l'écoulement naturel d'une nappe d'eau souterraine, un « effet barrage » se produit.

L'effet barrage se traduit potentiellement par une montée des eaux en amont de l'ouvrage et par une baisse du niveau des eaux en aval de l'ouvrage.

L'effet barrage est d'autant plus fort que :

- l'ouvrage représente une hauteur non négligeable par rapport à l'épaisseur de l'aquifère (pourcentage d'occultation de la nappe) ;
- la grande dimension de l'ouvrage est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe.

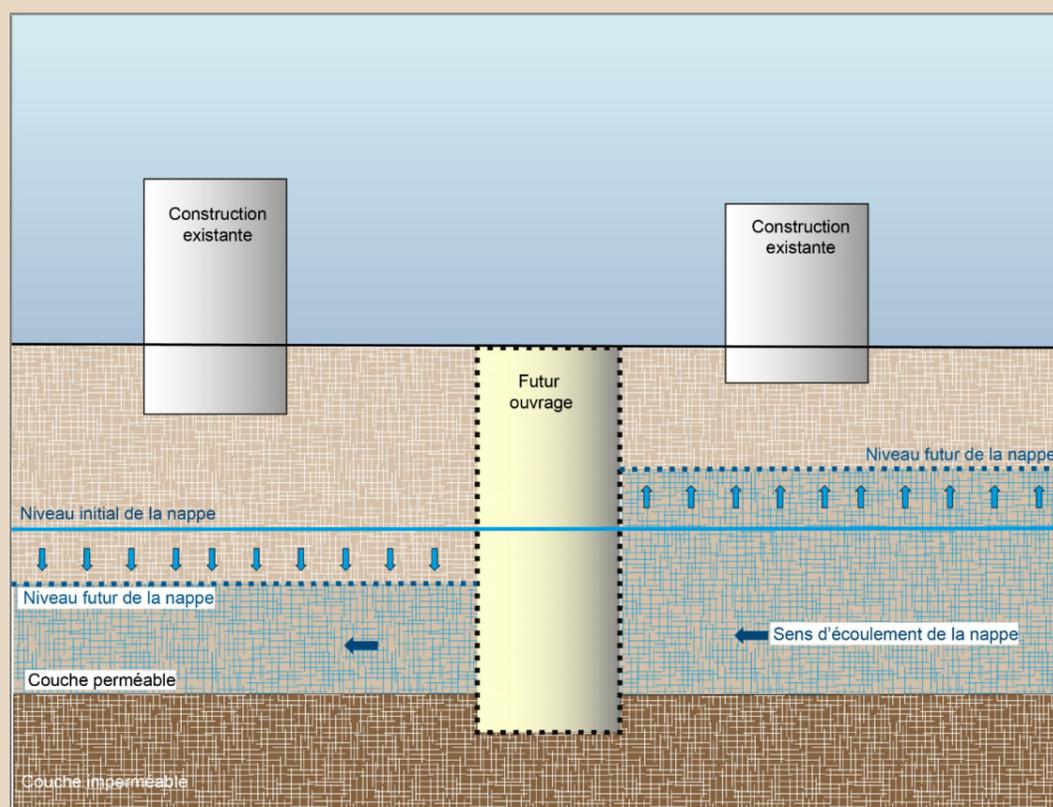


Figure 2 : Principe de l'effet barrage

- Dans le cadre d'un projet de type métro souterrain, quels pourraient être les impacts de la modification du régime d'écoulement des eaux souterraines sur l'environnement ?

Une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines, quelle qu'en soit l'origine, pourrait avoir un certain nombre d'incidences potentielles sur l'environnement :

- **Tassements** : l'abaissement du niveau de la nappe peut générer des déformations de terrain en surface.
- **Ennoisement des structures enterrées** : la hausse du niveau de la nappe peut provoquer des ennoisements dans les sous-sols de bâti existant.
- Une modification des écoulements et de la teneur en eau des sols peut favoriser différents phénomènes naturels tels que la **dissolution du gypse** (cf. titre 2.2 ci-après 2.2) ou le **retrait/gonflement des argiles** (cf. titre 2.4 ci-après 2.4).
- **Modification des usages anthropiques** : l'abaissement du niveau de la nappe risque notamment de dénoyer (mettre hors d'eau) les pompes existantes (captage d'eau potable, géothermie, etc.).
- **Atteinte aux milieux naturels** : l'abaissement du niveau de la nappe peut entraîner celui de plans d'eau abritant des espèces protégées et ainsi occasionner la destruction de certains habitats.

- Le projet des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel du Grand Paris Express rencontre-t-il des nappes souterraines ?

Globalement, l'analyse hydrogéologique montre que les ouvrages souterrains du projet interceptent quatre zones hydrogéologiques distinctes (voir carte figurant en **page 75 du rapport G.1 de l'étude d'impact**) :

- la nappe de l'Eocène supérieur baignant le Marno-Calcaire de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp supérieurs : cet aquifère concerne le tracé entre la gare Saint-Denis-Pleyel et la gare Sevrans-Livry, mais également la vallée de la Marne (où la nappe alluviale de la Marne est en communication directe avec la nappe de l'Eocène supérieur) ;
- la nappe de l'Eocène inférieur et moyen baignant les Sables de Beauchamp inférieurs, les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier : cet aquifère concerne le tracé ponctuellement sur la portion Saint-Denis Pleyel – Sevrans Livry, au niveau des points bas : à l'est de la gare du Bourget et à l'est de la gare d'Aulnay ;
- la nappe du Ludien baignant les Marnes supragypseuses : cet aquifère concerne la butte de l'Aulnoye (secteur de la gare Clichy-Montfermeil) ;
- la nappe du Calcaire de Champigny sur le coteau de Champs-sur-Marne, au nord de la gare Noisy-Champs.

On notera également, sur la butte de l'Aulnoye et le plateau de Noisy-le-Grand, l'aquifère du Calcaire de Brie, peu épais et de surface, mais potentiellement actif.

Ces domaines hydrogéologiques ont leurs caractéristiques et leur fonctionnement propres, quoique non indépendants les uns des autres.

Le projet des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel est ainsi en interaction avec une nappe souterraine sur quasiment toute sa longueur.

2.1.2 Prise en compte des enjeux dès la conception

Du fait du nombre important de nappes souterraines présentes sur le tracé, le projet cherche autant que possible à limiter les incidences potentielles liées à la présence de nappes.

La conception du projet, en particulier pour les neuf gares réalisées, qui se situent dans la nappe, a ainsi privilégié des méthodes constructives adaptées, permettant de limiter au strict minimum les pompages et donc les mouvements de nappes.

Le projet prévoit :

- Pour la partie courante, une réalisation du tunnel au tunnelier : cette technique permet de créer une paroi étanche à l'avancement de l'excavation, en étant à l'abri d'un confinement, de sorte qu'aucun pompage n'est nécessaire.
- Pour les gares, tranchées et ouvrages annexes, la méthode constructive retenue est la réalisation d'une enceinte « étanche » en parois moulées, couplée si nécessaire à la réalisation d'un bouchon étanche en fond de fouille : aucun pompage n'est donc nécessaire, seul le volume d'eau situé dans la fouille et les eaux d'infiltrations résiduelles sont à extraire.

Qu'est-ce qu'un rabattement de nappe et pourquoi la Société du Grand Paris a-t-elle écarté cette méthode pour réaliser les gares ?

Le rabattement de nappe consiste à abaisser, durablement ou temporairement, le niveau d'une nappe d'eau souterraine.

Cette technique peut être utilisée pour réaliser des travaux de génie civil hors d'eau (gares ou ouvrages annexes par exemple).

Un rabattement de nappe peut se faire par l'intermédiaire de puits de pompage répartis à l'aplomb de la zone concernée, comme schématisé ci-dessous.

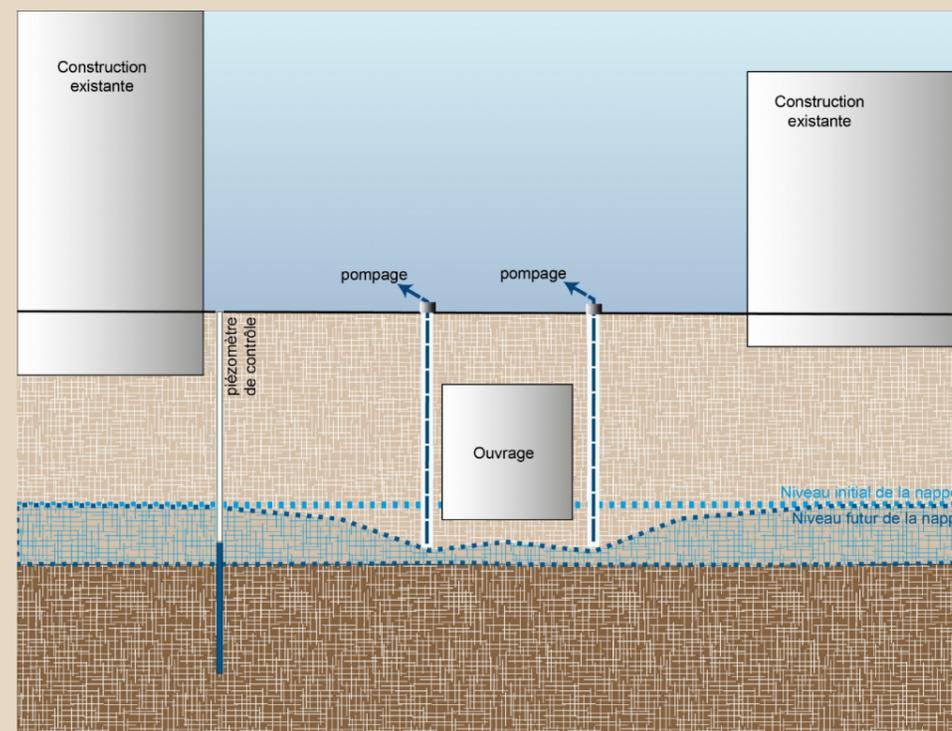


Figure 3 : Rabattement de nappe

Cette technique peut avoir des effets importants sur les eaux souterraines : modification du niveau de la nappe, modification des écoulements, réactivation de phénomènes de dissolution, pompage (et donc rejet) de gros volumes d'eau éventuellement polluée. En conséquence, **la Société du Grand Paris n'a pas retenu la technique du rabattement de nappe pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes du projet de métro, afin de préserver l'environnement.**

Pour mettre hors d'eau les sites des futures gares et des futurs ouvrages annexes, **la Société du Grand Paris a privilégié la technique des parois moulées étanches**, associée à la réalisation si nécessaire d'un bouchon étanche selon la nature des sous-sols d'ancrage des parois moulées.

Ces dispositions constructives permettent de réduire au strict minimum le pompage d'eaux souterraines, le volume de pompage étant limité au volume de l'ouvrage situé sous la nappe (avec un débit résiduel à prendre en compte).

Dans les zones d'eaux souterraines polluées, l'eau pompée devra faire l'objet d'un traitement avant d'être rejetée dans le réseau d'assainissement.

2.1.3 Localisation des zones d'incidence potentielle

- **Le tunnel foré**

En phase chantier : modification du niveau des nappes

Le tunnel n'impacte pas le niveau des eaux souterraines. En effet, la technique du tunnelier permet d'éviter tout rabattement de nappe en créant une paroi étanche à l'avancement de l'excavation, du fait de la mise sous-pression de la chambre d'abattage.

A long terme : effet barrage

L'étude d'impact décrit et cartographie la sensibilité des différents territoires traversés par le projet à l'effet barrage (voir **pages 87-88 du rapport G.2**).

La section de tracé globalement orientée Nord-Sud, entre les gares « Sevrans-Beaudottes » et « Chelles », induit un effet barrage modéré du fait de la réalisation du tunnel, l'ouvrage souterrain étant alors perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe. L'effet est plus marqué à proximité de la gare « Clichy-Montfermeil », car l'ouvrage intercepte alors la nappe peu épaisse contenue dans les Marnes supragypseuses et l'occulte quasiment en totalité ; des études spécifiques à cette zone seront réalisées dans le cadre du dossier produit au titre de la loi sur l'eau, afin d'établir précisément l'impact réel de l'ouvrage souterrain.

Mise en communication des nappes

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

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

La technologie utilisée de forage au tunnelier limite donc le risque de communication entre nappes.

- **Les tranchées, les gares et les ouvrages annexes**

Modification du niveau de la / des nappe(s)

L'ensemble des gares, des tranchées et des puits des ouvrages annexes seront réalisés à ciel ouvert à l'abri d'une enceinte en parois moulées.

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

Afin de limiter les venues d'eau verticales par le fond de fouille, deux configurations sont possibles :

- Les parois de l'ouvrage sont ancrées dans une couche de sol peu perméable. L'enceinte de la gare est alors quasiment imperméable. Hormis le pompage initial de l'eau dans le volume de la gare, la mise hors d'eau de l'ouvrage n'aura qu'un impact négligeable sur les eaux souterraines (pompage des infiltrations résiduelles).
- Les parois de l'ouvrage sont ancrées dans une couche géologique perméable et baignent dans une nappe souterraine. La mise en œuvre d'un bouchon injecté permet alors de limiter les remontées d'eau dans l'enceinte de l'ouvrage. Il peut subsister des venues d'eau résiduelles : l'évacuation de ces dernières est toutefois non significative au regard du niveau de la nappe baignant l'ouvrage.
- Actuellement, dans l'état de connaissance de la géologie et de l'hydrogéologie du site, un bouchon étanche par injection ou jet-grouting³ est prévu pour les gares suivantes : Le Bourget RER, Le Blanc-Mesnil, Aulnay, Sevrans-Beaudottes, Sevrans-Livry, Clichy-Montfermeil et Chelles. Pour certaines d'entre elles, la solution de prolonger les parois moulées dans un horizon étanche est une variante qui sera étudiée en phase de conception et sera à mettre en regard de la solution par bouchon injecté.

Concernant l'évacuation du volume d'eau retenu dans la « boîte gare » et les éventuels débits résiduels, il est prévu de traiter l'eau pompée en cas de pollution avérée, dans le but de rejeter uniquement une qualité d'eau conforme à la législation en vigueur.

Pour certaines gares, des passages souterrains (couloirs de correspondance...) sont prévus, tout comme la réalisation des rameaux de connexion entre les ouvrages annexes et le tunnel. Ces ouvrages seront réalisés en méthode dite traditionnelle, c'est-à-dire creusés depuis un certain niveau de la gare ou en fond de fouille de l'ouvrage annexe : creusement manuel ou mécanisé avec pose de soutènement de type cintres et béton projeté.

Pour ces parties réalisées en méthode souterraine traditionnelle, afin de limiter les venues d'eau, différentes techniques de traitement pourront être mises en place : injection d'étanchement, jet-grouting... Les reconnaissances en cours et les études à venir permettront de caractériser l'aquifère et donc d'adapter le traitement à mettre en place dans le but de pouvoir réaliser cette partie hors d'eau ; le pompage sera ainsi limité au strict minimum, avec de ce fait une incidence sur le niveau piézométrique des nappes en présence également réduite au minimum.

L'ensemble de ces dispositions permet donc d'éviter les pompages à grande échelle, et ainsi de limiter de façon efficace les modifications du niveau piézométrique des nappes.

³ Traitement de sol consistant à utiliser un jet de fluide à haute pression pour déstructurer un terrain et le mélanger avec un coulis liquide à base de ciment : cette technique s'applique aux terrains difficilement injectables par les procédés classiques.

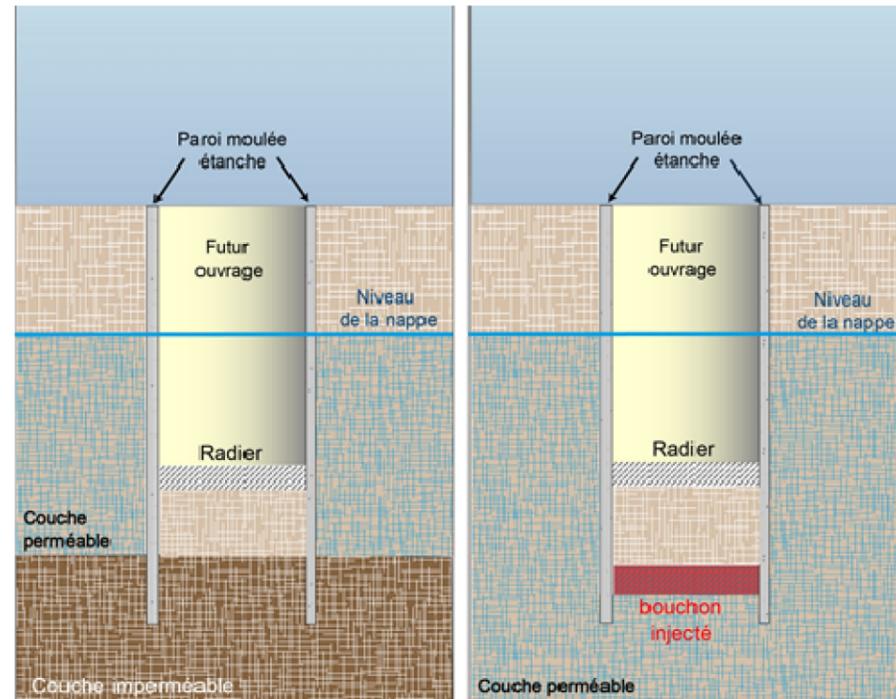


Figure 4 : Les deux configurations permettant de réaliser une enceinte de gare quasiment étanche : parois moulées ancrées dans une couche imperméable ou ajout d'un bouchon injecté

Qu'est-ce qu'une paroi moulée ?

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe d'eau et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

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

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

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

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

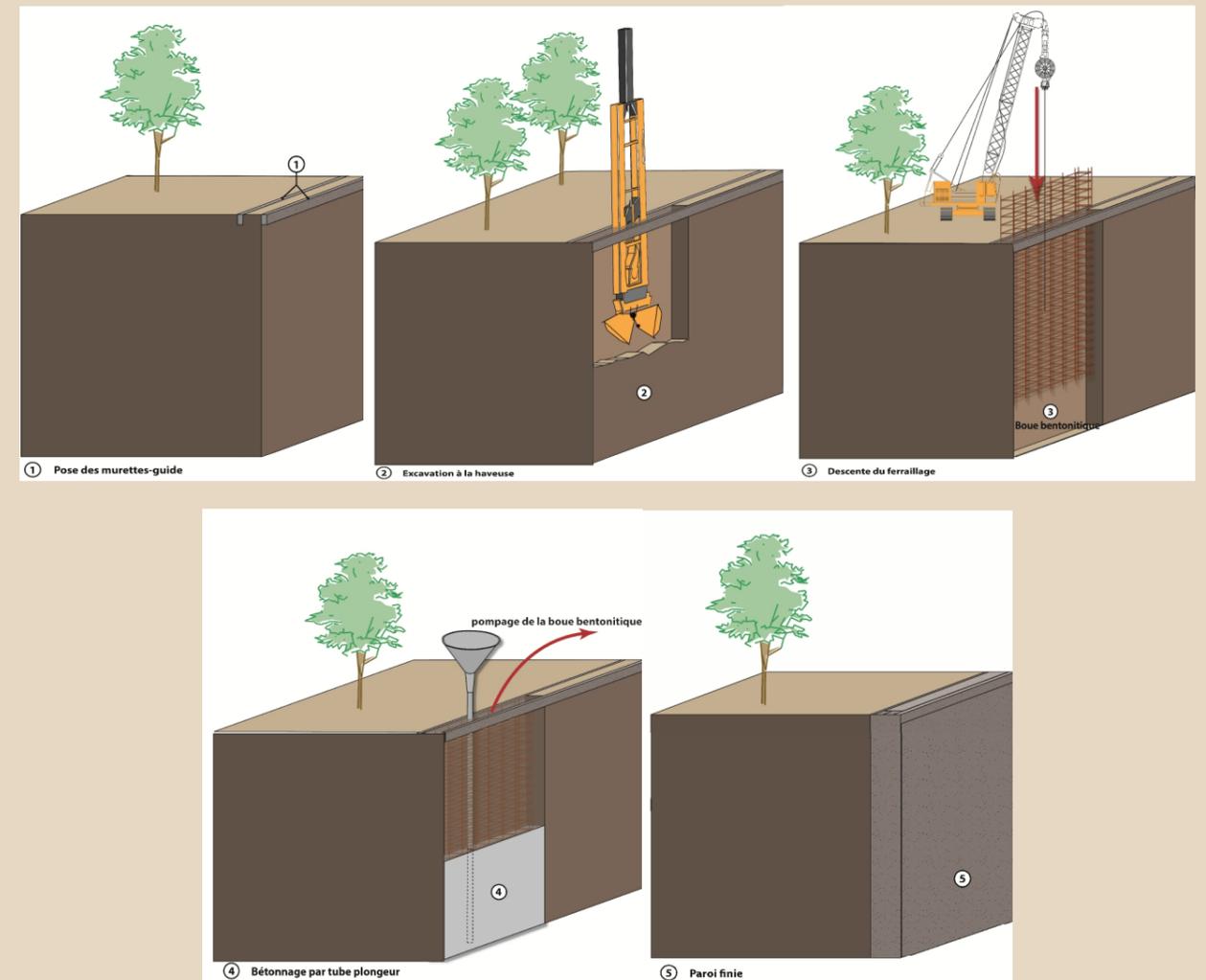


Figure 5 : Etapes de réalisation des parois moulées



Figure 6 : Mise en place d'une cage d'armatures dans un panneau de paroi moulée

Effet barrage

L'effet barrage se développe principalement quand l'ouvrage considéré est perpendiculaire au sens d'écoulement de l'aquifère concerné, l'ouvrage créant ainsi une barrière hydraulique.

Pour les gares de Sevrans-Beaudottes et Sevrans-Livry, les ouvrages sont perpendiculaires au sens d'écoulement régional de la nappe de l'Eocène supérieur, ce qui induit des effets barrages potentiellement forts.

Cette problématique se retrouve dans une moindre mesure :

- au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil, l'aquifère concerné étant dans ce cas la nappe des Marnes supragypseuses ;
- au niveau de la gare de Chelles dans la vallée de la Marne, l'aquifère concerné étant la nappe alluviale en communication avec la nappe de l'Eocène supérieur.

La mise en œuvre de mesures spécifiques est évoquée au point 2.1.4 ci-après.

Mise en communication des nappes

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

Pour les parties réalisées en méthode souterraine traditionnelle, au vu des infrastructures concernées (passages souterrains ou rameaux entre ouvrages annexes et tunnel), dans la majeure partie des cas, un seul aquifère sera concerné. Toutefois, pour rappel, les pré-injections d'étanchement qui seront mises en place permettent de limiter grandement les échanges entre nappes dans le cas où deux nappes seraient concernées. Les vides qui pourraient potentiellement subsister suite à la mise en place des structures définitives pourront faire l'objet d'injections de remplissage afin de minimiser les échanges entre nappes, si cela s'avérait nécessaire.

2.1.4 Mesures mises en œuvre

- Méthodes constructives

Les méthodes constructives retenues pour la réalisation du tunnel, des tranchées, des gares et des ouvrages annexes sont adaptées à la présence potentielle d'eaux souterraines (voir le détail de réalisation au titre 2.1.3 précédent).

- Mesures particulières mises en œuvre

Des mesures spécifiques pour supprimer les risques liés à l'impact du projet sur les eaux souterraines pourront par ailleurs être retenues au cas par cas au cours des études de maîtrise d'œuvre du projet, en complément des méthodes constructives générales déjà définies :

- Concernant l'effet barrage, les études à venir permettront de quantifier cet effet et d'estimer le réel impact des ouvrages du métro souterrain sur le niveau des nappes afin de prendre d'éventuelles dispositions pour limiter ce phénomène. Il existe différents dispositifs permettant de lutter contre cet effet de barrage parmi lesquels : recapeage des têtes de parois moulées, tranchées drainantes, siphons, etc. Les études ultérieures permettront de vérifier au cas par cas l'opportunité de mettre en œuvre de telles mesures.
- Dispositifs de traitement des eaux pompées polluées avant rejet : ces dispositifs s'appliquent systématiquement aux volumes d'eau polluée qui seront pompés sur le chantier du métro.

2.1.5 Méthodes de suivi des effets des mesures

Un suivi des mesures mises en œuvre pour supprimer les impacts du projet sur le régime des nappes et eaux souterraines est mis en place dès la phase étude. En particulier :

- Un « état zéro » est établi pour les différents paramètres (niveau piézométrique, débits, température, pH, teneur en polluants...), et ce dans le but de caractériser les différents aquifères présents sur le tronçon.
- Le suivi de ces paramètres est ensuite réalisé par mesures et analyses chimiques tout au long du chantier.

L'hydrogéologie est un élément essentiel de l'analyse des impacts du projet sur l'environnement. Les risques environnementaux en liaison directe ou indirecte avec l'hydrogéologie sont en effet un enjeu majeur du projet présenté à l'enquête publique, comme le souligne l'avis émis par l'Autorité environnementale sur le dossier le 28 mai 2014. Les méthodes constructives retenues permettent de prévenir les risques liés à la traversée des couches géologiques aquifères.

Il convient également de rappeler que la mesure des impacts du projet au niveau hydrogéologique sera complétée lors des études réglementaires exigées par le code de l'environnement, en particulier le Titre Ier de son Livre II, relatif à l'eau et aux milieux aquatiques et marins. En effet, de nombreuses opérations relèvent de la nomenclature de l'article R.214-1 dudit code et sont soumises à déclaration ou autorisation des services de l'Etat.

2.2 Dissolution du gypse

2.2.1 Description du phénomène

- Qu'est-ce que la dissolution du gypse ?

Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate de calcium, soluble dans l'eau. Cette roche est présente soit sous forme de bancs massifs (Masses et Marnes du gypse en particulier), soit de manière plus diffuse, sous forme de nodules, d'interlits ou de lentilles dans différentes couches géologiques du sous-sol parisien (Calcaire de Saint Ouen ou Marnes et Caillasses par exemple).

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

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

Ce phénomène fait l'objet de plusieurs Plans de Prévention des Risques sur l'ensemble de la région Ile-de-France. Cela signifie que le risque est avéré dans certains secteurs, mais également qu'il est bien identifié et a été étudié, un élément essentiel pour la maîtrise du risque.

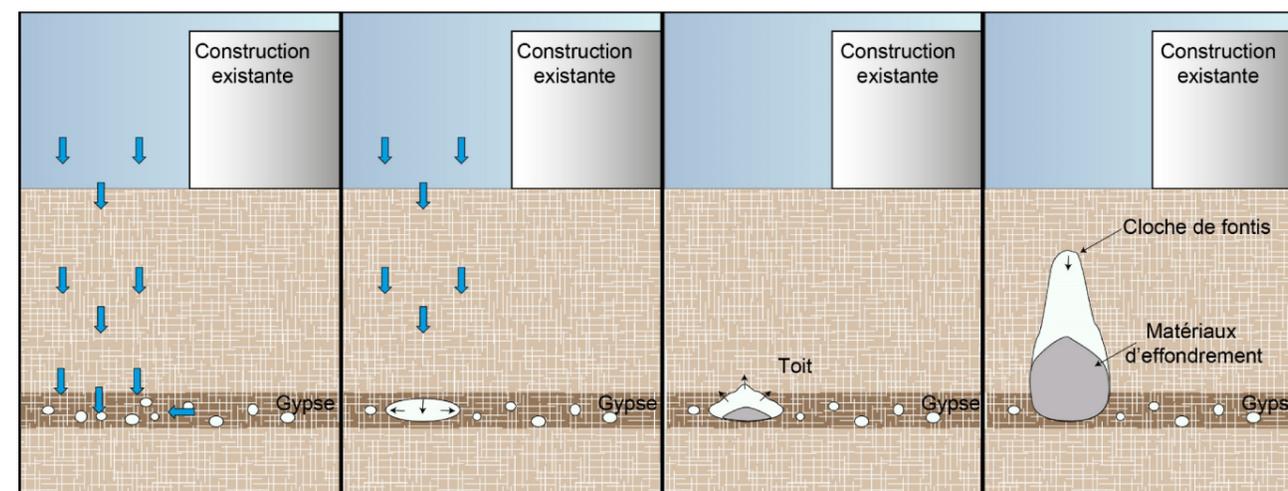


Figure 7 : Phénomène de dissolution du gypse

Nota : il existe un phénomène similaire à la dissolution du gypse, dans les massifs calcaires (Calcaire de Champigny – au nord de la gare de Noisy-Champs). Ce phénomène, appelé karstification, est essentiellement anecdotique dans le bassin parisien et ne présente pas de réels enjeux vis-à-vis du projet.

- Quels pourraient être les enjeux d'un projet de type métro souterrain liés à la dissolution du gypse ?

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

La présence de zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol peuvent être à l'origine de mouvements de terrain (tassements, fontis...) susceptibles de causer des désordres sur le bâti et plus généralement sur les ouvrages situés à l'aplomb et au voisinage des infrastructures du projet.

- Le projet des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel du Grand Paris Express rencontre-t-il des zones gypseuses ?

Le gypse est présent sous deux formes dans la zone rencontrée par le projet :

- dans la formation géologique des Masses et Marnes du Gypse ;
- dans les formations sous-jacentes du Calcaire de Saint-Ouen, des Sables de Beauchamp et des Marnes et Caillasses, sous forme d'imprégnation des matrices calcaires, sableuses et marneuses ainsi que de nodules contenant parfois du gypse cristallisé.



Figure 8 : Fontis

2.2.2 Prise en compte des enjeux dès la conception

Afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet prévoit de limiter autant que possible l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes, qui constitue l'origine de la dissolution du gypse. La conception et les mesures adoptées pour limiter cet impact sont décrites au titre 2.1 précédent.

2.2.3 Localisation des zones d'incidence potentielle

Voir également **rapport G.2 de l'étude d'impact, page 71**.

Dans le secteur de la Plaine de France (entre les gares Saint-Denis Pleyel et Sevran-Livry), le projet est concerné par les formations du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp, ainsi que par celle des Marnes et Caillasses. Le tracé du projet en tant que tel s'inscrit spécifiquement dans le périmètre des zones valant plan de prévention des risques au titre de la dissolution du gypse pour ce qui est de la section comprise entre les gares Le Blanc-Mesnil et Sevran-Livry (voir cartes figurant en **page 63 du rapport G.1** et en **page 73 du rapport G.2** de l'étude d'impact). Toutefois, la répartition des inclusions de gypse dans les couches géologiques concernées présente un caractère aléatoire, ce qui explique la difficulté à circonscrire avec précision les zones à risque. Il est rappelé par ailleurs que la présence de gypse ne constitue pas à elle seule un danger.

Dans le secteur de la butte de l'Aulnoye (autour de la gare Clichy-Montfermeil), le projet traverse localement les Masses et Marnes du Gypse : la portion de tracé interceptant cette formation correspond à un linéaire d'environ 4,5 kilomètres (environ 2 kilomètres au nord et au sud de la gare Clichy-Montfermeil).

Dans tous les cas, le projet de métro impacte le régime d'écoulement des eaux souterraines de façon limitée. Par conséquent, il ne favorise que très faiblement la dissolution du gypse dans les deux secteurs de zones gypseuses traversés.

2.2.4 Mesures mises en œuvre

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

- Des reconnaissances adaptées seront réalisées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques...) : le but est de caractériser le massif et de repérer d'éventuelles décompressions ou vides.
- En fonction du résultat des reconnaissances avant chantier, il pourra être nécessaire de traiter les vides par injection, selon leur taille et la sensibilité de la zone d'influence du creusement (présence de bâti, d'ouvrage sensible, etc.) : cela consiste en la réalisation de forages depuis la surface permettant de remplir les cavités par injection gravitaire de mortier ou de coulis. Le coût de ce type de traitement est très variable selon la profondeur des anomalies (et donc des forages à réaliser) et des volumes en jeu.
- Lors de la construction de l'infrastructure du métro (tunnel, tranchée, gare, ouvrage annexe), si des anomalies supplémentaires étaient repérées, elles donneraient également lieu au même type de traitement.

2.2.5 Méthodes de suivi des effets des mesures

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

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

- *Etude de sensibilité intrinsèque et de vulnérabilité du bâti* : elle consiste à inventorier et à catégoriser le bâti, à définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de consolider les méthodes constructives ainsi que les traitements à mettre en place en cas de terrains décomprimés. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.
- *Mise en place de l'auscultation de surface* : cette auscultation sera mise en place en amont de la phase de chantier (environ une année avant le début des travaux de génie civil), afin de mesurer la respiration naturelle du bâti et des ouvrages, et sera maintenue en phase travaux. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations des phases études (estimations faites par un logiciel de modélisation aux éléments finis). Dans le cas de dépassement des valeurs seuils, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées, le but étant de maîtriser complètement les déformations dans le sol.



Figure 10 : Carotte de gypse issue d'un sondage en région parisienne

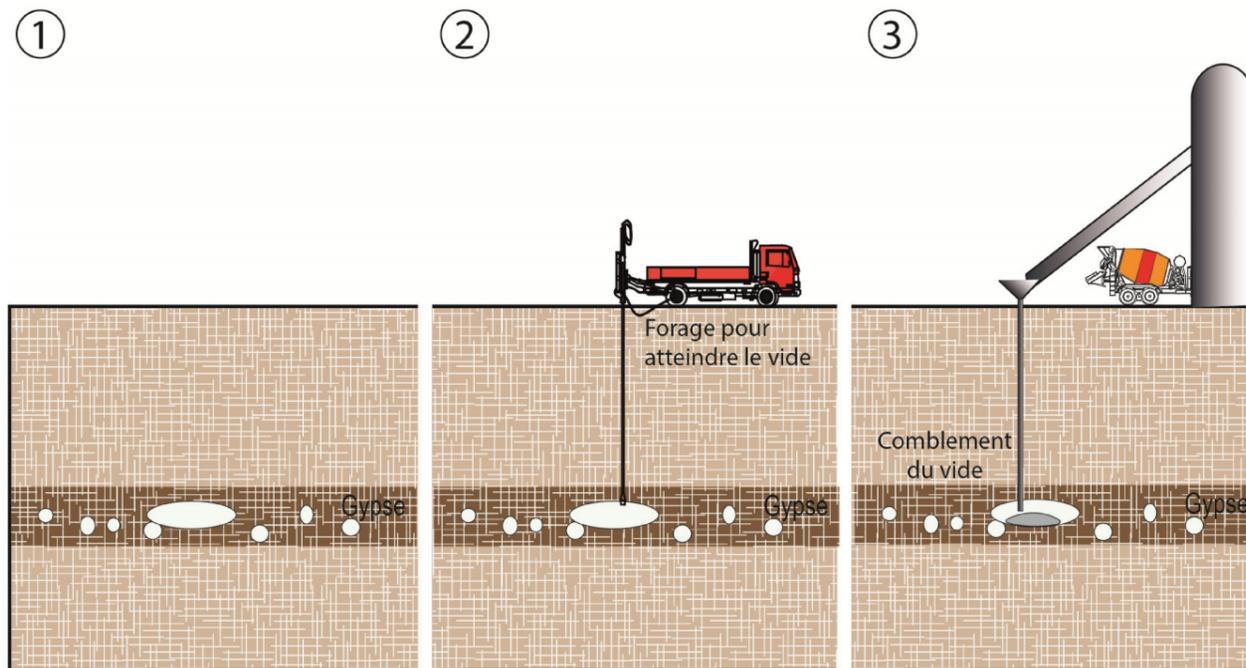


Figure 9 : Principe de comblement d'un vide de dissolution

2.3 Enjeux particuliers liés à la présence d'anciennes carrières

2.3.1 Description

- *Quels sont les types de carrières rencontrés ?*

En proche et moyenne couronnes parisiennes, on rencontre actuellement d'anciennes carrières qui ont servi à l'extraction de matières premières variées :

- pierre à bâtir : calcaire grossier en particulier ;
- plâtre : gypse ;
- ciment, chaux : marnes, craies ;
- industrie : sables...

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

- les **carrières à ciel ouvert**, remblayées après leur exploitation par du tout-venant,
- les **carrières souterraines** avec plusieurs techniques de confortement possibles (cf. figure 11) :
 - ✓ piliers à bras (poteaux montés pour soutenir le ciel de carrière),
 - ✓ par hagues et bourrages : réalisation de murs de pierres sèches (hagues) retenant les déchets non utilisés de l'exploitation de la carrière (bourrages).

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

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

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

Dès la fin de leur exploitation, ces carrières ont été le siège de mouvements verticaux pouvant entraîner des cloches de décompressions dans les terrains sus-jacents, voire dans le cas extrême la formation de fontis (effondrement remontant en surface).

La présence de carrières fait l'objet de Plans de Prévention des Risques (PPR) à l'échelle de l'Ile-de-France. Cela signifie que le risque est avéré dans certains secteurs, mais également qu'il est bien identifié et connu.

Les carrières à ciel ouvert sont souvent remblayées par des matériaux de mauvaise qualité et présentent donc l'inconvénient de constituer des terrains médiocres, sous-consolidés pour la réalisation d'un projet de type métro souterrain. D'une part, la traversée de ces terrains meubles peut perturber le bon avancement du tunnelier. D'autre part, le passage du tunnelier dans des terrains sous-consolidés peut engendrer des tassements en surface difficilement compatibles avec le bâti de surface. L'enjeu est donc d'autant plus fort en présence de bâtis denses ou d'ouvrages particuliers.

Les anciennes carrières souterraines constituent des ouvrages fragiles. Le passage du tunnelier ou la réalisation de travaux à proximité de ces dernières, et donc la modification du milieu en termes de contraintes dans le sol notamment, peut engendrer la remise en cause de l'équilibre précaire des carrières. Les instabilités susceptibles d'apparaître se situent principalement en ciel de carrière (toit de la carrière) pouvant aller jusqu'à des effondrements progressifs de la voûte, voire à des fontis remontant en surface.

Ainsi, la réalisation d'un projet de type métro souterrain à proximité d'anciennes carrières souterraines est susceptible de créer des désordres sur ces dernières : engendrant ainsi des

décompressions dans le sol et donc des tassements pouvant remonter en surface et impacter le bâti, les réseaux et les infrastructures situés à l'aplomb des zones concernées.

Il est important de souligner que le risque lié aux carrières sur un chantier de type métro provient essentiellement de carrières qui n'auraient pas été identifiées préalablement au chantier. Il est donc primordial de connaître parfaitement leur localisation, leur étendue et leur état.

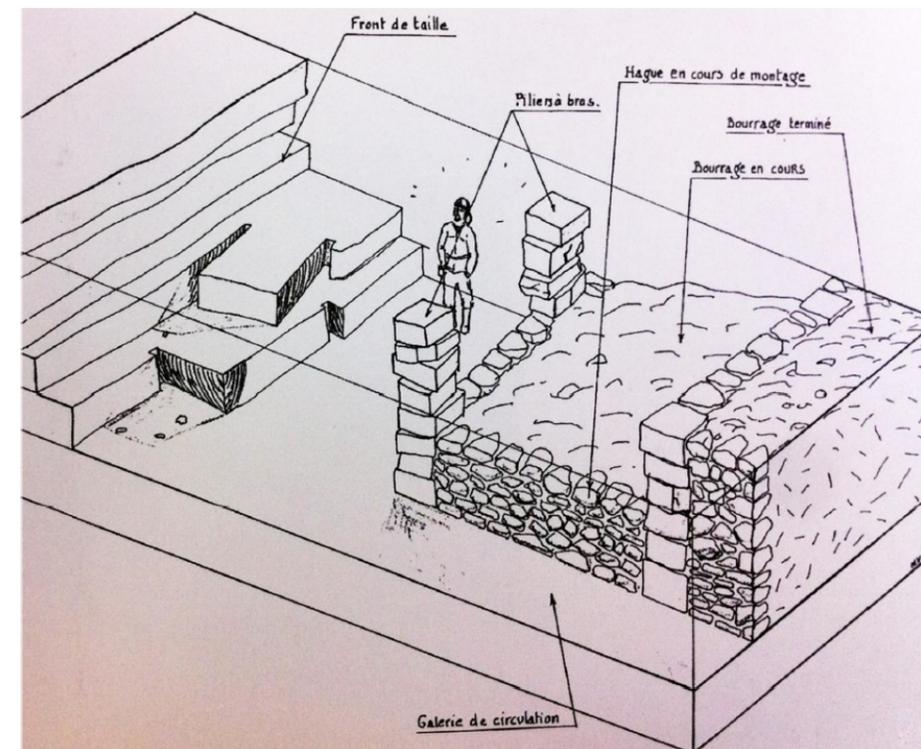


Figure 11 : Ecorché d'une carrière de type hagues et bourrages (figure extraite de « Les souterrains de Paris », édition Nord Patrimoine)



Figure 12 : Ancienne carrière souterraine dans l'ouest parisien

2.3.2 Prise en compte des enjeux dès la conception

Le meilleur moyen de supprimer les risques liés à la présence de carrières est de les contourner ou de s'en éloigner au maximum. La Société du Grand Paris a appliqué ce principe sur l'ensemble du tracé lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

De façon générale, le tracé en plan du projet cherche autant que possible à éviter la traversée de zones de carrières en s'en éloignant au maximum (démarche identique pour les carrières souterraines et les carrières à ciel ouvert).

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée, le profil en long du tunnel est ajusté afin de le faire passer en dessous. En effet, il est d'une part très difficile de passer au travers d'une carrière souterraine, du fait de son équilibre précaire, du manque d'homogénéité des terrains traversés et de leur mauvaise qualité. D'autre part, l'épaisseur de terrain n'est généralement pas suffisante pour faire passer le tunnel au-dessus de la zone de carrières souterraines.

La distance entre la voûte du tunnel et le plancher des carrières est ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de « bon » terrain au-dessus du tunnel. Les hypothèses prises en compte en études préliminaires seront confirmées dans les études à venir, qui permettront d'affiner l'identification et la caractérisation des terrains situés en dessous des carrières afin de définir la bonne distance à retenir entre la voûte et la base de carrière.

Si la carrière s'avérait en trop mauvais état ou si la distance entre la voûte et la base de la carrière était trop faible, des traitements pourraient être mis en place, afin que la stabilité d'ensemble du massif soit préservée. Les études et les investigations à venir permettront d'identifier ces zones très précisément.

2.3.3 Localisation des zones d'incidence potentielle

Le service de l'Inspection Générale des Carrières (IGC) est chargé du recensement de ces anciennes carrières, et un zonage spécial a été intégré aux Plans de Prévention des Risques pour prendre en compte ce risque d'effondrement. L'analyse de ces documents est synthétisée sur la carte figurant en **page 74 du rapport G.2** de l'étude d'impact.

Sur le linéaire du projet, la zone d'exploitation souterraine du gypse concerne principalement les communes de Livry-Gargan, Clichy-sous-Bois, Montfermeil et Chelles (secteur de la butte de l'Aulnoye).

Le tunnel évite quasiment toutes les zones de carrières répertoriées, à l'exception d'une portion de tracé très localisée comportant un ouvrage annexe. Le risque est donc très limité géographiquement sur le projet faisant l'objet de l'enquête publique. Le projet prévoit néanmoins la mise en œuvre de différentes mesures, décrites au titre suivant.

2.3.4 Mesures mises en œuvre

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

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

L'ensemble des zones répertoriées ci-dessus a déjà fait l'objet d'études et de reconnaissances. Ces reconnaissances vont se poursuivre, les résultats obtenus seront intégrés aux études à venir et permettront ainsi de définir avec précision :

- les zones à traiter, tant en termes de surface que de volume au cas par cas ;
- les techniques de comblement et/ou de confortement à mettre en œuvre.

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

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

Des injections ou comblements des carrières nécessitant un confortement pourront être mis en place. Plusieurs techniques sont possibles ; le traitement retenu dépendra de différents paramètres dont la distance entre le plancher de la carrière et la voûte du tunnel, le mode de stabilisation pré-existant de la carrière, l'état de la carrière, la densité du bâti en surface, la nature des terrains, etc. Deux grandes techniques existent :

- o injection depuis la surface grâce à des forages afin de combler les carrières avant la réalisation du tunnel (cf. figure 13) ;
- o comblement à pied d'œuvre : réalisation du comblement depuis les galeries des carrières, mise en place de murs masques (cf. figure 14) et remplissage par mortier à l'arrière.

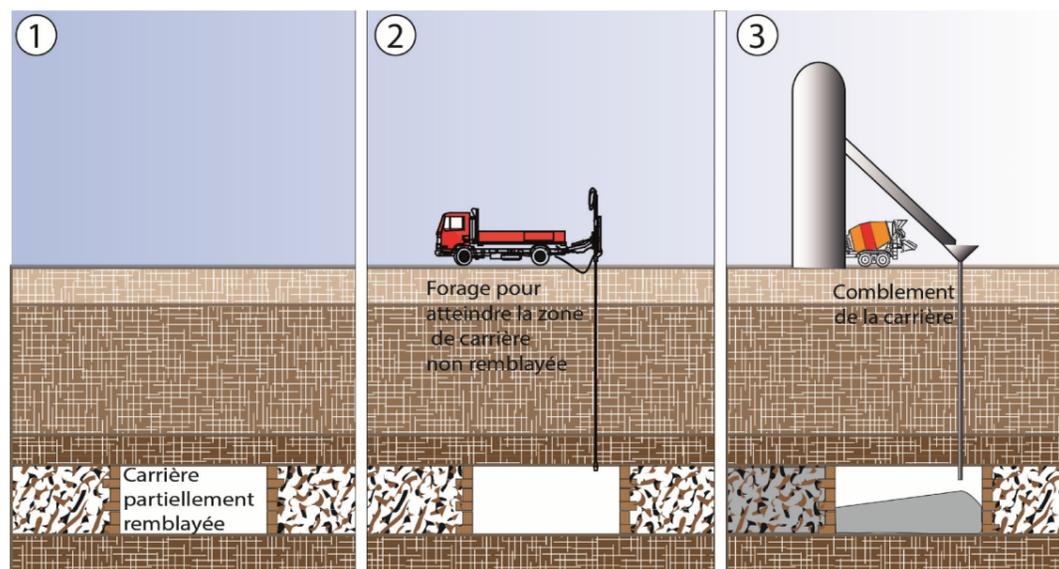


Figure 13 : Principe d'injection d'une ancienne carrière souterraine



Figure 14 : Mise en place d'un mur masque dans une ancienne carrière souterraine avant injection de la carrière

2.3.5 Méthodes de suivi des effets des mesures

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

Par ailleurs, une méthode observationnelle sera mise en place. Elle s'appuiera sur l'étude de sensibilité intrinsèque et de vulnérabilité du bâti ainsi que sur la mise en place de l'auscultation de surface, dispositions décrites plus haut dans le présent document.

2.4 Retrait et gonflement des argiles

2.4.1 Description du phénomène

- *Qu'est-ce que le phénomène de retrait/gonflement des argiles ?*

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

L'argile voit sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Elle est dure et cassante lorsqu'elle est desséchée, elle devient plastique et malléable à partir d'un certain niveau d'humidité. Ces variations de consistance s'accompagnent de variations de volume, dont l'amplitude peut s'avérer très importante.

- *Quels pourraient être les impacts d'un projet de type métro souterrain sur le retrait/gonflement des argiles ?*

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de retrait/gonflement des argiles en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraines.

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

Par ailleurs, la réalisation de terrassements à ciel ouvert est susceptible d'exposer des argiles aux aléas météorologiques alors qu'elles étaient jusqu'à présent protégées, favorisant également leur retrait/gonflement.

- *Dans le cadre d'un projet de type métro souterrain, quels pourraient être les impacts du retrait/gonflement des argiles sur l'environnement ?*

Les variations de volume générées par le retrait des argiles provoquent des tassements qui se manifestent par des désordres sur les ouvrages. A contrario, le phénomène de gonflement peut provoquer des soulèvements (en champ libre, c'est-à-dire si l'argile n'est pas contrainte) ou des sur-contraintes (pression de gonflement sous un radier de gare par exemple).

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

Ce phénomène fait l'objet de Plans de Prévention des Risques en Ile-de-France. Cela signifie que le risque est avéré dans certains secteurs, mais également qu'il est bien identifié et a été étudié.



Figure 15 : Argile plastique

- *Le projet des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel du Grand Paris Express rencontre-t-il des zones argileuses ?*

Le projet composé des tronçons Noisy-Champs – Saint-Denis Pleyel et Mairie de Saint-Ouen – Saint-Denis Pleyel recoupe les Argiles vertes considérées comme fortement sensibles.

Les principaux secteurs concernés sont les suivants :

- la butte de l'Aulnoye, qui est surmontée en tête par la série Calcaire de Brie – Argiles vertes ;
- le coteau menant au plateau de Noisy-Champs qui est également surmonté en tête par la série Calcaire de Brie – Argiles vertes.

2.4.2 Prise en compte des enjeux dès la conception

Les Argiles vertes sont situées dans la partie haute de la série géologique ; une gare et certains ouvrages annexes (plateau de l'Aulnoye) traversent cette couche et s'ancrent plus bas. Par conséquent, du fait des méthodes constructives retenues (parois moulées), les Argiles vertes ne sont jamais exposées aux intempéries météorologiques. Quant à la partie courante, le tunnel s'inscrit systématiquement sous cette couche, par choix de conception du maître d'ouvrage : l'impact est donc nul.

2.4.3 Localisation des zones d'incidence potentielle

De façon générale, aucune incidence potentielle significative n'est à prévoir sur les tronçons excavés au tunnelier, ni sur les gares. En effet, la réalisation du tunnel au tunnelier ainsi que celle des gares selon la méthode des parois moulées permettent de limiter au strict minimum l'impact du projet sur le régime d'écoulement des eaux souterraines. Par ailleurs, en phase d'exploitation, les phénomènes météorologiques n'ont aucun impact sur les sections souterraines du projet.

L'enjeu reste mineur à l'échelle du projet.

2.4.4 Mesures mises en œuvre

- *Dispositions constructives*

L'impact du projet sur le phénomène de retrait/gonflement des argiles ne représente pas d'enjeu majeur pour l'environnement.

En revanche, les ouvrages du projet seront soumis comme toute autre construction à cet aléa. Par conséquent, les ouvrages seront dimensionnés pour résister à ces phénomènes.

- *Mesures spécifiques*

Les dispositions constructives adoptées au niveau des ouvrages à ciel ouvert permettent de limiter au strict minimum les mouvements de nappes, ce qui évite d'agir sur l'état hydrique des argiles présentes autour de ces gares.

En phase chantier, des dispositions constructives spécifiques pourront être mises en œuvre afin de préserver ces matériaux sensibles de toute venue d'eau. En particulier, lors des terrassements atteignant cette couche argileuse, des mesures spécifiques pourront être mises en œuvre afin de ne pas exposer ces sols aux conditions météorologiques (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des géosynthétiques par exemple).

2.4.5 Méthodes de suivi des effets des mesures

Au vu des mesures de réduction mises en œuvre dans la conception du projet, ainsi que de l'ampleur en conséquence très limitée du phénomène concerné, il n'y a pas de disposition spécifique à mettre en place dans le cadre du suivi des mesures. L'infrastructure du métro, comme toute infrastructure, fera l'objet au cours de son exploitation d'un suivi régulier, permettant de la maintenir efficacement.

2.5 Prise en compte du bâti, des réseaux et des infrastructures

2.5.1 Prise en compte des enjeux dès la conception

Le projet de réalisation des tronçons Saint-Denis Pleyel – Noisy-Champs et Saint-Denis Pleyel – Mairie de Saint-Ouen du Grand Paris Express s'inscrit dans une zone densément urbanisée (hors zones Natura 2000).

La manière la plus efficace de limiter les risques sur les ouvrages existants est d'en éloigner au maximum le projet, dans la mesure du possible. Dès le stade des études préliminaires qui ont servi de support à l'étude d'impact, le recensement des bâtis, des infrastructures et des réseaux existants sensibles a été pris en compte dans la conception du projet.

Les précautions suivantes ont été prises pour limiter les impacts potentiels recensés au titre précédent :

- La profondeur du tunnel est telle qu'il se situe largement sous les fondations superficielles des ouvrages.
- La profondeur des fondations des immeubles de grande hauteur ou bâtis sur fondations profondes a été recensée ou estimée afin de caractériser le bâti et d'identifier les zones à éviter.
- Le tracé en plan du tunnel évite au maximum ces obstacles profonds lorsque cela est possible.
- La méthode de réalisation des tunnels par tunnelier, qui permet de maîtriser les tassements grâce au confinement de la chambre d'abattage, est privilégiée.
- En revanche, pour la majorité des ouvrages à ciel ouvert (tranchées et gares en particulier), la réalisation de fouilles de grande profondeur en milieu urbain est souvent nécessaire. La technique retenue des parois moulées permet de limiter les impacts potentiels de la réalisation de ces ouvrages sur le bâti existant.

2.5.2 Localisation des zones d'incidence potentielle

- *Bâti*

En présence de bâti en surface, l'impact potentiel des travaux sur ce dernier est caractérisé sur la base de plusieurs critères :

- *Profondeur du tunnel* : plus la couverture au-dessus du tunnel est importante, ou plus le tunnel est profond par rapport au bâti et ses fondations, moins le projet de métro a d'impact sur le bâti.
- *Nature des terrains situés en couverture* : certains terrains ont des caractéristiques mécaniques médiocres ; à l'échelle du projet, on trouve notamment des alluvions, des remblais ou des éboulis, les Argiles vertes sur certaines sections de tracé en surface. Inversement, certains terrains sont considérés comme solides et contribuent à la stabilité du bâti en surface, notamment lorsqu'ils se trouvent au-dessus du tunnel ; à l'échelle du projet, on trouve notamment le Calcaire de Brie ou le Calcaire de Champigny sur la fin du tracé.
- *Etat du bâti* (potentiel de vulnérabilité face aux travaux à entreprendre) ;
- *Etat des sols* : vides de dissolution, carrières, etc...

Au regard de ces différents critères, plusieurs sections du projet n'ayant pu éviter ces zones d'incidence potentielle ont fait l'objet d'une attention particulière :

- un immeuble R+9 à proximité immédiate du tracé à La Courneuve,
- des immeubles R+4 et R+5 à cheval de l'axe du tracé à La Courneuve,
- un ensemble d'immeubles R+7 avec parking sous dalle au droit du bitube Nord de la ligne 17, à l'est de la gare du Bourget RER,
- des immeubles R+5 et R+6 avec parking souterrain au droit du tunnel de la ligne 16, à l'est de la gare du Bourget RER,
- un immeuble de bureau R+5 à proximité immédiate du tracé au Bourget,
- un immeuble d'habitation R+4 au droit du tracé et des immeubles R+5 à proximité immédiate du tracé au Blanc-Mesnil,
- la mosquée d'Aulnay-sous-Bois,
- des immeubles R+5 et R+8 avec parking souterrain sur deux niveaux au sud de la RN2, à Aulnay-sous-Bois,
- des immeubles R+10 à proximité immédiate du tracé, à Aulnay-sous-Bois,
- des immeubles R+6/7 au droit du tracé, à Aulnay-sous-Bois,
- des immeubles R+5/6 au droit du tracé du tunnel au nord de la gare de Sevrans-Beaudottes, à Sevrans,
- des immeubles R+13 à proximité immédiate du tracé au nord de la gare de Sevrans-Livry, à Sevrans,
- des immeuble R+10 à proximité du tracé, à Livry-Gargan,
- des immeubles R+5, R+6 et R+7 sur le plateau de Clichy - Montfermeil ainsi que deux tours R+17 à proximité du tracé, à Clichy-sous-Bois,
- la Tour Utrillo, à Montfermeil,
- deux immeubles R+12 entre lesquels s'inscrit le tracé du tunnel, à Chelles,
- des immeuble R+8, R+9 et R+10 à proximité du tracé dans le quartier de la Cressonnière, à Chelles,
- l'Hôtel des Impôts au nord de la gare de Chelles,
- un parking de rabattement pour les véhicules particuliers en structure fondé sur pieux au sud de la gare de Chelles, à Chelles,
- un lotissement sur des zones d'éboulis, à Champs-sur-Marne.

Le projet a également tenu compte des projets de futurs bâtiments prévus dans le cadre du Projet de Rénovation Urbaine du plateau de Clichy - Montfermeil et des futures démolitions associées.

- *Infrastructures*

De façon générale, le tracé du tunnel évite les infrastructures existantes. Cependant, le projet passe à proximité d'un certain nombre d'ouvrages identifiés dès les études préliminaires :

- le faisceau ferré du Landy à Saint-Denis (RER D, Transilien, Eurostar, Thalys, TGV), sous lequel s'inscrit le tracé,
- la plate-forme du tramway T1 et l'autoroute de liaison A1/A86 à La Courneuve, sous lesquelles s'inscrit le tracé,
- les autoroutes A86 et A1, notamment le viaduc « Saint-Denis » de l'A86 au droit du canal Saint-Denis à Aubervilliers,
- les routes N301, N186 au Carrefour des Six Routes,
- le Canal Saint-Denis,
- l'ouvrage d'art de la RN2 à l'ouest de la gare du Bourget RER,
- les fondations de l'ouvrage existant de la Grande Ceinture ferroviaire et de l'ouvrage d'art du futur Tram Express Nord, fondé sur pieux profonds,
- les voies du réseau ferré national au niveau des communes du Bourget et de la Courneuve,
- l'ouvrage d'art de la D30, au Bourget, à proximité duquel passe le tracé,
- le canal de la Morée, au Blanc-Mesnil,
- les ouvrages d'art de l'échangeur N2/A3, à Aulnay-sous-Bois et au Blanc-Mesnil,
- les ouvrages d'art de la voie ferrée de desserte de Garonor et PSA, à Aulnay-sous-Bois,
- la gare en souterrain du RER B (tranchée couverte) à l'ouest de la gare de Sevrans-Beaudottes,
- le faisceau ferroviaire de la gare de Sevrans-Livry, à Sevrans,
- le passage sous le canal de l'Ourcq, à Sevrans,
- le bassin de rétention du parc de Badier, à Sevrans,
- l'aqueduc de la Dhuis, à Clichy-sous-Bois,
- les ouvrages du réseau ferré national (LGV, Transilien, RER) au niveau de la gare de Chelles avec les fondations des ouvrages de type viaduc et murs de soutènement,
- le canal de Chelles, à Chelles, sous lequel s'inscrit le tracé.

Le projet a également tenu compte de l'implantation de la future plateforme du tramway T4, prévue dans le cadre de son prolongement à Montfermeil.

- *Réseaux*

Assainissement : le projet rencontre le réseau SIAAP en deux endroits différents :

- au niveau de la gare du Bourget RER (ϕ 2500),

- à proximité du puits P21 au niveau de l'échangeur RN2/A3 (collecteur en cours de réalisation), à Aulnay-sous-Bois.

Le projet est également en interface avec le réseau d'assainissement départemental de la Seine-Saint-Denis :

- au niveau de la gare du Bourget RER, sous la RN2 (ovoïde 190/100),
- au niveau de la gare de Sevrans-Beaudottes sous l'avenue Salvador Allende et l'avenue Dumont d'Urville (canalisations EP/EU ϕ 2000 et ϕ 800),
- à proximité de la gare de Sevrans-Livry, sous l'avenue Henri Barbusse (ovoïde EP section 120/50 cm),
- au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil (canalisations EP/EU sous la rue Utrillo, ϕ 800 et ϕ 300).

Canalisations de transport de gaz : les interfaces du tronçon avec le réseau GRT gaz ont fait l'objet de plusieurs échanges entre GRT gaz, la SGP et les bureaux d'études en charge des études préliminaires, définissant les principales contraintes à prendre en compte.

Les secteurs en interface sont les suivants :

- la gare du Bourget RER (canalisation sous la RN2, DN200),
- à proximité de la gare d'Aulnay (canalisation sous la rue Paul Cézanne, DN100 entouré de protection en dalles en polyéthylène)
- à proximité du puits P32, à Aulnay-sous-Bois, une canalisation de gaz haute pression passe sous l'avenue de Savigny et la rue Claude Debussy (côté est du carrefour giratoire), à proximité immédiate du puits projeté,
- gare de Sevrans Livry : présence d'une canalisation au nord du canal de l'Ourcq (DN300, dans l'emprise souterraine de la gare) et d'une seconde sous l'avenue du Maréchal Lyautey (DN150, au sud de la gare),
- à proximité du puits P61, à Montfermeil, sous l'avenue Jean Jaurès, DN150,
- à proximité du puits P63, à Chelles, présence d'une canalisation de gaz haute pression sous les chemins du Beauzet et de la Peau Grasse, en partie superposée à l'emprise chantier du puits et à proximité immédiate de celui-ci,
- à proximité du puits P72, à Gournay-sur-Marne, sous le carrefour entre l'avenue du Maréchal Joffre et le boulevard Guy Môquet, DN150.

Canalisation de pétrole : le projet de métro est concerné par une seule canalisation TRAPIL, à Aubervilliers au bord du canal Saint-Denis, là où est prévu un puits de départ de tunnelier. En accord avec TRAPIL, cette canalisation fait l'objet d'un dévoiement préalablement à l'acquisition par la Société du Grand Paris de la parcelle concernée.

Canalisations de chauffage urbain :

Les secteurs en interface sont les suivants :

- la gare de Sevrans-Beaudottes (canalisation sous l'avenue Salvador Allende ϕ 311-324, et sous l'avenue Raoul Dautry ϕ 70-76) ;

- le puits P33, à Aulnay-sous-Bois : un réseau de chauffage urbain est présent au nord-est du carrefour Robert Schuman et longe les rues Ambroise Paré et du Docteur Fleming ;
- le puits P64, à Chelles : présence d'un réseau de chauffage urbain en bordure ouest du groupe scolaire Les Aulnes et au sud de l'allée de la Noue Brossard.

Canalisations de transport d'énergie :

Les secteurs en interface sont les suivants :

- au niveau de l'arrière-gare du Bourget (ligne électrique souterrain 225kV, à l'ouest de l'avenue de la Division Leclerc),
- à proximité du puits P11, au Bourget : présence d'une ligne très haute tension souterraine (225kV) sous la rue du Commandant Rolland (profondeur : 0,85 m),
- à proximité du puits P12, au Bourget : présence d'une ligne très haute tension souterraine (225kV) sous la rue du Parc et entre les entrepôts,
- au sud-est du puits 53 à Clichy-sous-Bois : présence de deux lignes HT et THT aériennes (63KV et 225 kV), avec un pylône situé à proximité du puits.

Table des figures

Figure 1 :	Nappe d'eau souterraine affleurant lors de travaux de terrassement	9
Figure 2 :	Principe de l'effet barrage.....	10
Figure 3 :	Rabattement de nappe.....	11
Figure 4 :	Les deux configurations permettant de réaliser une enceinte de gare quasiment étanche : parois moulées ancrées dans une couche imperméable ou ajout d'un bouchon injecté	13
Figure 5 :	Etapas de réalisation des parois moulées.....	13
Figure 6 :	Mise en place d'une cage d'armatures dans un panneau de paroi moulée	14
Figure 7 :	Phénomène de dissolution du gypse	15
Figure 8 :	Fontis	16
Figure 9 :	Principe de comblement d'un vide de dissolution	17
Figure 10 :	Carotte de gypse issue d'un sondage en région parisienne.....	17
Figure 11 :	Ecorché d'une carrière de type hagues et bourrages (figure extraite de « Les souterrains de Paris », édition Nord Patrimoine).....	18
Figure 12 :	Ancienne carrière souterraine dans l'ouest parisien.....	18
Figure 13 :	Principe d'injection d'une ancienne carrière souterraine.....	20
Figure 14 :	Mise en place d'un mur masque dans une ancienne carrière souterraine avant injection de la carrière	20
Figure 15 :	Argile plastique	21

Annexe

Avis d'Airparif relatif au volet Air de l'étude d'impact du réseau de transport public du Grand Paris (octobre 2012)



Surveillance de la qualité de l'air
en Île-de-France

Avis relatif au volet Air de l'étude d'impact du réseau de transport public du Grand Paris

Document final

Octobre 2012

AIRPARIF - Surveillance de la Qualité de l'Air en Île-de-France

Pôle Études

7, rue Crillon 75004 PARIS - Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - www.airparif.asso.fr

Contexte

Dans le cadre des travaux sur la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris, la Société du Grand Paris a sollicité Airparif pour une assistance à maîtrise d'ouvrage sur le volet Air de l'étude d'impact environnementale globale du projet. L'étude d'impact a été réalisée par la société Stratec.

La réalisation du réseau de transport public du Grand Paris est un projet majeur pour l'agglomération parisienne avec des infrastructures dont l'extension impliquera des changements à l'échelle de l'agglomération (de par son impact sur la démographie, les emplois et les déplacements induits). L'ampleur de ces changements nécessite une évaluation de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération parisienne, soit une grande partie de la zone de compétence d'Airparif.

Les enjeux de la qualité de l'air en Ile-de-France pour les années à venir

La qualité de l'air de la région Ile-de-France est marquée chaque année à proximité du trafic routier par des dépassements chroniques des normes, avec notamment des niveaux élevés de concentrations en dioxyde d'azote (NO₂) et de particules (PM₁₀ et PM_{2.5}). Suivant les conditions météorologiques rencontrées, chaque année, se sont entre 1.8 et 3.6 millions de franciliens qui sont potentiellement exposés à des concentrations dépassant les valeurs limites imposées par la réglementation. Pour ces 3 polluants, aucune tendance à la baisse n'est observée à proximité du trafic routier.

Les évolutions technologiques, en lien avec le durcissement des normes européennes, devraient permettre de rendre les transports routiers de moins en moins polluants. Pour les prochaines années, les émissions de polluants des motorisations thermiques¹ devraient diminuer et l'on devrait observer une pénétration plus importante dans le parc de véhicules peu polluants (véhicules hybrides rechargeables ou non, véhicules 100 % électriques). Cependant, la proportion de véhicules à motorisation diesel et du type de système de dépollution (filtre à particules) utilisé aura un impact important sur l'évolution de la qualité de l'air². En effet, la diésélisation du parc est sans doute à l'origine de la stagnation des concentrations en dioxyde d'azote à proximité du trafic routier constatée sur le réseau de mesures d'Airparif.

Les évolutions technologiques ne pourront cependant pas résoudre les problèmes de dépassement des valeurs limites de qualité de l'air, nécessitant une baisse drastique des émissions ni les problèmes de congestion chronique existants sur de nombreux axes du réseau routier francilien. D'année en année, le besoin de mobilité s'accroît et les déplacements en transport en commun des franciliens augmentent alors que l'usage de la voiture a tendance à

¹ Les normes Euro abaissent régulièrement les valeurs maximales d'émission de polluants, en particulier NOx et PM (la nouvelle norme Euro 6 entrera en vigueur en 2015 ; il est question qu'elle intègre des valeurs maximales d'émission de NO₂ à l'échappement)

² Voir le rapport d'expertise collective et l'avis de l'Anses publié en 2009 : « Emissions de dioxyde d'azote des véhicules diesel : impact des technologies de post-traitement sur les émissions de dioxyde d'azote et aspects sanitaires associés »

stagner globalement en Ile-de-France mais à croître en grande couronne (cf. les résultats de l'Enquête Globale des Transports réalisée en 2010³).

L'étude d'impact

L'étude d'impact a été construite sur des hypothèses permettant d'évaluer au mieux, compte-tenu des données disponibles, la qualité de l'air à l'horizon 2035. Faire des projections de tous les paramètres influant sur la qualité de l'air francilien (trafic routier, parc des véhicules en circulation, pollution de fond) pour un horizon 2035 est un exercice difficile. Les hypothèses utilisées ont été choisies de façon à réaliser la meilleure estimation possible de l'impact de l'infrastructure compte-tenu des éléments disponibles lors de la réalisation de l'étude d'impact.

Concernant la population, elle influence de façon indirecte la qualité de l'air de par son impact sur les déplacements. L'étude mentionne que « le niveau de précision des données transmises par le Maître d'Ouvrage ne permet pas, à ce stade d'élaboration du projet, une analyse fine des effets du Grand Paris Express sur la démographie francilienne ». L'évolution démographique est notamment basée sur une hypothèse d'un projet d'infrastructure lourde en rocade (Arc express), qui a été abandonné.

Les estimations de trafic routier qui ont été faites à partir des données « population+emploi » disponibles pourraient donc être modifiées par une répartition différente des populations et des emplois. Cependant, l'évaluation globale du projet a été faite à partir d'une seule et même hypothèse (avec ou sans projet de réseau de transport public), permettant ainsi d'évaluer son impact global.

Les calculs d'émission et de concentrations en polluants à l'horizon 2035 ont été effectués avec l'hypothèse d'une évolution technologique limitée à la norme Euro 6⁴, conformément aux connaissances actuelles et à défaut de connaître les prochaines normes qui entreront en vigueur d'ici 2035.

Les concentrations de fond utilisées dans l'étude sont basées sur les travaux réalisés dans le cadre du Plan de Déplacement de la Région Ile-de-France (PDU⁵) et du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) pour un horizon 2020. L'évaluation de la qualité de l'air réalisée pour le PPA est la meilleure estimation disponible actuellement pour l'Ile-de-France. Son utilisation permet d'avoir des niveaux de fond prospectifs afin d'évaluer l'impact du réseau de transport public du Grand Paris.

La méthodologie utilisée pour calculer les émissions de polluants et les concentrations dans l'air à l'échéance du projet permet de reproduire les ordres de grandeur des concentrations en NO₂ et PM₁₀ observées pour l'année 2005. Ainsi, le modèle de dispersion utilisé permet d'évaluer globalement l'impact général du projet. Toutefois, il ne permet pas d'évaluer précisément des impacts locaux.

Cette méthodologie et ces hypothèses ont permis d'évaluer l'impact global du projet sur la qualité de l'air à l'horizon 2035 de la région Ile-de-France.

³ Premiers résultats disponibles sous <http://www.stif.info/les-transport-aujourd-hui/observation-mobilite/mobilite-franciliens/enquete-global-transport-2010-4482.html>

⁴ Les normes Euro 7 et suivantes devraient entraîner une diminution encore plus importante des émissions de polluants à l'horizon 2035.

⁵ Le PDU est consultable sous <http://pdu.stif.info/>

L'étude montre que les infrastructures de transport de l'ampleur du réseau de transport public du Grand Paris vont impacter les déplacements motorisés des Franciliens, et entraîner une baisse globale du trafic routier et de la congestion; cet effet, conjugué à l'évolution naturelle du parc roulant vers des véhicules plus propres, va entraîner une baisse des émissions de polluants associées. La conséquence est un impact positif global sur les concentrations en proximité du trafic routier notamment sur des axes à fort enjeu qualité de l'air tels que le boulevard périphérique et les autoroutes desservant Paris. L'étude montre cependant un accroissement des niveaux pour quelques axes.

Concernant l'impact sur l'exposition de la population, l'étude permet de montrer une tendance favorable. Elle met en évidence une baisse de 2.5 % du nombre de personnes potentiellement concernées par des dépassements de la valeur limite en NO₂ et une baisse de 1.5 % pour des dépassements de l'objectif de qualité en PM₁₀⁶. Une étude plus approfondie permettrait de consolider ces chiffres notamment pour décrire plus précisément les impacts locaux (la méthode utilisée pour décrire les champs de concentrations en polluants ne permet pas de décrire la décroissance des niveaux de polluants en fonction de l'éloignement à l'axe routier et ne tient pas compte de la présence éventuelle de bâtiments; elle a donc tendance à moyenniser l'impact du trafic routier sur l'exposition des populations).

L'incertitude sur la démographie francilienne entraîne de facto une incertitude sur la localisation de la population et donc sur son exposition aux polluants atmosphériques. Lorsque cette incertitude sera levée, une attention particulière devrait être apportée pour minimiser autant que faire se peut l'exposition liée aux mouvements démographiques induits par le réseau de transport public du Grand Paris (l'échelle géographique optimale pourrait se situer au niveau des contrats de développements territoriaux (CDT) prévus en accompagnement du réseau de transport public du Grand Paris).

L'étude d'impact mentionne qu'une optimisation des déplacements induits par le chantier est prévue afin de minimiser l'impact de celui-ci sur la qualité de l'air, ce qu'il faut souligner compte-tenu de l'ampleur des chantiers prévus.

Les points de vigilance

Certaines gares du futur réseau de transport public du Grand Paris devraient générer un trafic routier supplémentaire lié au transfert modal de la route vers le transport public à partir de ces gares. Ainsi des futures gares situées dans des zones avec une problématique de qualité de l'air préexistante à l'implantation du nouveau réseau pourraient voir augmenter les nuisances. Si de telles gares devaient être identifiées, seule une étude approfondie permettrait de décrire les concentrations en polluants de manière raffinée. En effet, la méthode utilisée dans l'étude d'impact globale n'a pas la finesse spatiale requise pour évaluer les changements d'exposition des riverains et voyageurs induits par les modifications de trafic routier.

La qualité de l'air intérieur du futur réseau devra bénéficier d'une attention particulière, que ce soit au niveau de l'implantation du système d'aération afin de minimiser l'entrée d'air pollué de l'extérieur vers l'intérieur du réseau ou au niveau des émissions de particules liées au matériel roulant utilisé. Il faut souligner que ce point est mentionné explicitement dans le document : « Des choix éclairés en ce qui concerne le matériel roulant le moins émetteur de particules et des

⁶ La méthodologie utilisée permet de dégager des tendances globales, les résultats obtenus ne sont pas directement comparables avec les évaluations d'exposition menées par Airparif. Les travaux d'Airparif utilisent un modèle à haute résolution de la qualité de l'air à proximité du trafic

aménagements spécifiques permettant de limiter l'exposition des usagers (protection des quais et des gares, isolation des rames, aération adéquate, systèmes de filtration,...) devraient cependant permettre de minimiser l'exposition des usagers du métro et de renforcer son intérêt par rapport aux autres modes de transport en commun. »

Conclusion

Cette étude d'impact globale est basée sur des hypothèses et une méthodologie adaptée à l'évaluation de l'impact global de l'infrastructure. Elle montre que le projet de réseau de transport public du Grand Paris entrainera une légère baisse du trafic routier. Cette baisse de trafic se traduira par une diminution des émissions de polluants, entraînant ainsi une évolution globalement positive de la qualité de l'air.

Pour une évaluation plus locale, l'incertitude sur la localisation de la population devrait être levée et la méthodologie de dispersion des polluants devrait être adaptée à la problématique de la pollution de proximité du trafic routier en milieu urbain.

En conclusion, la baisse du trafic routier sur certains axes majeurs devrait entraîner une baisse des niveaux en polluant auxquels la population est exposée. Les axes pour lesquels le trafic serait augmenté par la réalisation de l'infrastructure devraient nécessiter une attention particulière afin d'évaluer finement l'impact sur les concentrations de polluants dans l'air et l'exposition de la population.



Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr