

4.2 Les principaux types d'ouvrages et leurs caractéristiques

Une ligne de métro souterrain nécessite plusieurs types d'ouvrages pour assurer son bon fonctionnement.

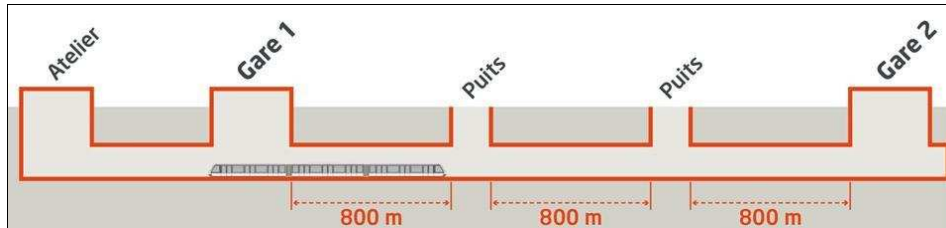
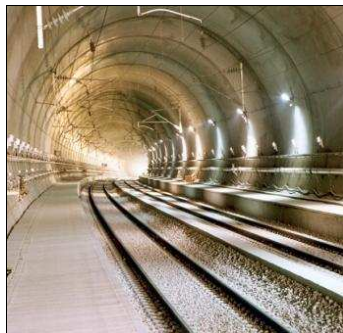


Schéma de principe d'une ligne de métro souterrain

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit la construction et l'exploitation des ouvrages suivants :

- **33 kilomètres de tunnel.** Du fait du recours à la méthode de creusement au tunnelier, des **puits d'entrée et de sortie** de ces équipements sont nécessaires.
- **16 gares** qui permettent d'assurer l'entrée et la sortie des usagers entre l'infrastructure souterraine. Ces gares comprennent des services pour assurer le confort des usagers.
- **38 ouvrages annexes** qui permettent d'assurer la sécurité du dispositif. En application de la réglementation, ces ouvrages sont nécessaires tous les 800 mètres le long de la ligne. 3 d'entre eux sont considérés comme spéciaux (entonnement, débranchement...).
- **2 sites de maintenance**, ces installations industrielles permettent d'assurer la maintenance de l'infrastructure et des trains.
- **3 plates-formes fluviales.** Au vu de la quantité de déblais liés aux phases de creusement du tunnel, des plates-formes fluviales sont prévues à proximité de la Seine pour assurer une évacuation des déblais par barges, et ainsi limiter le recours aux camions.
- **2 plates-formes ferroviaires.** Elles permettent l'évacuation des déblais au niveau de Bry-Villiers-Champigny et de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.



Vue de principe d'un tunnel de métro

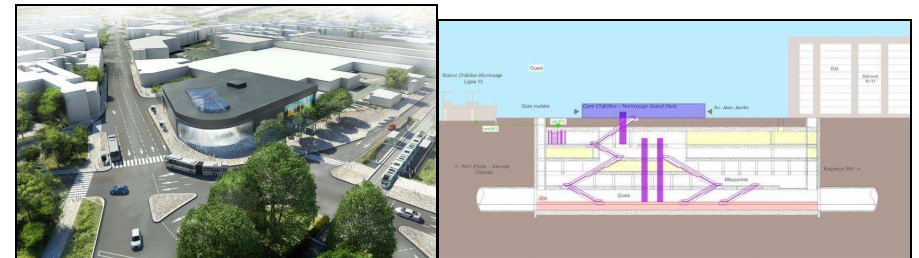


Schéma et vues de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud



Vues de principe d'un ouvrage annexe



Vue de principe d'un site de maintenance

4.2.1 Le tunnel et les puits de tunnelier

La section courante du tunnel ferroviaire réalisé dans le cadre du projet permet l'installation de deux voies de circulation. Le tunnel a un diamètre extérieur de 10 mètres environ.

La géométrie du tunnel est limitée par différentes contraintes :

- les possibilités techniques de déplacement du tunnelier (la majorité du tracé souterrain étant creusée au tunnelier),
- les contraintes de tracé imposées par la circulation du matériel roulant,
- les contraintes imposées par la recherche du confort des usagers.

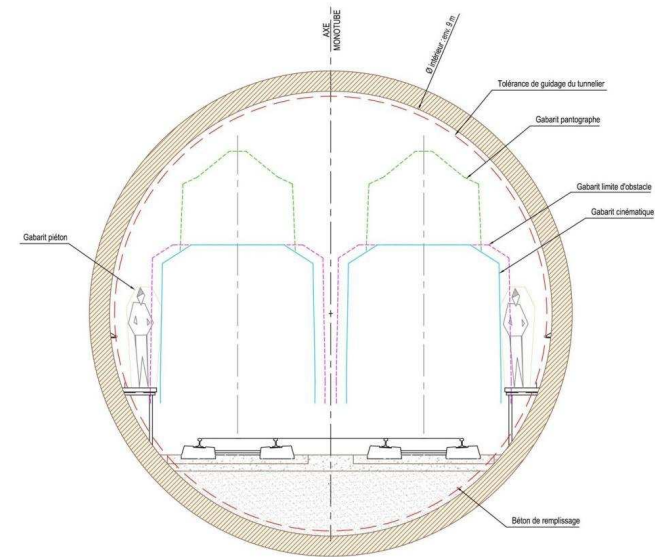
Les grands principes de conception retenus sur le projet sont présentés ci-après :

- Afin de maximiser les sections de tracé sur lesquelles les trains pourront circuler à vitesse maximale (objectif de vitesse maximale d'au moins 110 km/h), le tracé nominal en plan est généralement conçu avec des courbes d'un rayon minimal de 600 mètres. Une réduction de la valeur de ce rayon impose en effet une diminution de la vitesse de circulation des trains.
- En section courante, les pentes du tunnel ne doivent pas dépasser 4%.
- Le dévers maximum en profil en travers est fixé à 160 mm.
- Au droit des gares, le tracé est en alignement droit, et la pente est nulle.

Localement et à titre exceptionnel, il peut être envisagé de déroger à ces valeurs de référence pour résoudre des contraintes d'insertion particulière du tracé ou du profil en long.



Photo d'un tunnelier



Coupe type du tunnel bivoie en alignement droit

Afin notamment de minimiser la durée des travaux, la partie courante du tunnel est réalisée sur l'intégralité de sa longueur au tunnelier. Celui-ci peut être à pression de boue ou à pression de terre selon la nature des terrains rencontrés.

Le tunnelier est un engin de forage permettant de creuser au moyen d'une tête rotative les terrains tout en les maintenant sous pression afin d'assurer la stabilité des sols et des ouvrages environnants lors du creusement. Cet engin, dont la longueur totale avec tous les équipements auxiliaires peut atteindre 100 mètres, présente un diamètre extérieur de l'ordre de 10 mètres.

Il assure plusieurs fonctions :

- creusement du terrain,
- mise en pression du front d'attaque,
- montage du revêtement définitif du tunnel,
- évacuation des déblais.

Le tunnelier est constitué de différentes parties aux fonctionnalités bien définies :

- La **roue de coupe** (ou tête d'abattage) fixée à l'avant du bouclier est une pièce rotative équipée de multiples molettes de coupes, de pics et de couteaux, permettant une excavation efficace des sols dans les terrains de toute nature.
- La **chambre d'abattage**, cavité située entre la roue de coupe et le bouclier, reçoit les terres excavées par la roue de coupe tout en les maintenant à une pression suffisante pour résister à la pression exercée par le terrain et l'eau de la nappe, assurant ainsi la stabilité du front d'attaque.
- Le **bouclier**, pièce maîtresse de la structure du tunnelier, est la cloison étanche et résistante qui sépare la chambre d'abattage, sous pression, de la partie arrière du tunnelier et du tunnel déjà réalisé, qui sont à la pression atmosphérique. Il regroupe les systèmes

permettant d'extraire les déblais, de faire tourner la roue de coupe et de faire avancer le tunnelier. En particulier, les vérins de poussée s'appuient sur le dernier anneau posé du tunnel pour faire avancer le tunnelier.

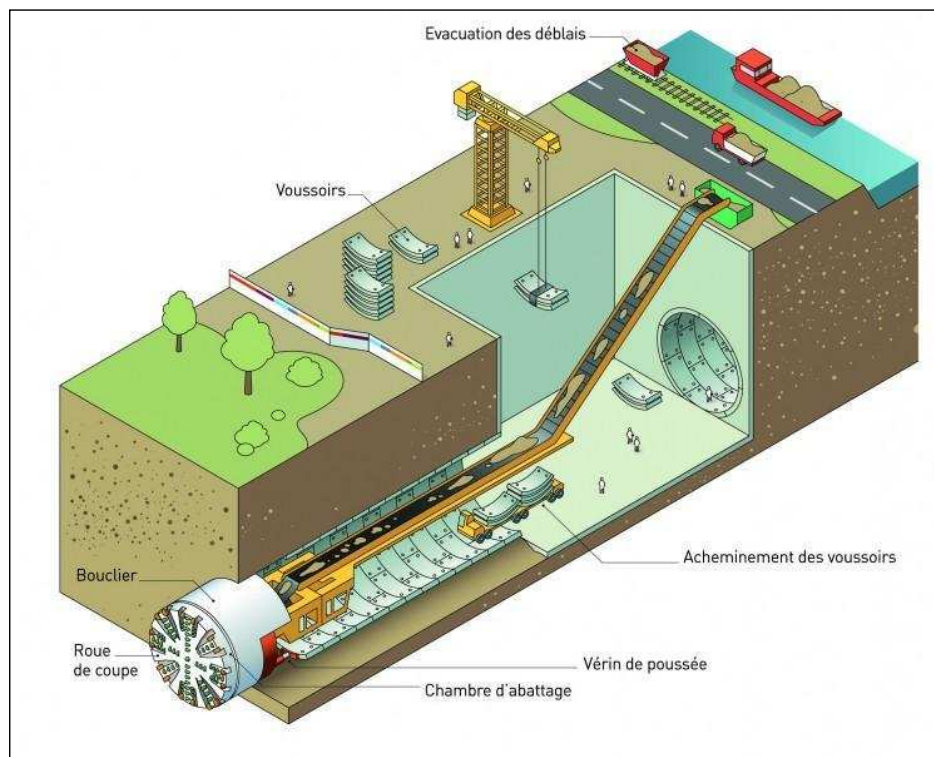
- La **jupe** est placée derrière le bouclier. Elle a pour fonction de contenir les terres et, sous sa protection, de poser à l'avancement le revêtement définitif du tunnel (voussoirs) de façon semi-automatisée au moyen de l'**anneau érecteur**.
- Le **train suiveur**, composé d'un certain nombre d'éléments (ou remorques) accrochés au tunnelier, assure toutes les fonctions vitales nécessaires au bon fonctionnement du tunnelier, en particulier la distribution d'énergie. Il est l'interface entre le tunnelier et toute sa logistique arrière, assurée par les véhicules d'approvisionnement.
- Le train suiveur possède une cabine de pilotage, un poste de transformation et de distribution électrique, des pompes hydrauliques et cuves à huile pour alimenter les vérins, des cuves et pompes de transfert du mortier de bourrage, des installations de ventilation afin de garantir la qualité de l'air dans le tunnel, et l'ensemble des équipements permettant d'assurer la sécurité du personnel et des installations.

Les puits d'entrée et de sortie des tunneliers sont des ouvrages de génie civil permettant le montage des tunneliers en vue du creusement du tunnel, puis leur démontage. Ces puits sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 25 à 30 mètres selon l'altimétrie du tunnel.

Les puits peuvent utiliser les emprises d'une future gare ou d'un futur ouvrage annexe et bénéficier d'installations de chantiers communes aux deux ouvrages. Cependant, il s'avère parfois nécessaire d'implanter ces puits sur des emprises spécifiques. Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce et par convoi exceptionnel jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage.

Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation des terres du tunnel sur une section prédéfinie. Le puits d'entrée sert, durant cette phase, à l'approvisionnement du tunnelier ainsi qu'à l'évacuation des terres excavées. A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite évacué par convoi exceptionnel et peut, le cas échéant, être remonté dans un nouveau puits d'entrée.

Schéma de fonctionnement d'un tunnelier et d'un puits de départ



4.2.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle

Certaines parties ponctuelles des gares de la Ligne 15 Sud seront construites avec des méthodes dites traditionnelles ou conventionnelles.

Cette méthode traditionnelle présente de très nombreuses déclinaisons sur le terrain en fonction non seulement des sols mais aussi du savoir-faire et des matériels spécifiques de mineur développés par chaque entreprise spécialisée qui la met en œuvre. Elle permet du « sur-mesure » pour s'adapter au contexte effectivement rencontré (largeur des passes, profondeur de découps, stabilisation du front, soutènement provisoires et définitifs, etc.), contrairement aux parois moulées, tunneliers, pieux sécants, jet grouting, etc. qui sont très standardisées.

Ces méthodes sont notamment nécessaires pour la réalisation de certaines boîtes souterraines de gares pour lesquelles un creusement depuis la surface n'est pas possible (présence de bâtiments, d'infrastructures...), ou lorsque le tunnelier ne peut pas être utilisé du fait de la présence de réseaux ou de sous-sols complexes.

Exemple de la méthode traditionnelle - Tunnel voûté :

Il s'agit de réaliser la demi-voûte supérieure sur une longueur de 1,50m environ, après le terrassement, est projeté du béton afin d'éviter de laisser le terrain au contact de l'air. Le coulage du béton définitif se fait à 25 mètres du front de taille. Une fois cette opération terminée, il s'agit de recommencer à l'identique avec les demi-voutes inférieures en réalisant le radier (dalle inférieure support des voies).

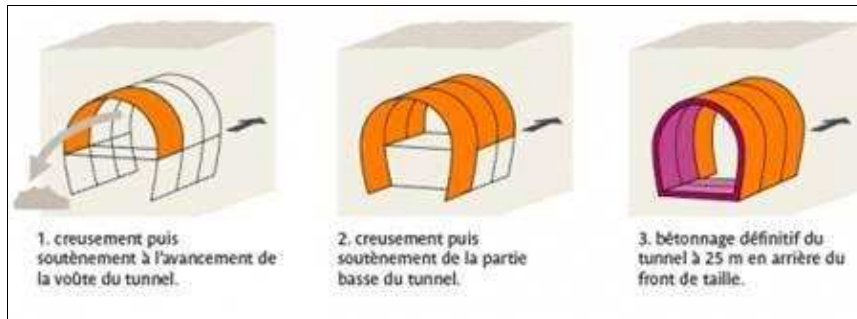


Schéma de la méthode traditionnelle du tunnel voûté

Les différentes parties de gares prévues avec ces méthodes traditionnelles sont identifiées dans la partie de description détaillée de chaque ouvrage du présent document.

4.2.3 Les gares

Les gares de la Ligne 15 Sud sont toutes constituées d'ouvrages souterrains. Les quais permettent d'accueillir des trains d'une longueur de 108 mètres.

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

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

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

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

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

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



Visuel à titre indicatif de la gare de Villejuif Louis Aragon

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

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

Ces orientations renvoient aux recommandations formulées par le comité stratégique de la Société du Grand Paris⁸. Les espaces de commerces et de services respecteront par ailleurs les exigences visant à garantir la sécurité du public dans les gares ; chaque local ou activité qui s'implantera aura obtenu au préalable les autorisations réglementaires nécessaires. Des autorisations d'exploitation commerciale seront également, le cas échéant, obtenues.

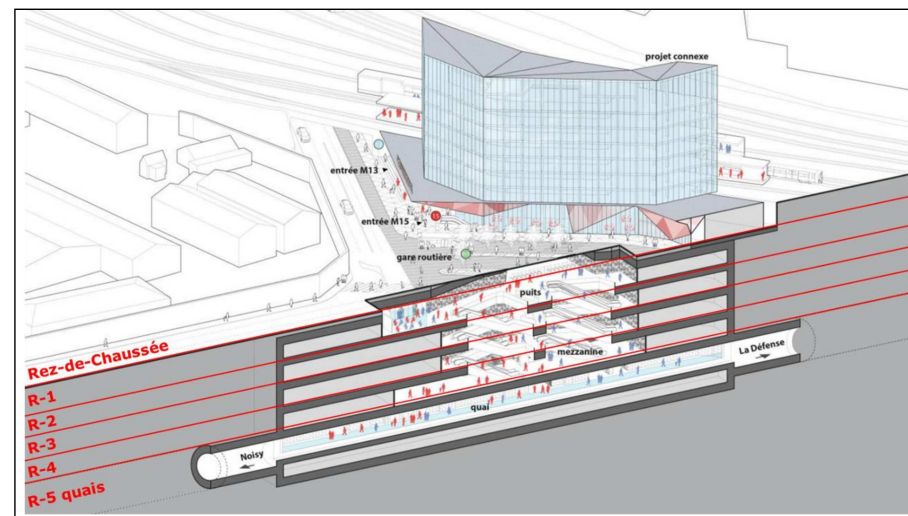


Schéma de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud

La figure ci-dessus présente une coupe longitudinale de la gare de Chatillon-Montrouge. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud sont construites sur la même base, sauf exception :

- Une partie souterraine reliant la surface du sol au tunnel de forme rectangulaire de 108 m de long sur 30 à 50 m de large et comportant un nombre d'étages intermédiaires en rapport avec la profondeur du tunnel. Il existe quelques exceptions à cette règle : la gare de Villejuif IGR a une section circulaire. La profondeur des gares varie de 20 à 50 m ;
- La partie souterraine comporte également les ouvrages de connexions avec les gares existantes assurant les correspondances ;
- Une partie émergée, au-dessus de la surface du sol, permettant l'entrée et la sortie des voyageurs : cette partie émergée est, sauf exception (Villejuif IGR et Noisy-Champs) peu importante car elle intégrée à un bâti existant ou futur.

4.2.3.1 Réalisation des gares

La typologie des travaux de réalisation des gares est dépendante de leur profondeur, de la qualité des terrains rencontrés, des conditions hydrogéologiques, mais aussi des contraintes liées aux emprises disponibles en surface et à l'environnement urbain.

Trois principaux types de gares peuvent être distingués :

- gare en tranchée couverte, entièrement réalisée à ciel ouvert (méthode dite « bottom up », soit « **radier premier** ») ;
- gare en tranchée couverte, réalisée en partie sous la chaussée reconstruite (méthode dite « top down », soit « **couverture première** ») ;
- **gare mixte** : réalisation d'un puits principal (ou plusieurs) à ciel ouvert, puis attaque en méthode souterraine traditionnelle pour les parties restantes.

⁸ Le comité stratégique de la Société du Grand Paris, institué auprès de son conseil de surveillance, constitue un laboratoire d'idées et d'échanges entre les élus des collectivités d'Ile-de-France et les partenaires de la Société du Grand Paris. Il est actuellement composé de 139 membres : représentants des communes et des établissements publics de coopération intercommunale traversés par le réseau, parlementaires, représentants de la chambre de commerce et d'industrie Paris - Ile-de-France ainsi que de la chambre régionale des métiers et de l'artisanat, membres du conseil économique, social et environnemental d'Ile-de-France.

Pour chacune de ces méthodes d'exécution, une partie ou la totalité du volume de terrain situé dans l'emprise de la gare est excavée depuis la surface. Pour chaque phase de terrassement depuis la surface, la zone d'excavation est délimitée par une enceinte étanche. La technique privilégiée est celle des parois moulées.

4.2.3.2 La technique de la paroi moulée

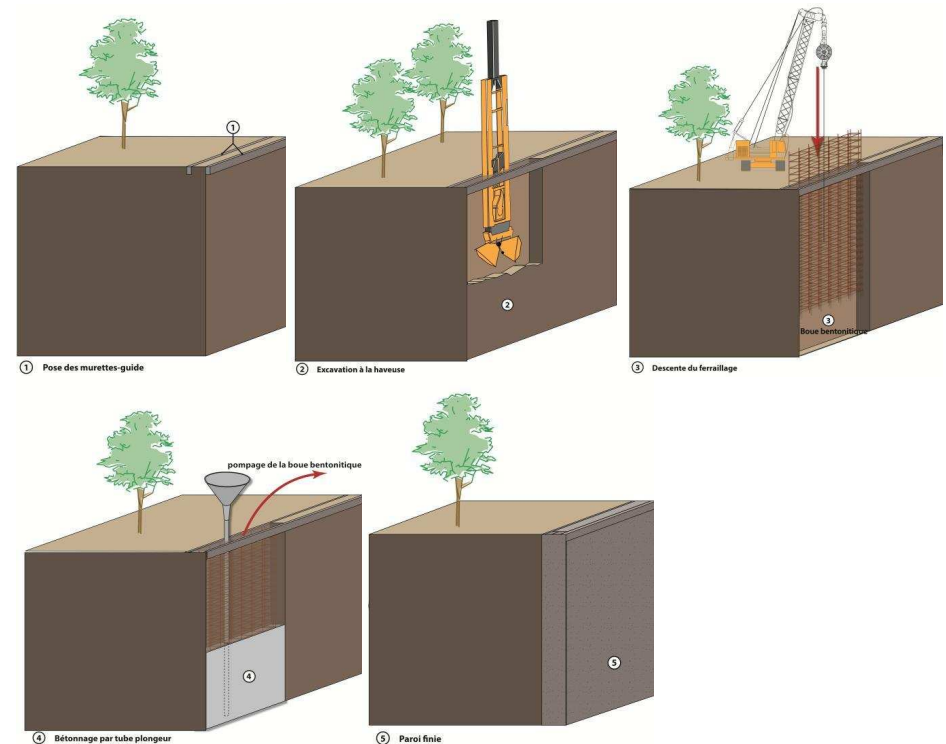
Une paroi moulée est un écran en béton armé moulé dans le sol. Le rôle de chaque paroi est d'assurer la stabilité des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe extérieure et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge pour en assurer les fondations.

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. La perforation du sol est réalisée par panneaux de longueur limitée, variable selon le type de sol et le voisinage.

La stabilité des fouilles réalisées est assurée par la substitution aux terres excavées d'une boue benthonique dans la tranchée, au fur et à mesure du creusement de celle-ci. Ce fluide forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche qui, en s'opposant à la percolation dans le terrain, permet d'appliquer la pression hydrostatique aux parois, en empêchant ainsi 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 benthonique, qui est évacuée par pompage au fur et à mesure.

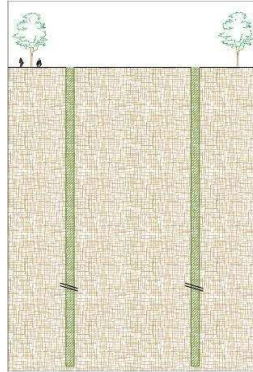
Étapes de réalisation des parois moulées



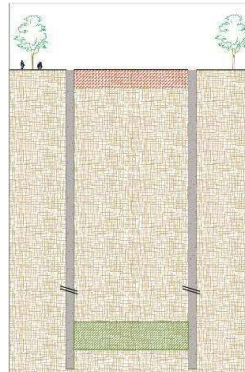
Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte à ciel ouvert (radier premier) (Source : Société du Grand Paris)



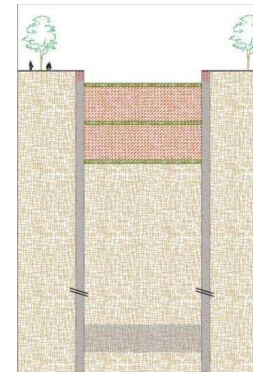
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



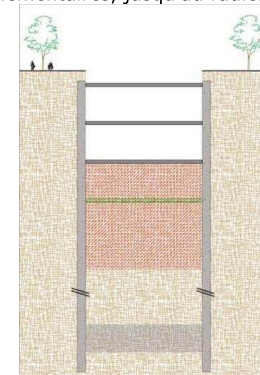
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des premiers terrassements



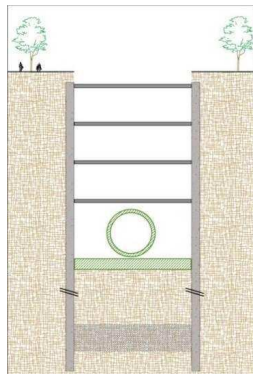
Phase 3 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert, butonnage à ciel ouvert et recépage des parois moulées



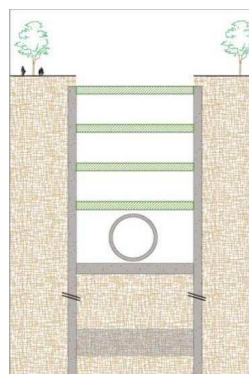
Phase 4 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert et mise en place de lits de butons supplémentaires, jusqu'au radier



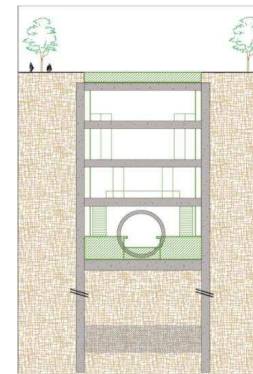
Phase 5 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



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



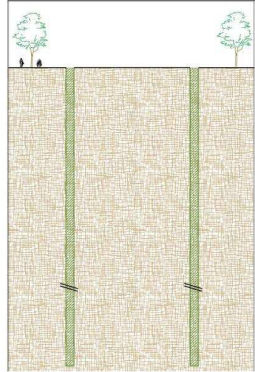
Phase 7 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare, remblai et réfection de voirie



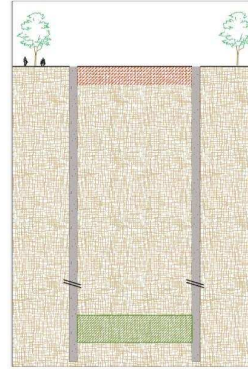


Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte, réalisation en partie sous couverture (couverture première) (Source : Société du Grand Paris)

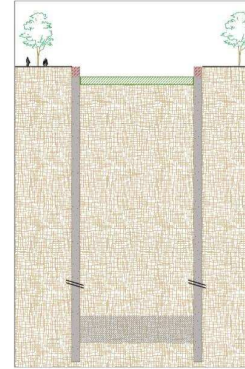
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



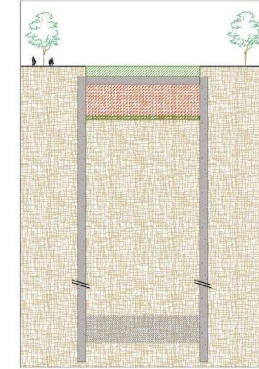
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



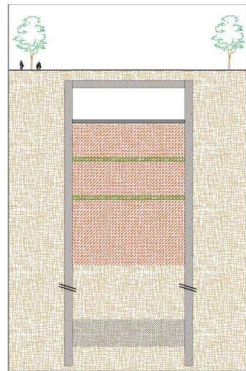
Phase 3 : Réalisation de la dalle de couverture et recépage des parois moulées



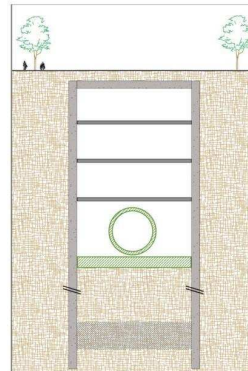
Phase 4 : Première phase de terrassement en sous-œuvre, mise en place des premiers butons provisoires et reconstitution de la voirie existante



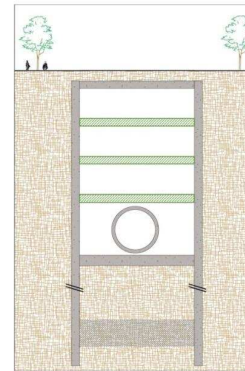
Phase 5 : Poursuite des terrassements en sous-œuvre jusqu'au radier et mise en place de lits de butons provisoires supplémentaires par palier, selon la profondeur de la gare



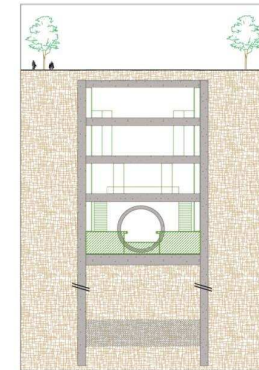
Phase 6 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



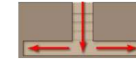
Phase 7 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



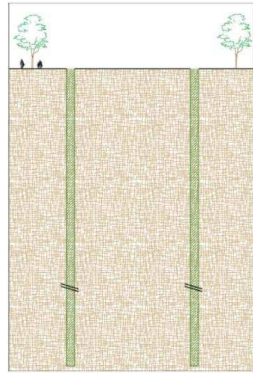
Phase 8 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare



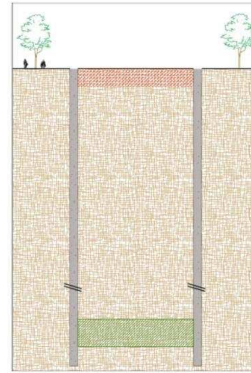
Méthode de réalisation d'une gare en souterrain (Source : Société du Grand Paris)



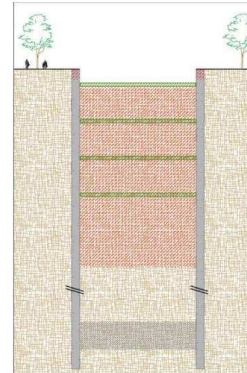
Phase 1 : Réalisation des parois moulées du puits principal



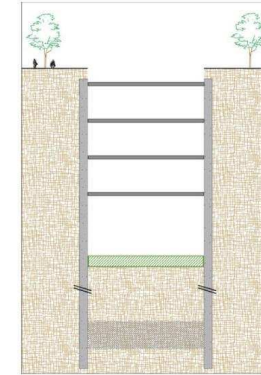
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



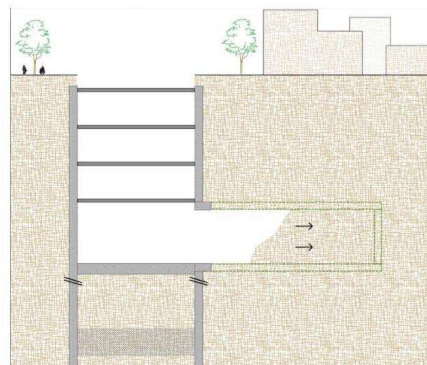
Phase 3 : Recépage des parois moulées, terrassement à ciel ouvert et pose progressive des butons provisoires



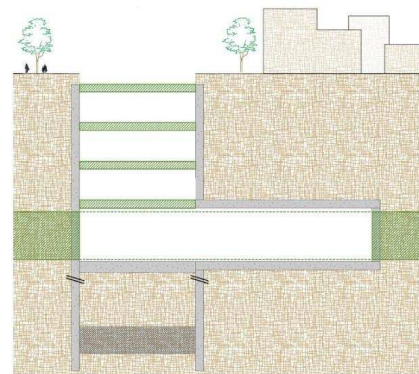
Phase 4 : Réalisation du radier



Phase 5 : terrassements de la partie de la gare réalisée en souterrain, avec mise en œuvre du radier, du soutènement provisoire et/ou du revêtement définitif à l'avancement du creusement



Phase 6 : Passage du tunnelier puis réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires



Phase 7 : Reconstruction de la voirie existante. Réalisation des ouvrages intérieurs dans l'ensemble de la gare



4.2.4 Les ouvrages annexes

Définition

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après. Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et, par exemple, être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Accès de secours

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre. Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes. Compte tenu des contraintes de tracé, plusieurs de ces puits ont une profondeur supérieure à 30 m, ce qui impose de les équiper d'ascenseurs permettant le transport d'un brancard.

Ventilation / désenfumage

La ventilation du tunnel assure plusieurs fonctions essentielles :

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

Les caractéristiques des ouvrages et performances des équipements sont conformes à la réglementation, en particulier l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes. Les ouvrages de ventilation / désenfumage sont équipés de ventilateurs permettant l'extraction ou l'insufflation d'air dans le tunnel. L'air est extrait vers la surface via des gaines de ventilation et des grilles de rejet. Celles-ci ont une surface de l'ordre de 30 à 40 m² en cas de circulation possible, 20 m² lorsqu'elles sont protégées et inaccessibles au public.

Généralement, les ouvrages de ventilation / désenfumage sont mutualisés avec les ouvrages d'accès pompiers. Ces ouvrages, généralement souterrains, seront mutualisés et implantés en fonction du programme technique de la ligne, mais aussi en fonction du contexte urbain dans lequel ils s'insèrent, afin de limiter toute nuisance sur leur environnement immédiat.

Décompression

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

Sous cette configuration :

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

Épuisement

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

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

Postes de redressement et postes éclairage force

Les postes de redressement permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en courant continu de 1 500 volts, utilisé par les trains de la ligne 15. En règle générale, ils sont intégrés dans les espaces des gares. Lorsque les espaces en gare ne le permettent pas, ils sont localisés à des emplacements mutualisés avec des puits d'accès de secours, dans des locaux d'environ 150 m² préférentiellement situés en surface au niveau rez-de-chaussée.

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

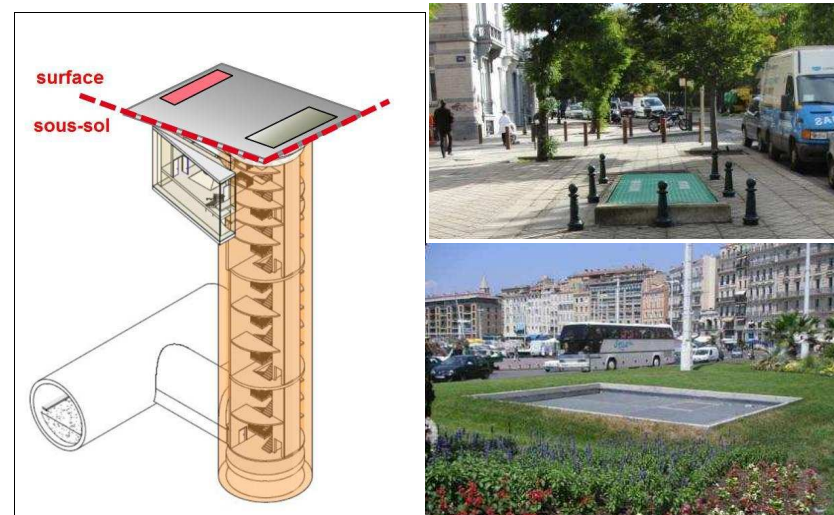


Schéma type d'un ouvrage annexe et visuels en surface (illustration donnée à titre indicatif)

4.2.5 Les sites de maintenance (SMI et SMR)

La Ligne 15 Sud comprend l'implantation de deux sites de maintenance, un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) au niveau de Champigny-sur-Marne, et un site de maintenance des infrastructures (SMI) au niveau de Vitry-sur-Seine.

4.2.5.1 Site de Maintenance et de Remisage (SMR)

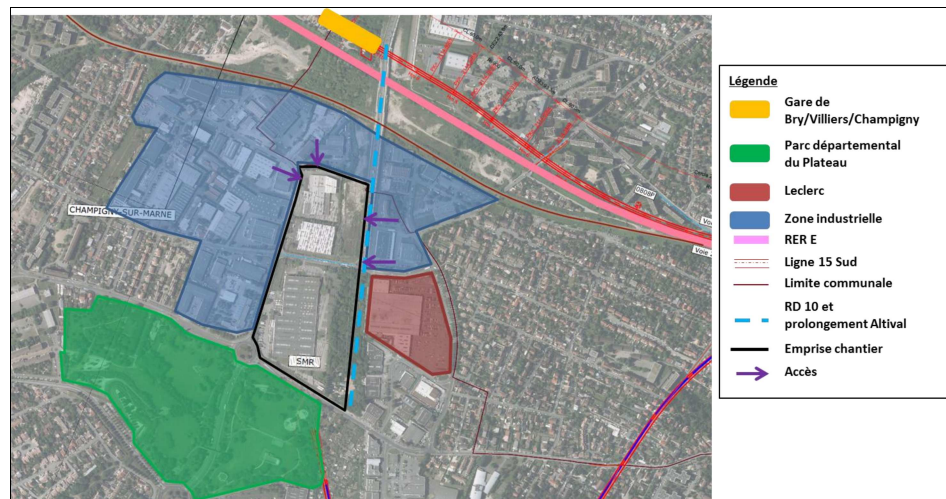
Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) assure la maintenance en atelier du matériel roulant (dépannage, entretien, remplacement) ainsi que le lavage et le remisage des trains. Il accueille également des fonctions d'exploitation des lignes (poste de commandement centralisé, encadrement opérationnel de la ligne...).

L'emprise du projet se situe à l'est de Paris, au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, en limite de Villiers-sur-Marne, au sud de Bry-sur-Marne et de la future gare de Bry-Villiers-Champigny du réseau du Grand Paris. La superficie du site est d'environ 7,5 hectares.

Le SMR de Champigny accueillera à terme 60% du parc de matériel roulant de la ligne qui pourra être réparé, entretenu et remisé. Il comprend également le Poste de Commandement Centralisé (PCC), véritable centre névralgique du système, par lequel transitent toutes les informations relatives à l'exploitation et à la supervision de la ligne. Le site de Champigny commande ainsi la circulation de l'ensemble des trains de la ligne ; il centralise par ailleurs toutes les remontées d'information ayant trait aux gares, aux systèmes d'exploitation et à l'énergie.

Le site de Champigny joue également un rôle crucial dans la mise en service de la ligne, puisqu'il accueille la livraison des rames de matériel roulant.

Le SMR de Champigny-sur-Marne est relié à la ligne par un tunnel de raccordement d'une longueur de 2,4 km, composé de deux voies.



Insertion du SMR de Champigny

4.2.5.2 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI)

Le site de maintenance des infrastructures (SMI) assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport : traction, basse tension, signalisation, automatismes de conduite, courants faibles, équipements électromécaniques.

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry est situé au sud de la gare Grand Paris Les Ardoines, sur le territoire de la commune de Vitry-sur-Seine. La superficie du site est d'environ 4,9 hectares.

Le SMI de Vitry a pour fonction de garantir l'ensemble des conditions de maintenance industrielle des infrastructures, des systèmes et des équipements de la liaison en métro automatique entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs. A terme, il permettra d'assurer les mêmes fonctionnalités pour toute la moitié sud de la ligne rouge du réseau de transport public du Grand Paris. Les équipements associés au SMI permettent de garantir la maintenance des voies, caténaires, ouvrages d'art et équipements liés à l'énergie, la signalisation et les télécommunications.

Le Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry-sur-Seine est relié à la ligne 15Sud par un tunnel d'une longueur de 1,3 km. La voie de raccordement effectue une boucle au nord du tunnel principal avant de se connecter au SMI, de façon à avoir assez de longueur pour pouvoir remonter les 25 mètres qui la séparent de la surface.



Insertion du SMI de Vitry

4.2.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport.

La stratégie de gestion s'articule autour de cinq orientations principales :

- Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré) et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais en limitant le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- Développer la synergie entre les acteurs et le territoire afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- Organiser le suivi opérationnel des chantiers en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

4.2.6.1 Le recours au fleuve

En application de cette stratégie, et du fait de la présence de voies d'eau à proximité du projet, la Société du Grand Paris prévoit l'implantation de plates-formes fluviales pour assurer l'apport de matériaux de construction, et l'évacuation des déblais liés aux phases de creusement du tunnel. Ce choix permet ainsi de réduire de manière très importante les déplacements de camions sur le territoire.

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit l'implantation de 3 plates-formes fluviales :

- **Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur l'Île de Monsieur** : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais du creusement.
- **Au niveau de la gare de Pont de Sèvres située à Boulogne-Billancourt** : apport de matériaux de construction de la gare, et évacuation des déblais liés au creusement de la gare.
- **Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur la friche Arrighi dans le secteur des Ardoines** : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais de creusement.

L'implantation des plates-formes fluviales de la Société du Grand Paris s'appuie sur les ouvrages déjà existants, notamment des Ducs d'Albe au niveau de l'Île de Monsieur, et de la friche Arrighi. Ces ouvrages pourront faire l'objet d'opération de renforcement pour assurer la rotation fréquente de barges fluviales pour les chantiers.



Duc d'Albe au niveau de la friche Arrighi (Source : Google Maps)

Au niveau du secteur d'implantation de la gare de Pont de Sèvres, la mise en place temporaire d'une estacade chantier permettra d'assurer le stationnement de barges fluviales, leur chargement et leur déchargement. La mise en place de cette estacade nécessite une légère modification du chenal de navigation sur ce bras de la Seine. Cette opération fait l'objet d'une procédure spécifique avec Voies Navigables de France (VNF).

Pour éviter et réduire les impacts potentiels liés au fonctionnement de ces plates-formes fluviales, des mesures sont retenues et présentées dans l'étude d'impact jointe à ce document. Il s'agit notamment de dispositifs de chargement des barges qui permettent d'éviter toute chute de matériaux dans la Seine, ou la prise en compte des enjeux écologiques présents au niveau des berges.

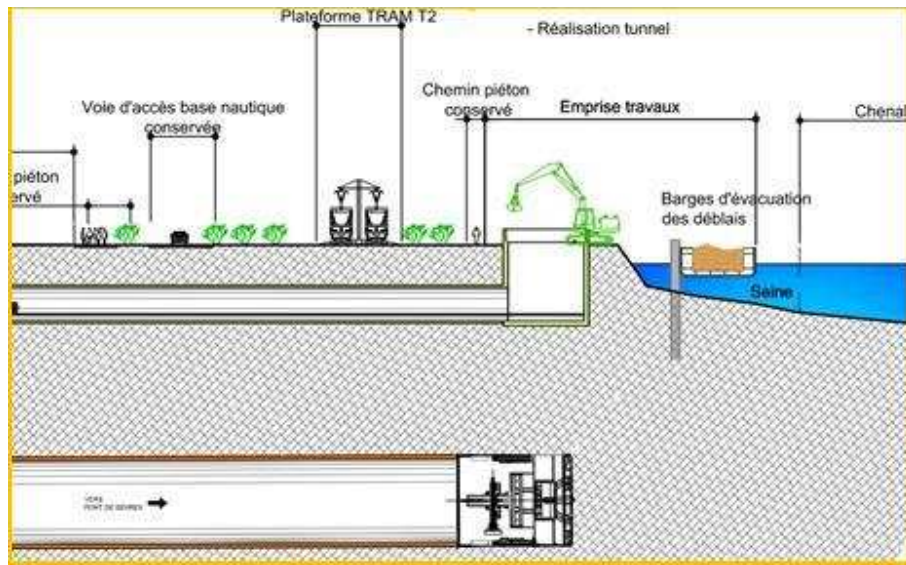


Schéma de principe de la plate-forme fluviale prévue au niveau de l'Ile de Monsieur pour l'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel (Source : Société du Grand Paris)

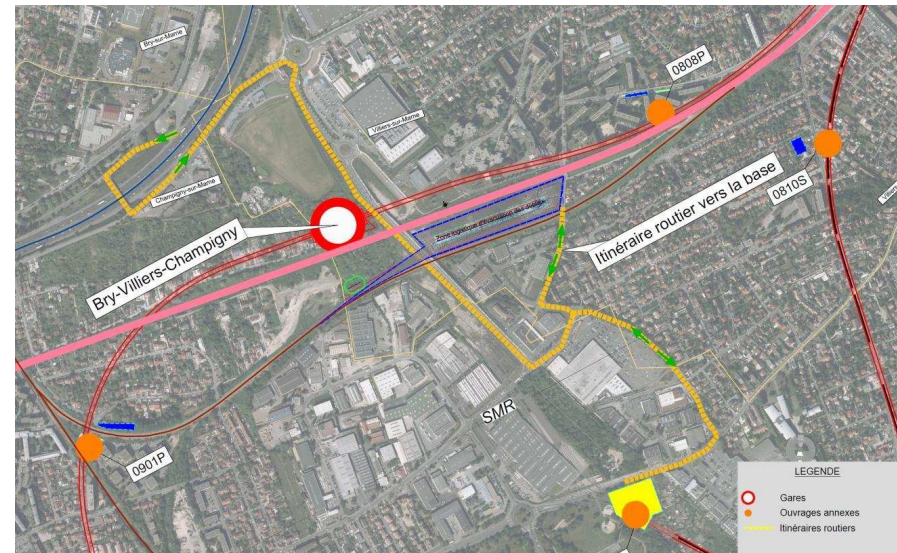
S'il s'agit bien d'ouvrages temporaires, au vu des délais de chantier nécessaires pour réaliser les ouvrages prévus (gares, tunnel...), il n'est pas sollicité pour les plates-formes fluviales d'autorisations temporaires (durée limitée à un an pour une autorisation temporaire).

4.2.6.2 L'utilisation de la voie ferrée

Au vu contexte concerné par la Ligne 15 Sud, une évacuation des déblais par la voie ferrée est possible au niveau Bry-Villiers-Champigny. La gestion des matériaux excavés et leur chargement sur des trains nécessite l'implantation d'une base ferroviaire.

Elle a pour fonction l'évacuation des déblais sur la période allant de mi-2016 à mi-2019, en alternative au mode routier dans le but d'éviter la saturation du secteur. La base ferroviaire est implantée dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny, secteur qui offre des dispositions ferroviaires particulièrement favorables de par sa mitoyenneté directe au Sud avec l'infrastructure de Grande Ceinture, axe de fret ferroviaire majeur par lequel il est possible de rejoindre l'ensemble des lignes principales au réseau ferré national.

L'emprise mise à disposition est donc positionnée au droit de la future gare d'interconnexion Bry-Villiers-Champigny sur des terrains en friche enclavés entre les voies du réseau SNCF Francilien (lignes RER E et P) et celles de la ligne de Grande Ceinture.



Base ferroviaire (encadré bleu) (Source : Société du Grand Paris)

La base logistique ferroviaire est constituée d'un faisceau de voies (pour le stockage des rames et le chargement), d'une voie de desserte et de manœuvre (liaison à la grande Ceinture) et d'une zone de stockage de déblais. Ces 2 dernières zones sont séparées par une aire de circulation des engins de chargement. La zone de stockage des déblais à prévoir sur cette base devra permettre d'accueillir les besoins correspondants à 5 jours de production journalière.

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée depuis la base chantier de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, localisée au niveau de la gare de fret de Clamart. Cette logistique d'évacuation par voie ferroviaire étant intégrée sur le site de la base chantier de la gare, elle ne nécessite pas la mise en œuvre d'une base ferroviaire spécifique.

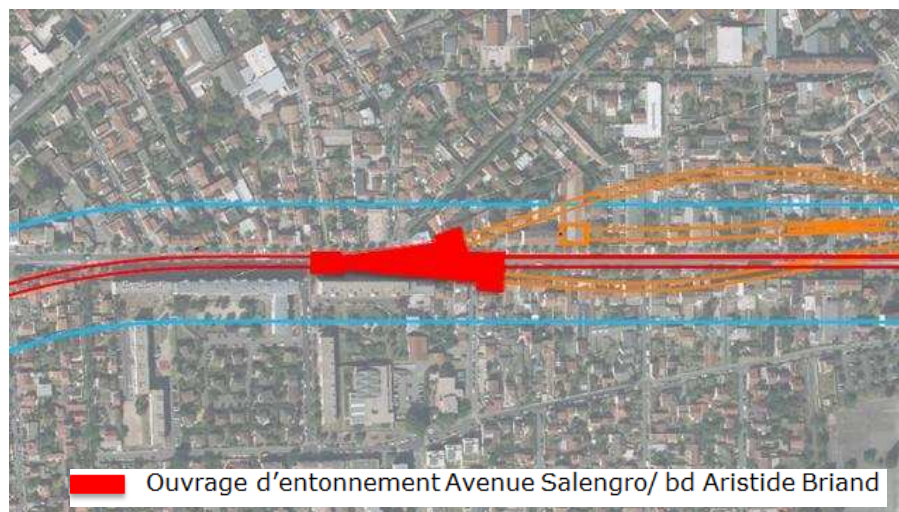
4.2.7 Les ouvrages spéciaux (entonnement, débranchement...)

La Ligne 15 Sud nécessite quelques ouvrages spécifiques pour assurer son bon fonctionnement. Il s'agit notamment d'ouvrages de raccordement aux sites de maintenance, ou d'ouvrages permettant d'assurer la connexion avec la ligne 15 Est du Grand Paris Express. Ces ouvrages sont mutualisés avec des ouvrages annexes.

4.2.7.1 L'ouvrage permettant l'intermodalité entre la Ligne 15 Sud (rouge) et la ligne 15 Est (orange)

L'ouvrage d'entonnement de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne sur l'Avenue Roger Salengro, au niveau de l'intersection avec le boulevard Aristide Briand. Cet ouvrage, réalisé en parois moulées et certaines parties en parois coulis dans des phases travaux, permet le raccordement entre les Lignes 15 Sud (rouge) et Ligne 15 Est (orange). En phase travaux de la ligne orange il est utilisé comme puits de sortie de deux tunneliers. En phase d'exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours.

Cet ouvrage est mutualisé avec l'ouvrage annexe « OA 1001P - Avenue Roger Salengro ».

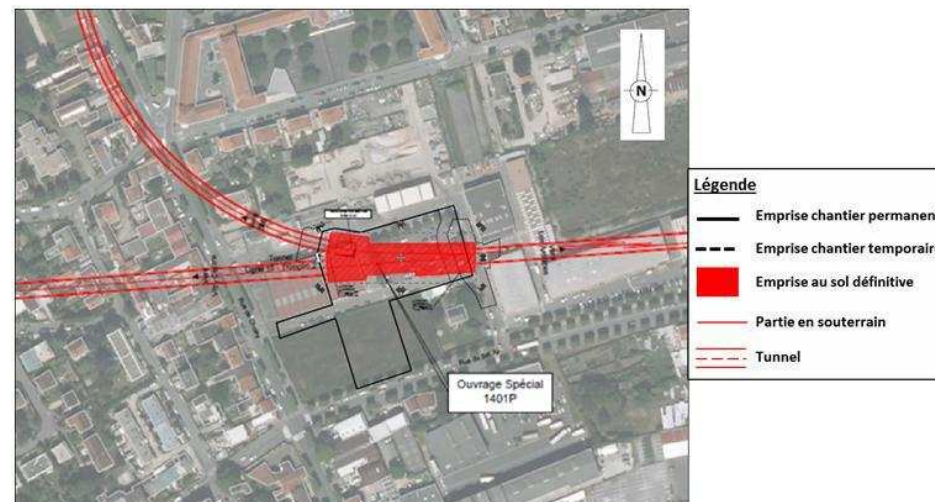


Présentation de l'ouvrage d'entonnement pour assurer la connexion entre la Ligne 15 Sud (Rouge) et la ligne 15 Est (Orange) (OA 1101P - Avenue Roger Salengro)

4.2.7.2 Les ouvrages de débranchement vers les sites de maintenance

Les ouvrages de débranchement permettent d'assurer la liaison entre le tunnel de la ligne principale Ligne 15 Sud, et le tunnel desservant un site de maintenance. Pour cette ligne qui comporte deux sites de maintenances, le site de maintenance des infrastructures (SMI) à Vitry-sur-Seine et le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) à Champigny-sur-Marne, deux ouvrages d'entonnement sont nécessaires. Ils sont mutualisés à terme avec des ouvrages annexes pour limiter le nombre de travaux en surface.

Le débranchement vers le SMI est situé au niveau de l'OA 1401P - Centre technique municipal à Vitry-sur-Seine. Il sert en phase travaux comme puits de sortie du tunnelier du tunnel du SMI. En phase exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure les fonctions de ventilation, de désenfumage de décompression et d'accès de secours.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMI au niveau de l'ouvrage annexe OA 1401P - Centre technique municipal

Le débranchement vers le SMR est situé au niveau de l'OA 0807P - Sentier des Marins situé sur la commune de Villiers-sur-Marne. L'ouvrage comporte une plateforme d'accès pour la réalisation d'une partie du tunnel par la méthode traditionnelle. En phase d'exploitation (opérationnelle) de la ligne, cet ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours, il est équipé d'un poste de redressement double implanté au niveau N-1.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMR au niveau de l'ouvrage annexe 0807P - Sentier des Marins

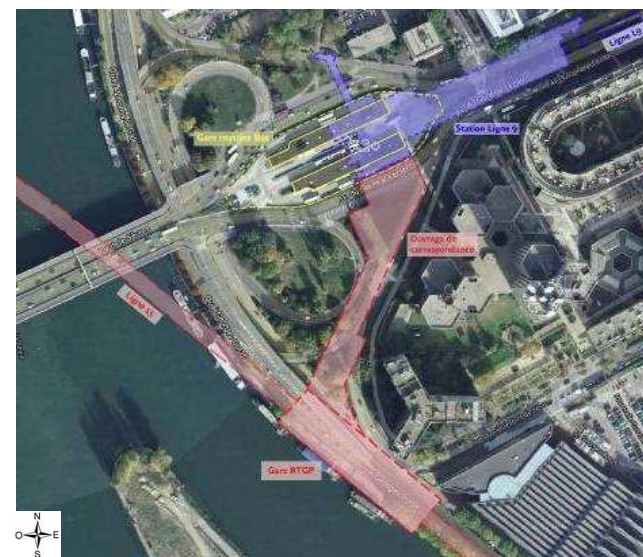
4.2.8 Les projets d'interconnexions

Le réseau du Grand Paris Express vise notamment à proposer une offre de transport en commun pour les déplacements de banlieue à banlieue. Il vient renforcer le maillage du réseau existant.

A ce titre, la ligne 15 Sud propose pour 80% des gares, une correspondance avec les lignes existantes, du Transilien, du métro et du RER.

Pour assurer les correspondances, le projet nécessite la réalisation d'ouvrages d'interconnexions avec les gares existantes. Il peut s'agir de couloirs de correspondance, de la réalisation de nouveaux espaces publics ou de réaménagement des quais existants pour accueillir les nouveaux usagers.

Ces ouvrages d'interconnexions sont portés le plus souvent avec les maîtres d'ouvrages concernés, la RATP en ce qui concerne les correspondances avec le métro et certains RER, et la SNCF pour les lignes de Transilien, et les autres RER. Ces ouvrages font l'objet d'une présentation détaillée dans le cadre du présent document, à la rubrique 3.2 relative aux ouvrages d'interconnexions.



Exemple de la gare de Pont de Sèvres
Insertion de la nouvelle gare (en rouge) et gare existante L9 (en bleu) (Source : RATP)

4.2.9 Les projets connexes

Parallèlement à la conception du réseau de transport public du Grand Paris, la SGP a conduit en lien avec les collectivités, des études sur les conditions techniques permettant le développement futur de projets immobiliers à proximité des gares du Grand Paris.

En effet, la SGP souhaite contribuer à la dynamique urbaine rendue possible par l'implantation des gares, en mettant son patrimoine foncier au service des projets urbains envisagés par les collectivités. Ainsi, sur les parcelles directement concernées par l'implantation de l'infrastructure de transport, à proximité immédiate ou en surplomb des gares, ont été étudiées dans le cadre des études de maîtrise d'œuvre de la Ligne 15 Sud, les conditions permettant la réalisation future de ces projets.

Les objectifs de réalisation de ces projets immobiliers, dit « projets connexes » car situés en surplomb ou à proximité immédiate des gares du Grand Paris, sont multiples et visent notamment à accompagner ou renforcer le processus de renouvellement urbain des quartiers riverains ; à assurer l'insertion urbaine de la gare dans un contexte futur plus ou moins dense ; et à contribuer à l'échelle des parcelles concernées par ces projets immobiliers, à la création de logements en Ile-de-France.

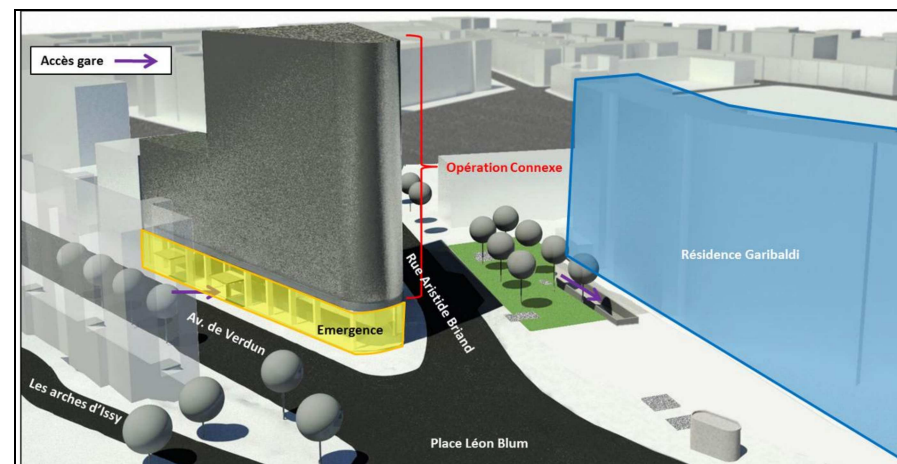
Dans tous les cas, la réalisation des projets immobiliers connexes aux gares ne pourra intervenir qu'après la réalisation de l'infrastructure de transport, celle-ci constituant le plus souvent le socle de ces projets immobiliers futurs.

La définition de ces projets immobiliers potentiels dépend de chaque contexte urbain, et s'effectue en application des dispositions des plans locaux d'urbanisme en vigueur. Ainsi, la programmation comme la volumétrie de ces projets immobiliers est définie au regard de chaque site, en cohérence avec les orientations urbaines souhaitées par la collectivité.

Ces projets connexes ne constituent pas des projets sous maîtrise d'ouvrage de la SGP, et leur réalisation relève d'opérateurs économiques tiers, qui auront à leur charge l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires à ces projets immobiliers. **A ce titre, les projets connexes potentiels ne sont pas concernés par la présente procédure de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau.**

Pour assurer une bonne information du public, l'étude d'impact présente toutefois :

- Les intentions urbaines prévisionnelles des projets connexes, afin de pouvoir visualiser l'insertion urbaine indicative des gares dans leur environnement à terme ;
- Les différents scénarios de gares étudiés, présentant les scénarios de gare avec et sans projets connexes : scénarios qui ont été étudiés afin d'établir les conditions permettant la mise en œuvre éventuelle de ces projets sans remettre en cause le bon fonctionnement du réseau de transport sous maîtrise d'ouvrage de la SGP ;
- L'analyse des effets cumulés avec ces projets immobiliers connexes potentiels, et le cas échéant, les interfaces avec les ouvrages du réseau de transport objet de l'étude d'impact au titre de la Loi sur l'eau.



Vue à titre indicatif du projet connexe possible au niveau de la gare d'Issy RER (Source : Société du Grand Paris)

4.3 Caractéristiques d'exploitation du projet

4.3.1 Système de transport et matériel roulant

La ligne sera équipée d'un matériel roulant à conduite automatique sans conducteur. Ce type de métro présente de nombreux avantages : adaptabilité à la demande, régularité et optimisation des coûts de fonctionnement.

Pour assurer la sécurité des voyageurs en gare et contribuer à la régularité du service, des « façades de quai » toute hauteur (portes vitrées en bordure de quai) seront installées dans toutes les gares.

Les principales caractéristiques du matériel roulant de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- Conformément aux objectifs de capacités souhaités, le gabarit du matériel roulant sera de 2,80 m ;
- La longueur des rames sera au maximum de 108 mètres. Des études approfondies sur le matériel roulant permettront d'en préciser les caractéristiques exactes (largeur, longueur, organisation intérieure...);
- Les trains seront accessibles aux personnes à mobilité réduite et aux UFR (Usagers en Fauteuil Roulant). L'accessibilité sera optimale, grâce au plancher du train au même niveau que les quais et à l'absence de lacune entre le quai et le train. Le matériel roulant intégrera une intercirculation entre les voitures d'un même élément et l'ouverture automatique des portes à chaque arrêt ;
- Ce matériel roulant est prévu pour rouler à 120 km/h. Cette vitesse, combinée avec des distances intergares assez longues, impose le roulement et le guidage sur voie ferrée ;
- L'écartement de voie sera l'écartement standard de 1435 mm ;
- L'alimentation en énergie électrique de traction des trains sera réalisée par une ligne aérienne de contact alimentée en 1500V en courant continu. La conception des trains et des automatismes de conduite devra permettre d'optimiser la consommation en énergie électrique.

Récapitulatif des caractéristiques principales du système de transport

Pont de Sèvres – Noisy-Champs	
Roulement	fer
Largeur du matériel roulant	2.80m
Longueur du train	108 m
Composition des trains	3 ou 6 voitures
Longueur des voitures	18 m
Vitesse de pointe	120km/h
Capacité à 4 voyageurs/m ²	>1000 (pour un train de 108m)

4.3.2 Offre de transport et service proposé

La ligne sera exploitée avec des missions de type omnibus. La vitesse commerciale envisagée est de l'ordre de 55 km/h.

Dans sa première période de mise en service, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs pourra être exploité, à l'heure de pointe, avec un intervalle de l'ordre de 3 à 4 minutes entre deux trains. Cette fréquence permet d'assurer une offre de transport répondant à la demande initiale prévue sur la ligne et de garantir un bon niveau de service aux futurs voyageurs. A terme, avec la mise en service progressive du reste du réseau Grand Paris Express, la ligne pourra être exploitée en heure de pointe avec un intervalle réduit à 120 secondes (2 minutes), ce qui permet une capacité de transport de 30 000 voyageurs à l'heure de pointe.

L'exploitation de la ligne sera supervisée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny. Des dispositifs de vidéo-protection seront déployés dans les gares et dans les trains, et la communication avec un poste central sera possible en tout point de la ligne.

L'amplitude de service n'est pas encore fixée. Afin de préserver la bonne réalisation des opérations de maintenance fréquentes et régulières (voies, équipements en ligne, systèmes d'exploitation...), le trafic voyageur devra habituellement être interrompu la nuit pendant quelques heures. Cependant, le service pourra être maintenu en continu toute la nuit à certaines occasions (événement exceptionnel ou politique de service définie par le Syndicat des Transports d'Ile-de-France).

Des dispositions sont prises pour pouvoir exploiter la section Pont de Sèvres – Noisy-Champs de manière autonome :

- Les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs sont des terminus ;
- L'exploitation est assurée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé sur le site Champigny ;
- La maintenance des trains est assurée au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny ;
- Le remisage des trains est assuré dans les terminus et au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny ;
- La maintenance des infrastructures est assurée au Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry.

Ces dispositions ne préjugent pas des orientations qui seront retenues sur la ligne orange (Ligne 15 Est) à l'issue de la phase de concertation ayant eu lieu sur ce projet, notamment des choix ultérieurs qui pourraient être faits en perspective d'une interopérabilité entre ligne rouge et ligne orange à Champigny Centre.

4.4 Déroulement de la phase chantier

4.4.1 Principes généraux

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

4.4.1.1 Réalisation des travaux préparatoires

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

Plusieurs opérations sont à mener :

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

4.4.1.2 Réalisation des travaux de génie civil

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

- Le tunnel en partie courante (réalisation au tunnelier),
- Les seize gares Grand Paris,
- Le site de Maintenance des Infrastructures, son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Le Site de Maintenance et de Remisage et son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Les ouvrages de service en ligne (accès secours, ventilation/désenfumage).

4.4.1.3 Réalisation des travaux d'équipement

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

Elle comprend les travaux :

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

4.4.1.4 Horaires de chantier

Les horaires de chantier ont été définis selon les types de travaux. S'agissant de la construction des gares et des ouvrages sécurité, il est prévu de retenir une plage horaire maximum 6h/22h pendant les jours de semaine. Pour certains ouvrages, au vu des contraintes techniques, des travaux pourront être réalisés 6 jours sur 7. Une attention particulière sera prise en compte pour réduire les nuisances éventuelles, en cohérence avec le plan de management de chantiers.

S'agissant des tunneliers, leur fonctionnement est prévu 24h/24 et 6 jours sur 7. Leur fonctionnement est en souterrain et ne nécessite pas d'activité en surface la nuit. Pour les travaux souterrains prévus avec les méthodes traditionnelles, les travaux sont prévus 24h/24 et 5 jours sur 7.

4.4.2 Mise en œuvre du tunnel en tunnelier

4.4.2.1 Creusement du tunnel

Les tunneliers mis en œuvre pour la réalisation de la Ligne 15 Sud produisent à l'avancement un tube de béton étanche et ancré dans les terrains. Une fois le tunnelier ressorti, le tunnel est terminé et les gares et ouvrages annexes peuvent y être raccordés.

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

- Creusement du puits d'entrée et du puits de sortie :
 - o Mise en place de la paroi moulée : cette opération nécessite l'injection de béton dans des excavations dont l'ensemble forme la paroi d'une boîte. Les excavations sont descendues à un niveau géologique peu perméable, variable selon la géologie locale. Si la paroi moulée a un rôle structurel, la méthode de construction est adaptée à ce rôle,
 - o La boîte est vidée de ce qu'elle contient, la perméabilité de la paroi étant ajustée à la baisse si nécessaire. Elle est également vidée de son eau par pompage si une nappe souterraine y est présente,
 - o Si nécessaire, la perméabilité du fond de la boîte est abaissée par la mise en place d'un bouchon injecté ou une technique équivalente en fonction des débits résiduels observés,
 - o Les matériels et ouvrages pour la construction du tunnel peuvent alors être mis en place, en particulier pour la construction du tunnelier.
- Construction du tunnelier au fond du puits d'attaque (45j de réalisation en moyenne). Le tunnelier est construit en place. Sa longueur moyenne est d'environ 100 m entre :

- o la tête portant l'organe de coupe (la roue tournante), le poste de pilotage et les éléments permettant son fonctionnement,
- o et la partie postérieure de « l'usine » permettant la gestion des flux de matériaux arrivant et partant de la zone de coupe.

- Creusement du tunnel par le tunnelier :

- o L'amorce du tunnel nécessite un appareillage spécial permettant l'appui du tunnelier. Cet appui est fourni par le tunnel en place une fois la vitesse de croisière atteinte,
- o La vitesse d'avancement est de 10 à 12m par jour selon la géologie rencontrée,
- o Sauf imprévu de parcours, le tunnelier creuse le tunnel d'une traite. Les ruptures dans l'avancement peuvent être dues à :
 - La rencontre d'irrégularités géologiques non identifiées au préalable, en particulier des cavités,
 - Une variation significative des paramètres géotechniques du sol susceptibles d'engendrer des désordres et non gérable directement au niveau de la machine.

- Démontage du tunnelier (45j de réalisation en moyenne) : il se fait au niveau du puits de sortie ;

- Adaptations des puits, utilisés pour des ouvrages annexes ou gare.

4.4.2.2 Puits d'entrée et de sortie associés à la mise en œuvre du tunnel

Ces puits particuliers sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 20 à 40 mètres selon l'altimétrie du tunnel. Leur section en travers est de taille variable. En effet, certains de ces puits ont vocation à devenir à termes (en phase d'exploitation) des gares ou des ouvrages annexes d'accès et de ventilation.

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

Le puits d'entrée sert, durant la phase de creusement du tunnel :

- A l'approvisionnement du tunnelier, notamment des voussoirs qui constituent le tunnel ;
- A l'évacuation des terres excavées.

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

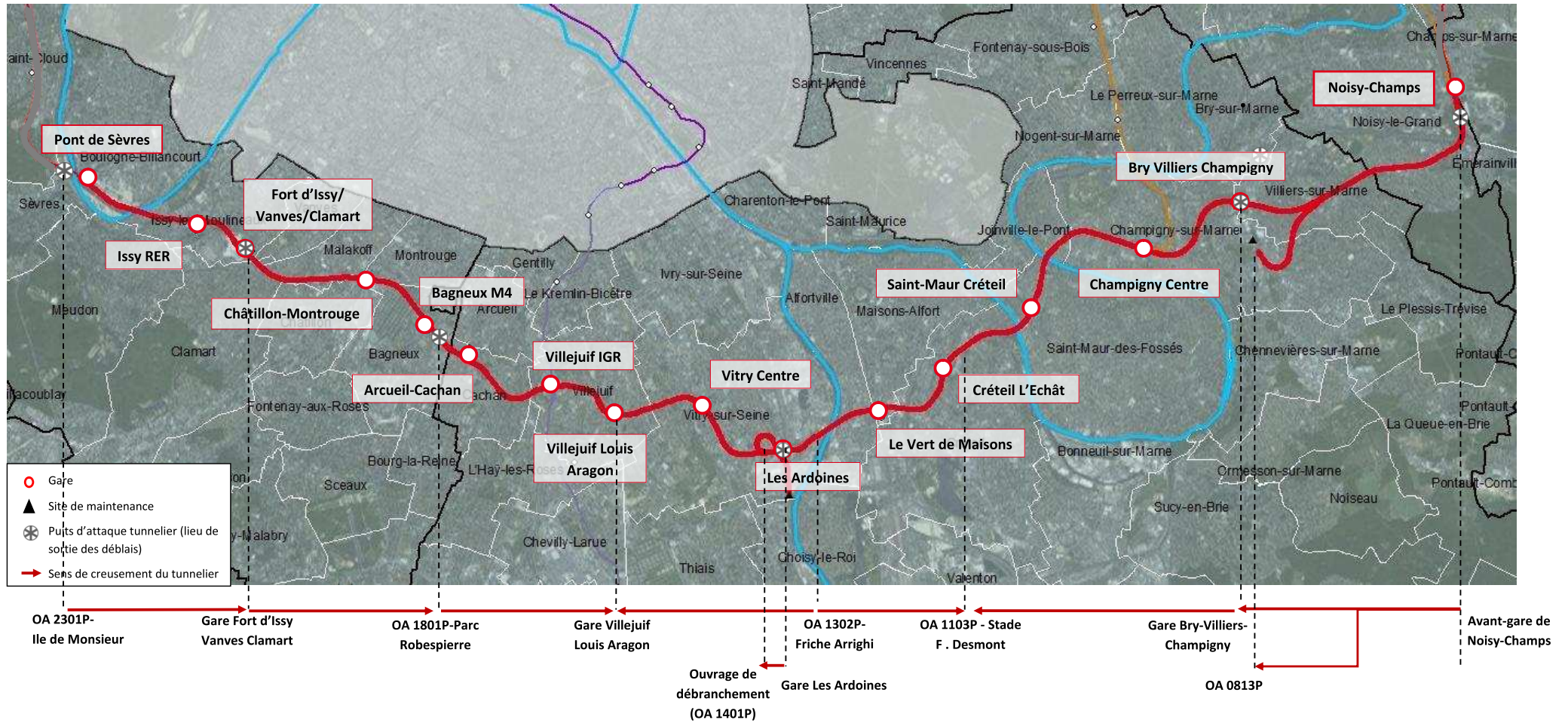
4.4.2.3 Séquencement de la mise en œuvre des tunneliers

Tableau de séquencement du creusement du tunnel

Tunnelier n°	Puits d'entrée	Puits de sortie	Linéaire
1	Ile de Monsieur (OA 2301P)	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	3 970 ml
2	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	Parc Robespierre (OA 1801P)	3 704 ml
3	Parc Robespierre (OA 1801P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 976 ml
4	Friche Arrighi (OA 1302P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 974 ml
5	Friche Arrighi (OA 1302P)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	4 486 ml
6	Bry-Villiers-Champigny (gare)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	6 891 ml
7	Noisy-Champs (OA 0802P) ⁹	Bry-Villiers-Champigny (gare)	4 679 ml
		SMR Champigny (OA 0813P)	2 139 ml
8	Les Ardoines (gare)	Débranchement SMI (OA 1401P)	1 136 ml

⁹ Après avoir réalisé le tunnel allant de la gare de Noisy-Champs (OA 0802P) à la gare de Bry-Villiers-Champigny, le tunnelier n°7 repart en arrière pour permettre la réalisation du tunnel d'embranchement vers le SMR de Champigny. Le puits d'entrée de tunnelier reste localisé au niveau de l'OA 0802P (site d'excavation des déblais).

Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier (source : Société du Grand Paris)



4.5 Présentation des variantes étudiées

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris a été approuvé par décret en Conseil d'Etat le 24 août 2011. Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France. Le réseau complet totalise environ 200 km de tracé et compte soixante-douze gares. Il est composé du réseau de transport public du Grand Paris comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue »), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, et du réseau complémentaire structurant (« ligne orange »), sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF). Le réseau complet est désigné sous l'appellation de réseau Grand Paris Express.

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris est le document qui décrit les principales caractéristiques du projet. Il prend en compte les conclusions du débat public qui, au fil des 55 réunions organisées en Ile-de-France, a permis aux franciliens de s'exprimer sur le projet. Le schéma d'ensemble précise notamment :

- Le tracé des lignes et l'implantation des gares du futur métro automatique
- Les prévisions en matière de niveau de service, d'accessibilité, de mode d'exploitation de tracé et de position des gares
- Les possibilités de connexion au réseau ferroviaire à grande vitesse
- Les possibilités de connexion aux autres réseaux de transport public urbain en Ile-de-France
- L'offre de transport public complémentaire du nouveau réseau disponible à partir de ses gares.

La Ligne 15 Sud reliant les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs a fait l'objet en 2013-2014 d'une procédure administrative de demande de déclaration d'utilité publique (DUP). En application, des dispositions des articles R.11-3 du code de l'expropriation, et de l'article R.122-2 du code de l'environnement, ce dossier de DUP intégrait une étude d'impact comprenant une analyse de différentes variantes de tracé et de localisation d'ouvrages.

4.5.1 Variantes de tracé

Au cours de la phase d'avant-projet, le tracé a évolué, certes de façon peu importante.

Les cartes ci-dessous montrent cette évolution de tracé entre la première version de l'avant-projet et la version prise en compte pour l'analyse des impacts du projet.

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

Ainsi, la définition du tracé retenu pour la réalisation de la Ligne 15 Sud résulte d'une recherche approfondie de compromis entre les principes de base de conception du tracé cités au paragraphe précédent et les contraintes suivantes :

- Les contraintes géologiques, hydrogéologiques et géotechniques : la nature du terrain, et plus précisément la qualité des sols traversés, sont étudiées avec soin. En particulier, les

zones aquifères¹⁰ sont localisées. Les zones d'anciennes carrières d'exploitation sont également repérées et autant que possible évitées.

- La topographie du terrain naturel.
- Les passages sous bâti : un approfondissement du tracé peut s'avérer nécessaire pour éviter les désordres que le bâti pourrait subir en cas de tassement important en surface ou d'incidents lors du creusement du tunnel. De plus, certains bâtiments sont construits sur fondations profondes que le tracé doit éviter.
- Les réseaux de transport existants (routier ou ferroviaire) et ouvrages d'art : ces obstacles peuvent nécessiter de détourner le tracé et/ou de l'approfondir.

Les réseaux d'assainissement existants : les principaux réseaux ayant un impact sur le tracé sont les gros collecteurs d'assainissement. En effet, ils sont gravitaires et peuvent donc difficilement être déviés. De plus, ils sont de taille importante en région parisienne (diamètre de plusieurs mètres) et profondément enterrés, en particulier le réseau interdépartemental géré par le SIAAP¹¹.

Les réflexions ont fait évoluer le tracé que sur des secteurs localisés :

- Entre les gares de Bagneux et Arcueil-Cachan : la courbure du tracé a été optimisée,
- Au niveau de l'ouvrage rue Jules Joffrin : la courbure du tracé a été optimisée,
- Entre les ouvrages Rue de Rome et Université Créteil (y compris la gare Vert de Maisons) : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Entre les gares de Créteil L'Echat et de Saint-Maur Créteil : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Voie d'accès au SMR de Champigny : le tracé de cette voie a été optimisé, en particulier la courbure,
- Entre les ouvrages de la rue du Ballon et Boulevard du Ru de Nesles : la courbure du tracé a été optimisée.

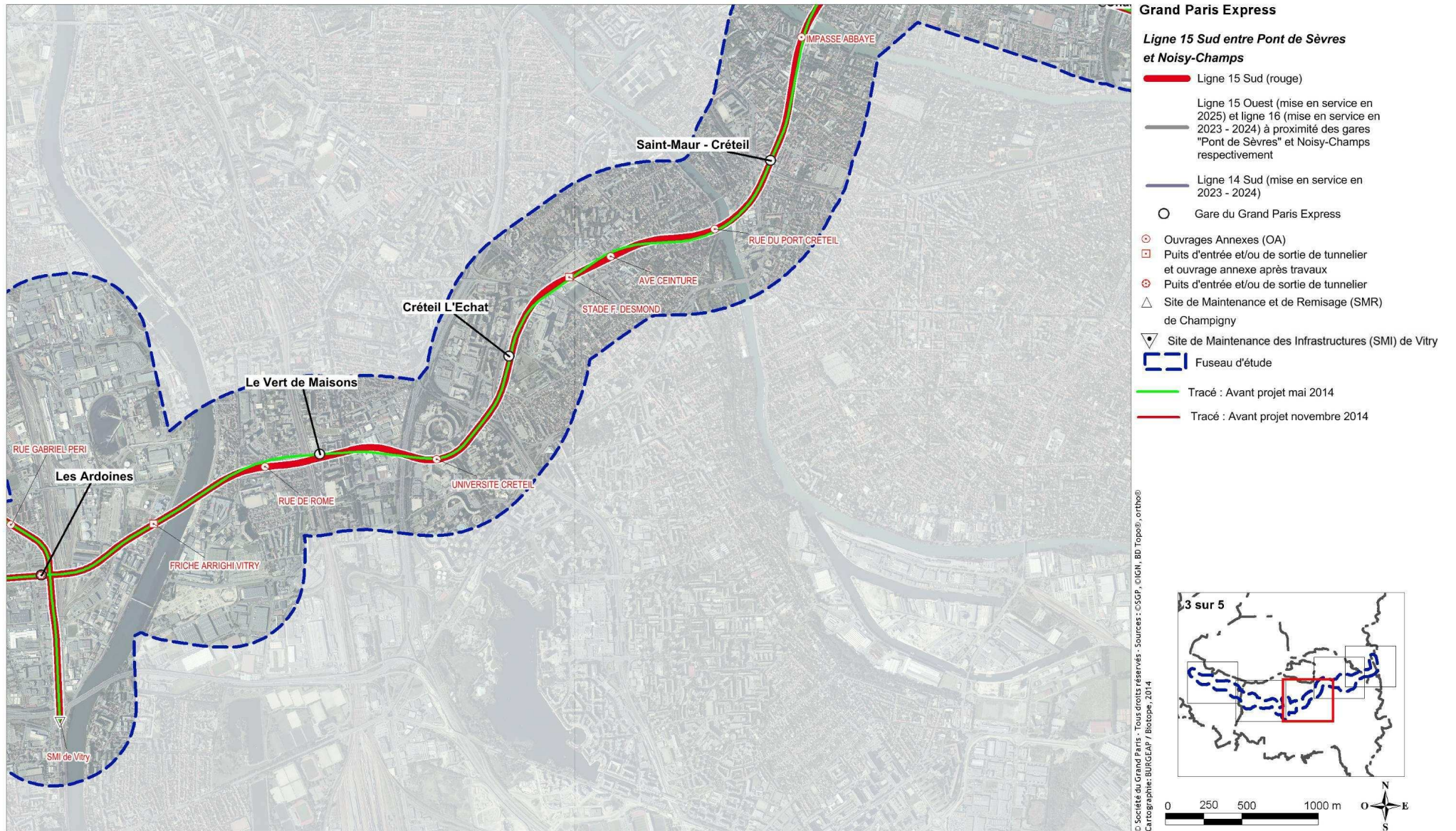
Les optimisations ont pour but de rechercher des économies en ajustant les caractéristiques de l'ouvrage. Elles permettent, outre un gain financier, des économies de matériaux de construction et de consommations diverses qui sont favorables à l'environnement.

Seules les cartes où les modifications sont les plus importantes sont présentées ci-dessous. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la pièce B.2 de la présente étude d'impact pour les autres cartes.

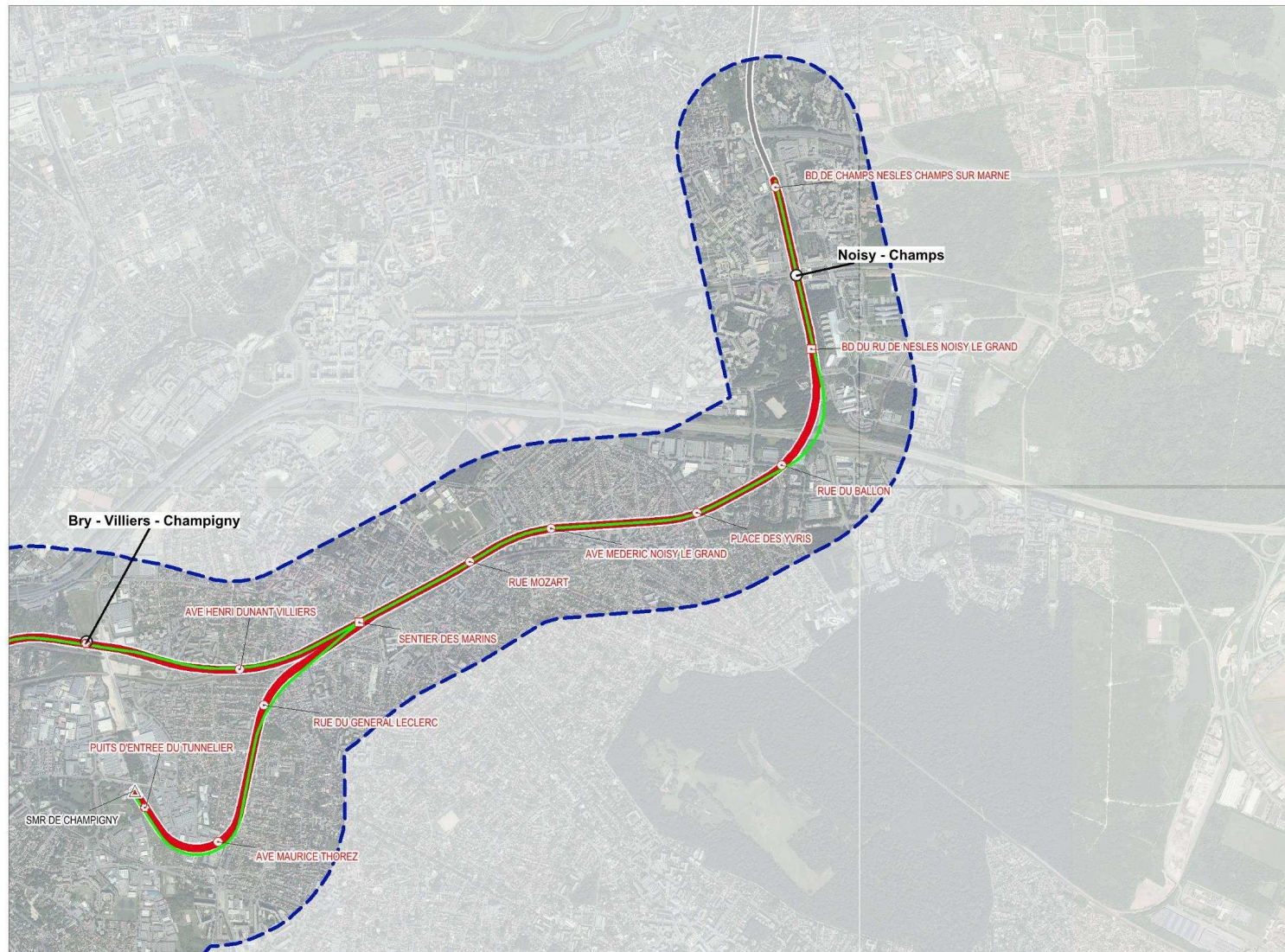
¹⁰ Aquifère : Couche de terrain ou roche suffisamment poreuse pour contenir une nappe d'eau souterraine.

¹¹ SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne.

Variations de tracé au cours de la phase d'avant-projet (source : Société du Grand Paris) – Section Les Ardoines – Saint-Maur Créteil



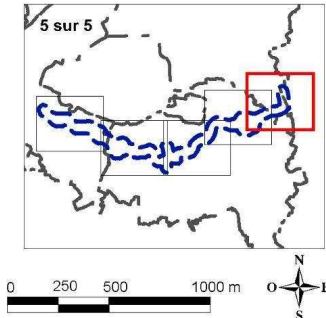
Variations de tracé au cours de la phase d'avant-projet (source : Société du Grand Paris) – Section Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs



Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023 - 2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et Noisy-Champs respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023 - 2024)
- Gare du Grand Paris Express
- ⊙ Ouvrages Annexes (OA)
- ⊠ Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- ⊙ Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- △ Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- ▽ Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- ⬡ Fuseau d'étude
- Tracé : Avant projet mai 2014
- Tracé : Avant projet novembre 2014

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés. Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, ortho®
 Cartographie: BUREAU 7 Architecture, 2014



4.5.2 Variantes de localisation des gares

S'agissant des gares, le dossier présentant pour les gares différentes zones d'implantation des ouvrages. Des analyses multicritères ont permis de retenir les scénarios les plus pertinents. Suite à la déclaration d'utilité publique de la Ligne 15 Sud prise par décret en Conseil d'Etat le 24 décembre 2014, il n'est pas opportun de présenter à nouveau toutes ces premières variantes dans le cadre de cette étude d'impact. Un rappel est néanmoins présenté ci-après, avec l'exemple de la gare de Villejuif Louis Aragon.



Rappel - Extrait du dossier DUP Ligne 15 Sud (2013) – gare de Villejuif Louis Aragon

Comme indiqué en introduction, à ce stade du projet, les variantes étudiées sont plus restreintes, elles concernent en adaptation fine de la localisation de la gare ou de ses caractéristiques. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud n'ont pas fait l'objet de nouveaux scénarios depuis la procédure de DUP.

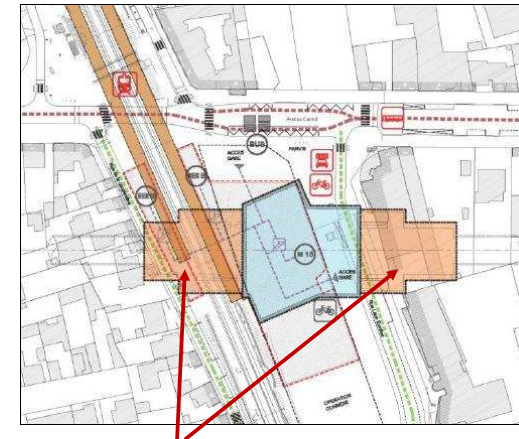
Les adaptations des gares ont porté sur différents critères :

- Choix de localisation des accès à la gare
- Forme des structures et adaptation des méthodes constructives
- Caractéristiques des ouvrages de correspondances avec les gares existantes
- Mise en œuvre d'un projet connexe
- Modification non substantielle de la localisation de la boîte gare.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la rubrique 4.5 de la pièce B.2 du présent dossier.

Exemple pour la gare d'Arcueil-Cachan :

Initialement, une partie de la boîte était prévue en méthode traditionnelle, en souterrain.



Scénario : zones construites en souterrain (Source : Société du Grand Paris)

Les travaux prévoient dorénavant le recours à la méthode dite à ciel ouvert, l'ensemble de la gare sera construite depuis la surface. Une partie sera construite sous une dalle ripée au niveau des voies ferrées existantes.



Scénario : construction de la gare depuis la surface et sous dalle ripée (Source : Société du Grand Paris)

4.5.3 Variantes de localisation des ouvrages annexes

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après. Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et par exemple être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Pour définir les sites d'implantation des ouvrages annexes, plusieurs critères ont été pris en compte :

- La prise en compte des prescriptions de l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes, qui prévoient notamment que la distance entre deux puits de sécurité ne peut être supérieure à 800 mètres.
- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.
- Les grilles de ventilation doivent être situées à plus de 8 mètres de façades avec ouvertures.
- Les ouvrages de sécurité doivent pouvoir être facilement accessibles aux engins des secours.
- La distance entre l'ouvrage de sécurité et le tunnel est recherchée doit être minimisée pour réduire les coûts de construction des ouvrages.
- Des phases de négociation ont été mises en place avec les collectivités concernées sur le choix des sites à privilégier : éloignement des écoles, maintien des espaces verts et naturels, maintien des circulations en phase travaux...

4.5.4 Variantes des puits de départ de tunnelier

Du fait des nuisances potentielles liées à leur fonctionnement, les puits de départ des tunneliers représentent des ouvrages sensibles :

- Création d'une boîte souterraine pour installer le tunnelier
- Apport de voussoirs pour la construction du tunnel
- Evacuation, tri, gestion et évacuation des déblais issus du creusement du tunnelier
- Un fonctionnement du tunnelier 24h/24. Sur ce point, il convient de préciser, que si le tunnelier fonctionne sur de longues périodes, il n'est pas prévu d'activités importantes chantier au niveau du puits de départ la nuit.

Le planning fixé par le Gouvernement pour la mise en service de la Ligne 15 Sud nécessite d'engager le creusement du tunnel à partir de plusieurs points. Les vitesses de creusement d'un tunnelier sont d'environ :

- De 10 à 12 mètres par jour dans des terrains de bonne qualité,
- De 8 à 10 mètres par jour dans des terrains sensibles.

Le plan d'organisation des tunneliers permet de s'assurer de l'avancement dans les délais du creusement du tunnel.

De plus, au-delà de 10 kilomètres de creusement, le tunnelier nécessite de lourdes opérations d'entretien, notamment le changement de la roue de coupe et des outils de coupe. Ces actions en souterrain sont difficiles, et longues. La rentabilité du tunnelier n'est pas assurée.

Le choix des sites d'implantation des puits de départ s'est appuyé sur plusieurs critères :

- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.

- Les sites doivent permettre d'assurer une évacuation des déblais et l'apport de matériaux sans entraîner de nuisances trop fortes pour les riverains
- Les sites situés à proximité de la voie d'eau ou de lignes ferrées sont privilégiés pour limiter le recours à la circulation de camions, dans le respect des orientations retenues par la Société du Grand Paris pour la gestion des déblais liés au projet.

A contrario, les puits de sortie de tunnelier ne représentent pas d'enjeu sensible. En fin de creusement, les tunneliers sont démontés en fond de boîte et évacués sur quelques camions.

Raisons ayant conduit au choix de localisation des puits de départ de tunnelier

Puits de départ de tunnelier	Ouvrage de sortie du tunnelier	Raisons ayant conduit au choix retenu
Ile de Monsieur	Gare de Fort d'Issy-Vanves Clamart	<ul style="list-style-type: none"> x Point de départ de la Ligne 15 Sud x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Habitations éloignées x Proximité d'axes routiers structurants x Evitement du bas du parc de Saint-Cloud
Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart	OA 1801P - Parc Robespierre	<ul style="list-style-type: none"> x Liaison directe avec la voie ferrée pour l'évacuation x Liaison possible par voie routière pour rejoindre les quais de Seine x Parcelle de l'ancienne gare de marchandises de Clamart adaptée pour un ouvrage de puits de départ
OA 1801P - Parc Robespierre	Gare de Villejuif Louis Aragon	<ul style="list-style-type: none"> x Proximité avec l'axe routier structurant RD 920 x Site non concerné par les futurs chantiers de la ZAC Victor Hugo x Parcelle permettant d'éviter une emprise du chantier sur des parcelles privées supplémentaires
Gare des Ardoines	OA 1401P - Centre technique municipal	<ul style="list-style-type: none"> x Lancement du tunnelier dans l'emprise du chantier de la gare x Zone en reconversion avec habitations éloignées
OA 1302P - Friche Arrighi	OA 1103P - Stade F Desmont Gare de Villejuif Louis Aragon	<ul style="list-style-type: none"> x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Espace disponible pour un chantier d'évacuation des déblais x Habitations éloignées x Friche industrielle non utilisée
Gare de Bry-Villiers-Champigny	OA 1103P - Stade F. Desmont	<ul style="list-style-type: none"> x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux
Avant gare de Noisy-Champs	Gare de Bry-Villiers-Champigny	<ul style="list-style-type: none"> x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux

4.5.5 Variantes de localisation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud

Les sites de maintenance représentent des installations de type industriel d'envergure. Leur localisation nécessite la prise en compte de nombreux critères qui sont :

- Site à proximité de la 15 Sud, facile à raccorder à la ligne principale (raccordement pas trop long pour éviter les haut-le-pied/gagner en temps d'exploitation immobilisation du train) ;
- Possibilité de raccordement au réseau RFN pour le SMI ;
- Grandes surfaces difficiles à trouver dans des territoires urbanisés. Environ 5 ha pour un site de maintenance des infrastructures (SMI) et 8 ha pour un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) ;
- Géométrie particulière : sites allongés ;
- Bon accès viaire et routier (il faut que nos sites soient accessibles par des convois exceptionnels donc que les routes à proximité le permettent) ;
- Foncier maîtrisable dans la temporalité du projet.

Les sites de maintenance s'implantent dans des quartiers en reconversion, ils représentent des leviers d'un point de vue développement urbain par le traitement architectural qualitatif du projet mais aussi et surtout des leviers économiques par le nombre d'emplois créés dans des zones industrielles en désuétude.

A ce stade d'avancement, les études techniques portent sur l'architecture des bâtiments, et les fonctionnalités industrielles à l'intérieur des sites de maintenance : localisation des ateliers, disposition des circulations des trains et du personnel, dimensionnement des locaux techniques et administratifs. Des perspectives paysagères sont présentées à titre indicatif dans la description détaillée des sites de maintenances du présent document.

Les variantes étudiées dans le cadre de la procédure de DUP en 2013 sont rappelées dans la pièce B2 de la présente étude d'impact. Le lecteur est invité à s'y référer pour retrouver les raisons ayant conduit aux choix retenus pour les deux sites de maintenance de la Ligne 15 Sud.

5. Analyse des impacts et mesures associées

5.1 Climatologie

5.1.1 Analyse/interprétation

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

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

5.1.2 Conclusions

Le projet n'influe pas sur le climat francilien de façon perceptible, ni en phase chantier, ni en phase d'exploitation.

Aucun impact n'est identifié. Aucune mesure n'est nécessaire.

5.2 Foudre

5.2.1 Analyse/interprétation

Le risque de foudroiement et les conséquences d'un foudroiement sont étudiés pour des projets de ce type.

Dans le cas présent, l'analyse porte sur une évaluation de la probabilité de foudroiement des installations et des conséquences d'un tel foudroiement.

Le caractère souterrain du projet limite fortement la probabilité de foudroiement en restreignant les surfaces accessibles à la foudre aux émergences des ouvrages et aux ouvrages aériens.

De nombreuses émergences présentent une probabilité très faible de foudroiement pour les raisons suivantes :

- Elles sont intégrées à d'autres ouvrages ou bâtiments (cas de certaines gares),
- Elles sont environnées de bâtiments nettement plus hauts (cas de certaines gares),
- Elles sont situées au ras du sol (cas de nombreux ouvrages annexes).

Les seules émergences présentant une surface significative dans un environnement peu élevé sont les deux sites de maintenance, la gare de Noisy-Champs et la gare de Villejuif IGR.

En cas de foudroiement, le premier risque est l'arrêt du fonctionnement des installations électriques de l'ouvrage foudroyé et ses conséquences : arrêt de la ventilation, des appareils électriques de type escalators, etc.

Les bases chantier sont également concernées par ce risque. En effet, elles comportent toutes au moins un engin de grande hauteur (grue de taille variable, pelle mécanique) dont la flèche présente une hauteur comparable ou supérieure à celle du bâti voisin.

5.2.2 Conclusions

Le risque de foudroiement concerne avant tout le projet lui-même au travers du fonctionnement du chantier et de l'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Le foudroiement de matériels de chantier est susceptible d'engendrer des perturbations dans le fonctionnement du chantier lui-même : le matériel foudroyé est arrêté, voire détruit.

Le foudroiement des parties aériennes des ouvrages en phase d'exploitation est susceptible d'engendrer des perturbations dans l'exploitation de la ligne : l'alimentation électrique totale ou partielle arrête le fonctionnement du métro et/ou de certains appareils.

Dans les deux cas, un risque d'incendie résultant du foudroiement existe, soit par atteinte de produits combustibles, soit par court-circuit électrique.

Les mesures consistent à prendre les dispositions nécessaires contre la foudre en intégrant aux ouvrages concernés et dans l'organisation du chantier les dispositifs anti foudre (paratonnerre, liaisons des installations électriques à la terre, disjoncteurs) et les moyens permettant de pallier l'arrêt de l'alimentation électrique.

La gestion du risque incendie relève de la réglementation en vigueur, soit au niveau du code du travail (phase chantier), soit au niveau de la réglementation des Etablissements Recevant du Public (exploitation). Elle est donc de fait intégrée à la conception du projet.

La construction des parties aériennes du projet ne modifie pas significativement le risque de foudre pour les bâtiments riverains de chaque émergence car cette émergence est en général de taille inférieure ou comparable au bâti existant, quand elle n'est pas intégrée à un bâtiment.

Dans quelques cas, le bâtiment de l'émergence ou abritant l'émergence est de taille supérieure au bâti voisin : dans ce cas, le risque de foudre des bâtiments voisins est potentiellement diminué. L'impact serait donc positif.

Les effets du projet en termes de risques de foudroiement concernant d'abord les éléments du projet lui-même, les mesures de gestion de ce risque sont intégrées à la conception du projet.

Les effets externes du projet sont très faibles, voire positifs dans certaines configurations.

Il n'est donc pas prévu de mesures spécifiques d'évitement, de réduction ou de compensation en dehors des mesures intégrées au projet.

Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement concernant le risque de foudre – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections – Ensemble de la ligne	Présence d'engins susceptible d'attirer la foudre (grues, pelles mécaniques)	<i>Impact direct</i> Immobilisation et/ou destruction de l'engin foudroyé	Mesures d'évitement et de réduction Mise en place de paratonnerre et de parafoudre sur les engins et matériels qui ne sont pas déjà équipés par les constructeurs
		<i>Impact indirect</i> Aucun	Mesures de compensation Aucune Mesures de suivi dans le temps Aucune

Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement concernant le risque de foudre – phase exploitation

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas d'enjeux	<i>Pas d'impact</i>	Mesures d'évitement Pas de mesure Mesures de réduction Mise en place de paratonnerre et de parafoudre sur les bâtiments Présence de moyens électriques de secours Mesures de suivi dans le temps Aucun Impacts résiduels Aucun
Issy RER à Arcueil-Cachan	Pas d'enjeux	<i>Pas d'impact</i>	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Gare de Villejuif IGR présentant une grande toiture et situé en un point haut	<i>Impact direct</i> Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	<i>Pas d'impacts</i>	
Vitry Centre à Champigny Centre	SMI Vitry présentant une grande toiture et situé en zone de bâti peu élevé	<i>Impact direct</i> Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	<i>Pas d'impacts</i>	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Noisy-Champs et SMR Champigny présentant une grande toiture et situé en un point haut et en zone de bâti peu élevé	<i>Impact direct</i> Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	<i>Pas d'impacts</i>	

Légende :

<i>Pas d'enjeu</i>	<i>Enjeu Faible</i>	<i>Enjeu Modéré</i>	<i>Enjeu Fort</i>
<i>Pas d'impact</i>	<i>Impact Faible</i>	<i>Impact Modéré</i>	<i>Impact Fort</i>

5.3 Relief

5.3.1 Analyse/interprétation

Le profil en long est entièrement souterrain (voir la coupe géologique dans la partie géologie de l'état initial). Le tunnel lui-même n'a donc aucune incidence sur la topographie de la surface du sol. Il a été adapté pour permettre la réalisation de pentes maximales pour un métro souterrain, sans perte de performance.

De plus, la forte occupation du sous-sol ne permet pas une position du tunnel à moins de 15 m de la surface du sol actuelle.

Seules les émergences sont éventuellement concernées : implantées dans des zones déjà fortement urbanisées, les modifications topographiques restent à l'échelle des parcelles ou des groupes de parcelles d'implantation des ouvrages. Elles sont non significatives à l'échelle du quartier et à plus grande échelle (commune ou plus grand).

La phase chantier est également concernée avec les travaux de terrassement et le stockage de déblais dans les bases chantier. Dans le premier cas, seule l'emprise chantier, impactée par les travaux, voit sa topographie modifiée par les terrassements. Dans le second, l'impact est limité aux zones de stockage, soit des zones encore plus réduites.

En revanche, les déblais issus des excavations et exportés provoqueront des modifications de relief aux endroits où ils seront stockés ou utilisés. Ces modifications ont été ou seront prises en compte dans les procédures réglementaires des installations de stockage utilisées ou des projets concernés.

5.3.2 Conclusions

Pour le tunnel, l'impact sur la topographie est nul. Pour les émergences, l'impact sur la topographie est non significatif à l'échelle du quartier et à celle de la commune. Aucune mesure n'est envisagée. En phase chantier, l'impact est très faible à nul : les mesures consistent à diminuer le volume du stock de déblais par une gestion en flux tendu ou à la masquer par des aménagements de type palissade.

Synthèse des impacts du projet sur l'environnement concernant le relief

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

5.4 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation

5.4.1 Analyse/interprétation

Le contexte hydrographique de surface est contraignant au regard de l'insertion du projet dans certaines zones de débordement de la Seine : **une partie des ouvrages émergents du projet est obligatoirement implantée en zone inondable** pour des raisons liées aux obligations de desserte de certaines de ces zones en correspondance avec des gares existantes et aux obligations réglementaires sur la conception et le fonctionnement des tunnels.

Or, l'implantation d'ouvrages en zone inondable est réglementée pour préserver la sécurité des personnes et des biens :

- Par la réglementation sur l'eau (code de l'environnement),
- Par les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) : les zones inondables concernées sont toutes couvertes par un PPRI en vigueur.

Trois zones sont concernées par ces problématiques :

- La section comprise entre l'ouvrage annexe Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER : la Seine est concernée,
- La section comprise entre l'ouvrage annexe du Centre Technique municipal (Vitry-sur-Seine) et celui du Stade François Desmots (Créteil) : la Seine est concernée,
- Le secteur de la boucle de la Marne entre l'ouvrage annexe Avenue Ceinture (Créteil) et la gare de Champigny Centre.

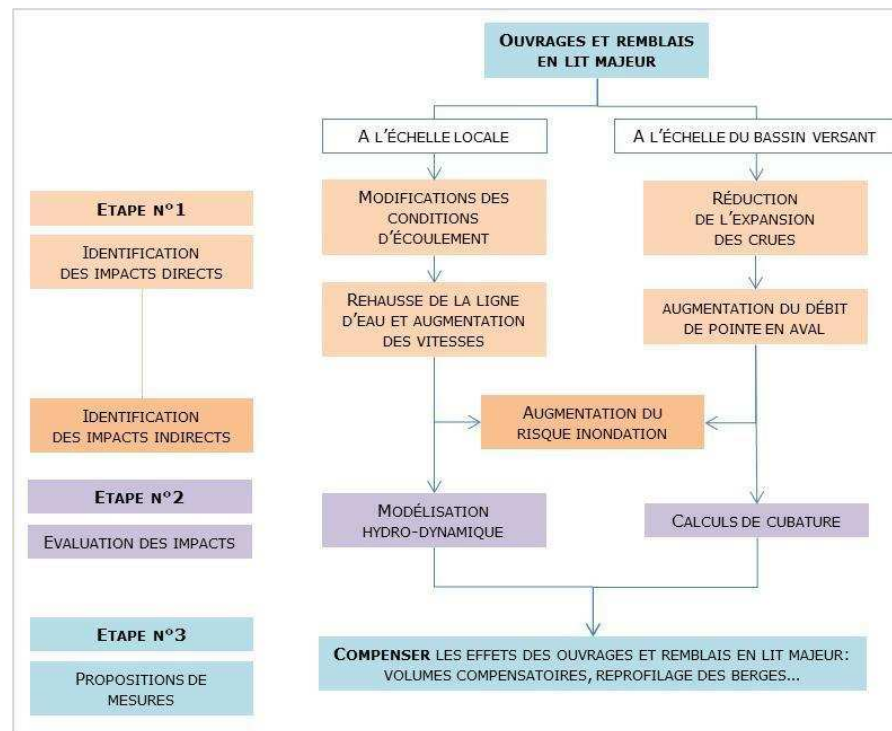
La stratégie mise en œuvre repose sur les objectifs suivants édictés par la réglementation :

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

La principale mesure de protection des personnes et des biens est la mise hors d'eau de l'ensemble de l'infrastructure jusqu'à la cote de crue centennale (celle de 1910), augmentée de 20 cm. La cote de crue dépend du bief de la Seine ou de la Marne concernée.

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

1. Etape n°1 : identification des impacts directs et indirects. Pour les impacts directs, il s'agit des impacts à l'échelle locale du projet (modifications des conditions d'écoulement) et des impacts à l'échelle globale du bassin versant (augmentation du débit de pointe à l'aval) ;
2. Etape n°2 : évaluation des impacts. L'évaluation des impacts a été réalisée avec une modélisation hydraulique et un calcul de cubatures ;
3. Etape n°3 : propositions de mesures, afin de limiter au maximum les impacts du projet, telles que la compensation des volumes soustraits à la crue.



La mise en œuvre des travaux du projet et à terme de son exploitation est susceptible d'entraîner :

- Une modification des surfaces disponibles à la crue ainsi que des volumes de stockages des crues. La transparence hydraulique est potentiellement modifiée sur certains secteurs,
- Une pollution accidentelle ainsi que la mise en suspension de particule au sein des eaux de ruissellement,
- Une modification locale des écoulements et rejets d'eau pluviale, au niveau des gares créées et dans les zones les plus accidentées, où le ruissellement est le plus rapide.

Pour chaque ouvrage concerné, une analyse détaillée des impacts sur l'expansion de la crue et la circulation de l'eau a été réalisée.

Pour l'ensemble des ouvrages :

- Les dispositions d'organisation du chantier ne créent pas d'impact significatif sur les modalités locales d'écoulement de l'eau en période de crue,
- La disposition du terrain après travaux, en phase d'exploitation, permet de maintenir un volume disponible à la crue équivalent à l'existant et ne crée pas d'impact significatif sur les modalités locales d'écoulement de l'eau en période de crue.

Ces dispositions sont conformes aux prescriptions des PPRI concernés.

5.4.2 Conclusions

Des mesures générales de limitation des impacts ont été appliquées à tous les ouvrages en fonction des possibilités offertes par le contexte local et les fonctions attendues de chaque ouvrage.

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

Quatre gares de la Ligne 15 Sud sont toutefois situées en zone inondable : gare du pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt, gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine et gare de Vert de Maisons à Alfortville, gare de Saint-Maur Créteil.

La principale mesure de réduction du risque inondation est de **réduire la vulnérabilité des futurs aménagements**. Pour ce faire, l'ensemble des émergences de l'infrastructure situées en zone inondable sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm.

En phase travaux, l'ensemble des puits seront mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm. Une paroi périphérique permettra ainsi de rehausser celles des puits. Cette mesure essentielle permettra d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers et dans le tunnel.

La **réduction de l'impact des aménagements sur les crues** a conduit à un important travail d'optimisation en phase de conception.

Pour les ouvrages autres que la gare de Pont de Sèvres et les OA de l'Île de Monsieur et de la friche Arrighi, un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage.

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

- la démolition de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;
- le décaissement du terrain naturel ;
- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures ;
- la création de bassins enterrés dédiés à la compensation des crues.

Pour la gare de Pont de Sèvres et les OA de l'Île de Monsieur et de la Friche Arrighi, ce bilan a également été réalisé en plus des éléments indiqués ci-dessous liés au fait que ces ouvrages se situent à la limite entre le lit mineur, zone d'écoulement « habituel » de la Seine (seul cours d'eau concerné), et le lit majeur, zone inondable en cas de débordement.

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

En phase chantier, les bases vie seront installées sur pilotis au-dessus de la côte de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux.

Les sites de l'Île de Monsieur et de la Friche Arrighi, sièges d'un puits d'attaque de tunnelier, feront l'objet d'aménagements particuliers en phase chantier : **ils vont servir de plateforme portuaire** pour l'évacuation des déblais produits et pour l'approvisionnement des tunneliers concernés.

Ces plateformes seront mises en œuvre sur les mêmes principes :

- préparation des postes d'amarrage : sur ces deux sites les postes d'amarrage existents mais n'ont pas été utilisés depuis longtemps. La qualité des poteaux d'amarrage (ou Ducs d'Albe) sera vérifiée et les poteaux défectueux remplacés,
- la profondeur au droit des postes d'amarrage sera également vérifiée en fonction des barges qui seront utilisées. En cas d'insuffisance, un dragage local pourra être mis en œuvre au démarrage du chantier et pendant la période d'utilisation,
- le quai actuel de la Seine ne sera pas modifié : les installations de chargement et de déchargement des barges seront implantées en arrière du quai.

Les images ci-dessous présentent le travail d'optimisation de la forme extérieure de la gare de Pont de Sèvres en vue de limiter les impacts sur l'écoulement de la Seine :

- le niveau supérieur a été abaissé côté Seine pour limiter le volume pris à la crue,
- la forme de la paroi du quai a été retravaillée pour « arrondir les angles » et limiter les perturbations sur les écoulements.



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

La synthèse est présentée ci-dessous successivement sous trois formes :

- un tableau reprenant les sections générales et présentant l'approche générale,
- deux tableaux présentant la synthèse par ouvrage des impacts sur les conditions d'écoulement, l'un en phase chantier, l'autre en phase exploitation,
- un tableau présentant la synthèse par ouvrage des volumes pris à la crue et compensés.

Impacts et mesures d'accompagnement – Eaux superficielles et gestion du risque inondation

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur compris entre l'Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER	OA Ile de Monsieur : inscrit en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier - Impact résiduel faible en phase d'exploitation	<p>PHASE CHANTIER</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction</p> <p>Respect des préconisations réglementaires du PPRI</p> <p>Mise en place d'un Plan de Secours en cas de crue de la Seine ou de la Marne</p> <p>Mesures de suivi</p> <p>Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant</p> <p>PHASE EXPLOITATION</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction</p> <p>Mise en œuvre de dispositifs étanches d'obturation en cas d'implantation des ouvrages sous les côtes d'inondation sur le secteur de Pont de Sèvres</p> <p>Inondabilité des excavations au niveau de Vitry et de la boucle de la Marne</p> <p>Mesures de compensation</p> <p>Restitution des volumes pris à la crue dans les zones d'expansion</p> <p>Restitution des surfaces prises à la crue dans les zones d'expansion (par tranches altimétriques)</p> <p>Mesures de suivi</p> <p>Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant</p>
		Gare de Pont de Sèvres : inscrite en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier – Impact significatif en phase d'exploitation.	
		OA ZAC ZAEM : impact potentiellement modéré à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière en phase travaux (stockage de déblais en zone inondable)	
	OA Place de la Résistance : impact résiduel faible en phase exploitation à l'échelle du lit majeur de la Seine		
Le lit mineur est impacté par le projet entre l'Ile de Monsieur et la gare de Pont de Sèvre en phase chantier	OA Ile de Monsieur : mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine - régénération des poteaux d'amarrage et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage Impact faible en phase exploitation		
	Gare de Pont de Sèvres : la gare est construite en partie dans le lit mineur de la Seine. Pour la construction de la gare, une estacade au-dessus de la Seine est prévue pour supporter une voie de déviation du trafic routier Impact modéré en phase exploitation		
Vitry Centre à Champigny Centre	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Créteil, Saint-Maur-des Fossés et Champigny-sur-Marne	<p>OA Centre Technique Municipal : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>Gare Les Ardoines : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Rue Gabriel Péri : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>SMI Vitry : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Friche Arrighi : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Rue de Rome : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>Gare de Vert de Maisons : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Université Créteil : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p>	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
		<p>OA Créteil L'Echat : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Rue du Port : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>OA Impasse Abbaye : en zone Orange PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation</p> <p>Impact potentiellement modéré en phase travaux à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière (stockage de déblais en zone inondable)</p>	
		<p>Gare des Agnettes et des Grésillons</p> <p>Impact potentiellement modéré en phase exploitation à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière</p>	
	Le lit mineur est impacté par le projet au niveau de la Friche Arrighi en phase chantier.	<p>OA Friche Arrighi : Mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine : régénération des Ducs d'Albe et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage.</p> <p>Impact faible en phase exploitation</p>	

Légende :

<i>Pas d'enjeu</i>	<i>Enjeu Faible</i>	<i>Enjeu Modéré</i>	<i>Enjeu Fort</i>
<i>Pas d'impact</i>	<i>Impact Faible</i>	<i>Impact Modéré</i>	<i>Impact Fort</i>

Synthèse des impacts sur les conditions d'écoulement en phase chantier

Le tableau ci-dessous présente **la synthèse**, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, **des impacts attendus EN PHASE CHANTIER pour une crue centennale**. Les impacts les plus sensibles se situent en amont direct de l'estacade qui sera installée pendant la durée du chantier au droit de la gare de Pont de Sèvres. Il s'agit d'un impact faible, qui se traduit par un rehaussement de la ligne d'eau maximum de 1,2 cm. Les vitesses sont très localement en impact modéré en lit mineur et en lit majeur au droit de la gare de Pont de Sèvres et de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés à proximité directe des deux ouvrages annexes en Marne : OA rue du Port de Créteil et OA impasse Abbaye.

Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)
OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18*
Gare du Pont de Sèvres	+ 0,03	+ 0,23	+ 0,03	+ 0,14*
OA ZAC SAEM	+ 0,012	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
OA Place de la résistance	+ 0,01	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue Gabriel Péri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,08
OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,05
OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue du Port de Créteil	< 0,01	< 0,1	< 0,01	+ 0,15
OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,1	+ 0,015	+ 0,12

(*) maximum pour la crue cinquantennale

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

Synthèse des impacts sur les conditions d'écoulement en phase exploitation

Le tableau ci-dessous présente **la synthèse**, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, **des impacts attendus EN PHASE EXPLOITATION pour une crue centennale**. Aucun impact significatif n'est mesuré en lit mineur sur l'ensemble des ouvrages. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés en lit majeur à proximité directe des gares Pont de Sèvres et des Ardoines, du SMI ainsi que deux ouvrages annexes, l'OA Ile de Monsieur et l'OA Place de la Résistance.

Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)
OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,16*
Gare du Pont de Sèvres	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18
OA ZAC SAEM	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA Place de la résistance	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,09
OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,015	+ 0,07
OA Rue Gabriel Péri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,09
OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue du Port Créteil	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05

(*) maxima pour la crue T=50 ans

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

Synthèse des impacts et mesures de compensation sur les conditions d'expansion de la crue (volumes pris à la crue)

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ouvrage	Expansion de la crue			Bilan
	Volumes soustraits	Volumes compensés	Type de compensation	
OA Ile de Monsieur	1 640 m ³	+ 1 730 m ³	Décaissé du terrain Optimisation de la géométrie de la gare	0 m ³
Gare du Pont de Sèvres	90 m ³	0 m ³		
OA ZAC SAEM	50 m ³	+ 65 m ³	Décaissé du terrain	+ 15 m ³
OA Place de la résistance	155 m ³	+ 190 m ³	Décaissé du terrain	+ 35 m ³
Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Centre technique municipal	10 615 m ³	+ 19 714 m ³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+0m ³ (9099m ³ pour le SMI)
Gare des Ardoines				
OA Rue Gabriel Peri				
SMI de Vitry-sur-Seine	7 985 m ³	+ démolitions Ardoines 9 099 m ³	Création d'un vide sous le bâtiment	+ 1 114 m ³
OA Friche Arrighi	0 m ³	+ 0 m ³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 60 m ³
OA Rue de Rome	425 m ³	+ 510 m ³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 85 m ³
Gare de Vert de Maisons	7 445 m ³	+ 5 355 m ³ + 2 090 m ³	Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%)	0 m ³
OA Université de Créteil	230 m ³	230 m ³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m ³
Gare de Créteil L'Echat	1 930 m ³	1 930 m ³	Volume de compensation en parking enterré	0 m ³
OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Rue du Port Créteil	205 m ³	205 m ³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m ³
Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA impasse Abbaye	195 m ³	195 m ³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m ³
Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

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

5.5 Hydrographie et gestion des eaux pluviales

5.5.1 Analyse/interprétation

Le contexte hydrographique (cours d'eau) et topographique (relief), combiné à la très forte urbanisation du territoire concerné par la Ligne 15 Sud rend complexe la gestion des écoulements superficiels des eaux ruisselées :

- Les possibilités d'infiltration des eaux de pluie sont réduites par l'imperméabilisation des sols, ce qui augmente les volumes ruisselés,
- Les fortes pentes locales (en particulier à Issy-les-Moulineaux, Arcueil, Cachan, Villejuif et Vitry-sur-Seine) augmentent les vitesses d'écoulement, ce qui crée des désordres en bas des zones à forte pente,
- Les réseaux de gestion des eaux pluviales existant présentent de nombreuses insuffisances.

La réglementation sur l'eau en vigueur (code de l'environnement, règlement des documents d'urbanisme) et les prescriptions des gestionnaires de réseaux de collecte des eaux pluviales ont pour objectif de limiter les effets néfastes dus aux ruissellements.

Elles imposent une gestion adaptée des eaux pluviales sur l'ensemble du territoire traversé par la Ligne 15 Sud.

Les eaux pluviales concernant la surface du sol, seules les émergences des ouvrages de la Ligne 15 Sud sont concernées. Le projet de Ligne 15 Sud est particulier pour la thématique des eaux pluviales : il est constitué d'une suite de 56 sites d'émergences des ouvrages (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) indépendants les uns des autres, car suffisamment éloignés les uns des autres pour que la gestion des eaux pluviales soit indépendante.

5.5.2 Conclusions

Une stratégie globale, applicable à tous les ouvrages mais adaptée à chaque situation, a été définie pour la gestion des eaux pluviales. Cette stratégie est déclinée pour la phase chantier et pour la phase exploitation.

Cette stratégie est également déclinée en gestion des débits ruisselés et gestion de la qualité des eaux ruisselées.

En termes de rejets, le réseau local de chaque site est l'exutoire systématique pour les raisons suivantes :

- L'urbanisation du territoire conduit à la présence systématique de ce type de réseau dans l'emprise chantier ou à proximité immédiate,
- A quelques exceptions près, les émergences ne sont pas situées à proximité de cours d'eau, ce qui rend ce type de rejet inopérant,
- L'infiltration des eaux pluviales est très difficile :
 - o Les sols sont déjà très imperméabilisés, donc peu favorables à l'infiltration,
 - o Le sous-sol est également défavorable car :

- Les deux à trois premiers mètres sont occupés par des remblais de qualité incertaine sur la quasi-totalité du linéaire de la Ligne 15 Sud,
- Les risques géologiques découlant de la circulation des eaux souterraines sont fortement présents : gypse, anciennes carrières.

5.5.2.1 Stratégie en phase chantier

Quel que soit l'ouvrage, l'emprise chantier est la surface la plus grande modifiée par le projet : les travaux nécessitent une surface supérieure à celle de l'ouvrage émergent définitif.

Quel que soit l'occupation du sol actuelle de cette surface, les travaux engendrent sa transformation en une surface de sols tassés et une surface de voirie permettant des circulations.

En termes de débits, cette transformation n'engendre pas toujours une aggravation des débits ruisselés, en particulier lorsque l'état initial est fortement imperméabilisé.

Cependant, **en termes de qualité**, les eaux de ruissellement de chantier sont très chargées et ne peuvent être rejetées directement. Un traitement doit être mis en place systématiquement. Il sera basé sur la décantation. **Une obligation de résultat est imposée au traitement** : abattement de 85 % du taux de matières en suspension et 100 mg/l de concentration maximale en matières en suspension. Les études ultérieures définiront précisément la filière de traitement la plus adaptée en fonction des contraintes locales.

Par ailleurs, le chantier est le lieu d'activités (entretien réparation de matériels) et de stockage de produits susceptibles de polluer les eaux de ruissellement.

Ces éléments, combinés aux exigences des gestionnaires de réseaux, conduisent donc :

- systématiquement à une collecte des eaux de ruissellement par un ouvrage stockeur connecté à un traitement des eaux rejetées connecté au réseau avec un débit imposé par le gestionnaire de réseau ;
- à une régulation, lorsque elle est nécessaire par un ouvrage de rétention de volume adapté ayant un débit de fuite imposé par le gestionnaire du réseau récepteur, et un ouvrage de traitement permettant de décanter suffisamment les eaux.

5.5.2.2 Stratégie en phase exploitation

L'emprise chantier est divisée en deux parties :

- Les espaces publics restitués à l'identiques : il s'agit principalement de voiries temporairement fermées ou déviées ou d'espaces verts,
- Les ouvrages définitifs de la Ligne 15 Sud :
 - o Pour les ouvrages annexes, la surface occupée est réduite à quelques centaines de mètres carrés occupés par des grilles et des trappes,
 - o Pour les gares, cette surface représente celle du bâtiment de la gare ou de celui où est intégrée la gare,
 - o Pour les sites de maintenance, la surface définitive est identique à celle de l'emprise chantier : ces ouvrages nécessitent des surfaces de voirie significatives en plus de celles des bâtiments, qui permettent de confiner le chantier dans l'emprise définitive.

Pour les espaces publics restitués, la gestion des eaux pluviales est identique à celle existant avant les travaux.

Pour les surfaces liées aux ouvrages définitifs :

- Les surfaces imperméabilisées liées aux ouvrages annexes étant très faibles, aucune gestion spécifique des eaux pluviales n'est mise en œuvre :
 - o Pour les ouvrages annexes intégrés à un espace vert, les eaux de ruissellement sont infiltrées dans l'espace vert en limite de chaque zone imperméabilisée,
 - o Pour les ouvrages annexes intégrés à un espace imperméabilisé, les eaux de ruissellement sont rejetées au réseau comme celles de l'espace environnant.
- Pour les gares :
 - o Des gares font l'objet d'une gestion séparée :
 - Les eaux de toiture sont collectées et régulées dans un circuit spécifique comprenant une cuve de régulation interne à la gare, ces eaux pouvant ainsi être récupérées en usage alternatif à l'eau potable,
 - Les eaux des espaces extérieurs (parvis), quand ils existent, sont collectées et rejetées au réseau après régulation.
 - o Pour quelques gares, la gestion est générale, les eaux de toiture étant mélangées aux eaux des espaces extérieurs.
 - o **A trois exceptions près**, les gares de Villejuif IGR, Bry-Villiers-Champigny et Noisy-Champs où le projet conduit à une forte augmentation de la surface imperméabilisée par rapport à la situation initiale, le projet **réduit les débits ruisselés par rapport à la situation initiale, la collecte à part des eaux de toiture renforçant cet effet positif**.
- Pour les sites de maintenance : la surface de l'emprise définitive étant importante (plusieurs hectares à chaque fois), une gestion spécifique est mise en œuvre :
 - o Pour le SMR de Champigny, l'infiltration et la toiture végétalisée seront mise en œuvre car la configuration des lieux le permet. Cependant, l'infiltration ne pourra être qu'un appoint car les sols sont défavorables (forte teneur en argile). Les eaux des surfaces de voiries sont collectées, traitées et régulées avant rejet au réseau.
 - o Pour le SMI de Vitry, le taux d'imperméabilisation du projet est nettement plus fort et les toitures ne se prêtent pas à la végétalisation. Une gestion plus classique est mise en œuvre avec régulation et traitement avant rejet au réseau.

En termes de qualité, les eaux de ruissellement de phase d'exploitation, à l'exception des eaux de voirie des sites de maintenance, sont nettement moins chargées que les eaux de chantier, en particulier parce que ce sont des eaux de surfaces piétonnes ou de toiture. Le traitement de ces eaux n'est mis en œuvre que pour les surfaces importantes : il est associé aux ouvrages de régulation sous forme de regards aménagés pour retenir les flottants et faire une décantation.

Cette stratégie conduit à aucun rejet en milieu naturel à l'exception d'une infiltration marginale au niveau des ouvrages annexes.

L'application de cette stratégie à l'ensemble des ouvrages de la Ligne 15 Sud est résumée dans les tableaux ci-dessous qui indiquent la surface prise en compte, les volumes de rétention en phase chantier et en phase exploitation, avec le débit de fuite utilisé et si les eaux pluviales doivent être traitées ou non.

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Surface définitive OA dont émergences et trappes techniques	Débit de fuite	Volume de rétention phase chantier	Volume de rétention phase exploitation	Traitement des eaux pluviales	
	m ²	m ²				l/s/ha	m ³
OUVRAGES ANNEXES							
2203P ZAC SAEM	3300	1140	1	104	0	Oui	Non
2201P PLACE DE LA RÉSISTANCE	3223	1327	1	100	0	Oui	Non
2101P PARC HENRI BARBUSSE	4370	680	1	13	8	Oui	Non
2002P SQUARE MALLERET JOINVILLE	1300	550	1	24	0	Oui	Non
2001P FORT DE VANVES/J. MERMOZ	2370	604.5	1	62	0	Oui	Non
1902P CIMETIÈRE PARISIEN	1700	590	1	37	0	Oui	Non
1901P PIERRE-PLATE	1600	350	1	35	0	Oui	Non
1801P PARC ROBESPIERRE	7600	820	2	310	0	Oui	Non
1702P SQUARE GENERAL DE GAULLE	1700	370	1	37	0	Oui	Non
1701P JARDIN PANORAMIQUE	1765	550	1	39	0	Oui	Non
1601P RUE JULES JOFFRIN	1700	914	1	1	8	Oui	Non
1501P RUE DU GENIE	1535	491	1	31	0	Oui	Non
1402P RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY	2270	491	5	53	0	Oui	Non
1401P CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL	7530	1730	5	202	0	Oui	Non
1404P RUE GABRIEL PERI	1670	105	1	36	0	Oui	Non
1301P RUE DE ROME	1690	505	1	36	0	Oui	Non
1201P UNIVERSITE CRETEIL	2115	550	5	51	0	Oui	Non
1102P AVE CEINTURE	1866	288	1	42	0	Oui	Non
1101P RUE DU PORT CRETEIL	1703	491	1	37	0	Oui	Non
1003P IMPASSE ABBAYE	1455	700	1	29	0	Oui	Non
1002P AVE CHARLES FLOQUET	1536	345	1	31	0	Oui	Non
1001P AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY	16120	5100	5	465	0	Oui	Non
0902P RP DU COLONEL GRANCEY	1290	788	1	24	2	Oui	Non
0901P CLOS DU PRE DE L'ETANG	1830	280	1	41	0	Oui	Non
0811P AVE MAURICE THOREZ	2204	990	5	51	0	Oui	Non

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Surface définitive OA dont émergences et trappes techniques	Débit de fuite	Volume de rétention phase chantier	Volume de rétention phase exploitation	Traitement des eaux pluviales	
	m ²	m ²				Phase chantier	Phase exploitation
0810P RUE DU GENERAL LECLERC	1900	105	1	45	0	Oui	Non
0808P AVE HENRI DUNANT VILLIERS	1570	145	1	33	0	Oui	Non
0807P SENTIER DES MARINS	5415	2193	5	141	0	Oui	Non
0806P RUE MOZART	1001	366	1	16	0	Oui	Non
0805P AVE MEDERIC NOISY LE GRAND	2280	410	5	52	0	Oui	Non
0804P PLACE DES YVRIS	3280	815	5	78	19 m3 si recouvrement imperméable de l'OA 5 m3 si recouvrement enherbé	Oui	Non
0803P RUE DU BALLON	1515	105	1	40	1 m3 si recouvrement imperméable de l'OA	Oui	Non
0802P BD DU RU DE NESLES NOISY LE GRAND	Ouvrages intégrés dans les emprises de la gare de Noisy-Champs						
0801P BD DE CHAMPS NESLES CHAMPS SUR MARNE							

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3	Traitement	
					Chantier	Exploitation
OUVRAGES ANNEXES – PUIITS D'ATTAQUE TUNNELIER						
Ile Monsieur	5800	2	277	0	oui	Non
Friche Arrighi	43000	1	539	0	oui	Non
Stade F. Desmond	2800	5	0	0	oui	Non
Puits Tunnelier SMR	37500	5	117	0	oui	Non
GARES						
Pont de Sèvres	25300	2	13	33	oui	oui
Issy RER	10200	2	0	6	oui	oui
Fort d'Issy/Vanves/Clamart	2960	2	15	21	oui	oui
	15570	2	171	137	oui	oui

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3	Traitement	
					Chantier	Exploitation
Châtillon-Montrouge	9400	2	0	31	oui	oui
Bagneux	12900	2	0	31	oui	oui
Arcueil-Cachan	13640	2	0	13	oui	oui
Villejuif IGR	25640	5	82	192	oui	oui
Villejuif Louis Aragon	4000	8	1	6	oui	oui
Vitry Centre	21300	10	35	192	oui	oui
Les Ardoines	14000	10	0	230	oui	oui
Le Vert de Maisons	6500	10	7130	93	oui	oui
Créteil l'Echat	15800	5	0	73	oui	oui
Saint-Maur-Créteil	8600	5	0	26	oui	oui
		10	0	26	oui	oui
Champigny Centre	12400	10	0	137	oui	oui
Bry-Villiers-Champigny	41300	5	130	388	oui	oui
Noisy-Champs	101900	5	320	344	oui	oui
SITES DE MAINTENANCE						
SMR de Champigny	118000	5	1880	1495	oui	oui
SMI de Vitry-sur-Seine	41000	10	3760	4120	oui	oui

0* : signifie qu'un traitement par regards à cloison siphon est mis en place, traitement qui ne nécessite pas de surface

5.6 Géologie et risques géologiques

5.6.1 Présence de carrières

5.6.1.1 Analyse/interprétation

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

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

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée :

- Pour les carrières à ciel ouvert remblayées (secteur de Vitry et de Créteil), le profil en long du tunnel est adapté afin que l'épaisseur de terrain au-dessus de la voûte du tunnel soit suffisante pour que les tassements soient non significatifs pour le bâti sus-jacent. En cas de remblaiement très médiocre de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains peuvent être mis en place. Les études à venir permettront d'identifier et de caractériser ces remblais afin d'adapter au mieux le passage du tunnelier dans ces zones.
- Pour les carrières souterraines (secteur de Clamart à Arcueil principalement), le profil en long du tunnel est ajusté afin que la distance entre la voûte du tunnel et la base des carrières ou la base du tunnel et le toit des carrières soit suffisante afin de préserver l'intégrité des carrières. Cette distance sera ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de « bon » terrain au-dessus ou au-dessous du tunnel. Les hypothèses prises en compte en études préliminaires seront à confirmer dans les études à venir qui permettront d'affiner l'identification et la caractérisation des terrains situés en dessous ou au-dessus des carrières afin de définir la bonne distance à retenir entre le projet et les carrières.

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

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

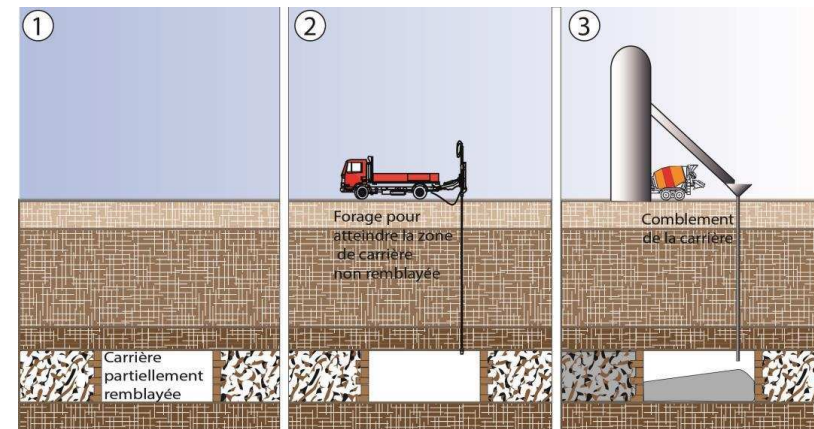
5.6.1.3 Mesures en phase travaux, pour les zones où les études ont montré la nécessité d'un traitement des carrières

Pour la section courante se situant en zone de carrières : des injections ou comblements des carrières (à ciel ouvert ou souterraines) nécessitant un confortement pourront être mis en place.

Plusieurs techniques sont possibles ; le traitement retenu dépendra de différents paramètres dont la distance entre la carrière et le tunnel, le mode de stabilisation préexistant de la carrière, l'état de la carrière, la densité du bâti en surface, la nature des terrains, etc. ...

Deux grandes techniques existent :

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



Principe d'injection d'une ancienne carrière souterraine

- **Comblement à pied d'œuvre** : réalisation du comblement depuis les galeries des carrières, mise en place de murs masques et remplissage par mortier à l'arrière.

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

- **Mise en œuvre d'une méthode d'observation**

- o **Etude de vulnérabilité du bâti** dans les sections les plus contraignantes (exemple de Clamart en raison de la présence identifiée de carrières souterraines) : elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de confirmer les méthodes constructives à retenir. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.
- o **Mise en place de l'auscultation de surface** : cette auscultation dans les zones reconnues comme sensibles aux tassements sera mise en place en amont de la phase

de chantier (environ une année avant le début des travaux de génie civil), afin de mesurer la respiration naturelle du bâti et des ouvrages, et sera maintenue en phase travaux. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations des phases études (estimations faites par un logiciel de modélisation aux éléments finis). Dans le cas de dépassement des valeurs seuils, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées.

En cas d'incident particulier constaté au cours des travaux, ces derniers seront arrêtés et les investigations nécessaires seront menées.

Un exemple de carte et de tableau d'analyse est présenté ci-dessous pour la section comprise entre Chatillon Montrouge et Arcueil Cachan. Ce type d'analyse a été effectué sur l'ensemble des zones identifiées à risque de la Ligne 15 Sud.

5.6.2 Prise en compte du gypse

Le tunnel rencontre des couches géologiques susceptibles de contenir du gypse ou des inclusions de gypse dans deux conditions :

- La couche contenant du gypse cristallin au niveau de Villejuif.
- Des couches géologiques contenant des inclusions de gypse de petite taille : ces inclusions imprègnent les couches inférieures à la couche ci-dessus entre Issy RER et Champigny sur Marne.

Afin de maîtriser au mieux les impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre dans les zones concernées.

5.6.2.1 En phase études

Reconnaitances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques...) : le but sera de lever les incertitudes concernant la zone remaniée entre les gares de Rueil-Suresnes « Mont Valérien » et de Nanterre la Boule.

La Société du Grand Paris poursuivra donc les études géotechniques en cours, qui permettront de définir plus finement la constitution de la zone remaniée.

5.6.2.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des zones sensibles définies par les études préliminaires approfondies (au niveau de la gare de Saint-Cloud et du regard SIAAP) aux tassements sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux

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

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

5.6.3 Prise en compte des argiles

Les phénomènes de retrait/gonflement des argiles ne représentent pas un impact sensible sur le projet, au vu des méthodes de mise en œuvre des différents ouvrages. Par contre, la construction

de l'infrastructure est susceptible d'entraîner des phénomènes de retrait-gonflement des argiles sur des secteurs connexes au projet, présentant des bâtis.

Afin de maîtriser au mieux les impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre dans les zones concernées :

5.6.3.1 En phase études

Etude de vulnérabilité du bâti : elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier.

5.6.3.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des bâtis sensibles définis lors de la réalisation de l'étude de vulnérabilité du bâti (ci-dessus) sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux.

5.6.4 Prise en compte des glissements de terrain

Les impacts liés à la réalisation des différents ouvrages de la Ligne 15sud sont difficilement quantifiables. L'impact est potentiel dans les zone de pente et donc notamment sur Vitry sur Seine, Champigny sur Marne. Il s'entend par :

- Des déstabilisations et/ou destructions potentielles des ouvrages de la ligne en cas de phénomène de glissement de terrain. Or, comme mentionné précédemment, aucun phénomène n'a été enregistré et retranscrit en cartographie par les services du BRGM dans ce secteur.
- L'apparition de phénomènes de glissements liés à la mise en œuvre de l'infrastructure

Les mesures mises œuvre face aux impacts générés par le projet sur ces zones à risques (et inversement) résident principalement dans le respect des prescriptions en vigueur ou en cours d'élaboration présentées précédemment ainsi que par le suivi dans le temps des mesures :

5.6.4.1 En phase études

Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar qui permettent de détecter les mouvements de surface pouvant ainsi être le reflet glissements de terrain.

Reconnaitances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques et géotechniques, analyses hydrogéologiques...).

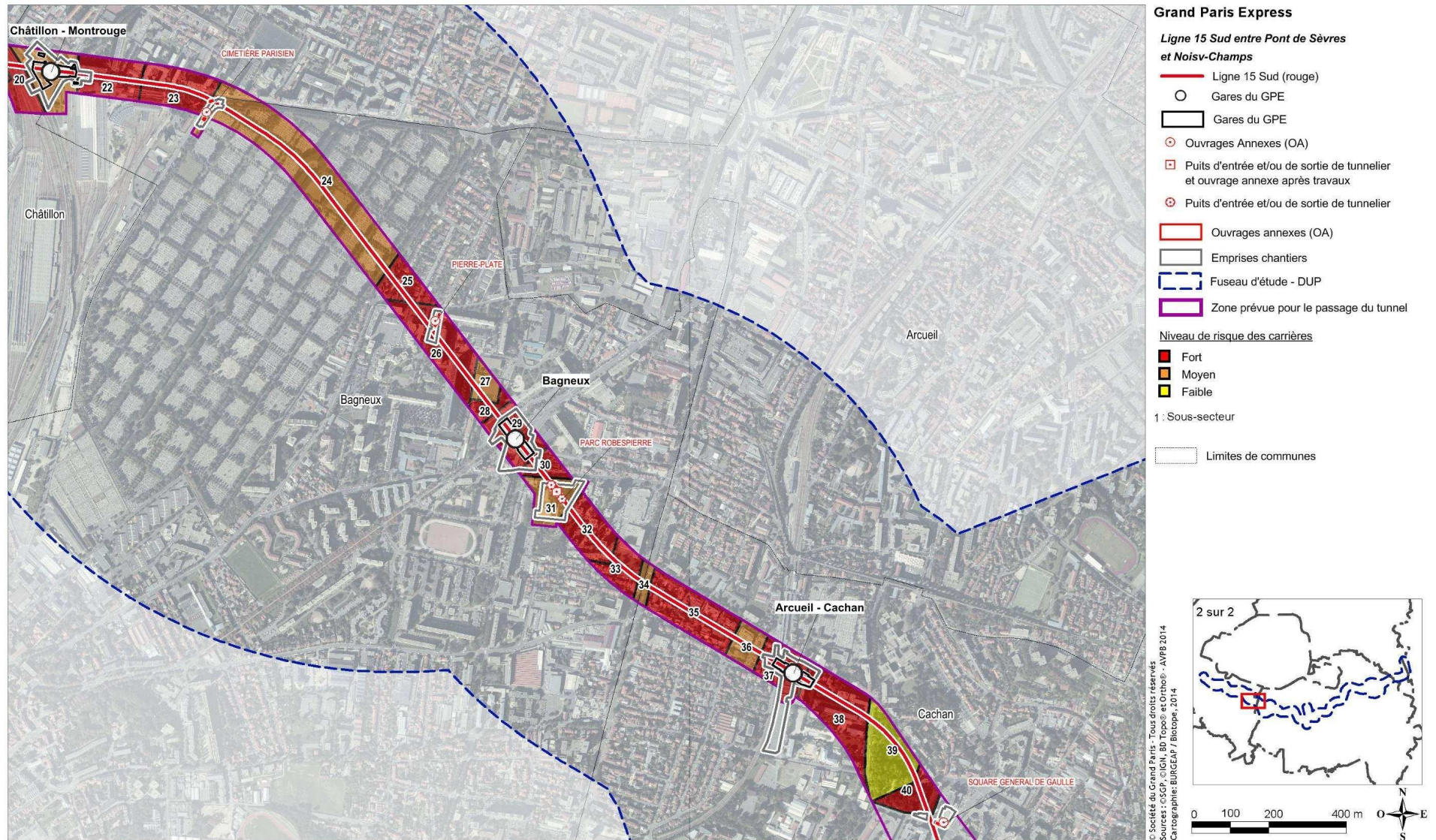
Etude de vulnérabilité du bâti : elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier.

5.6.4.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des bâtis sensibles définis lors de la réalisation de l'étude de vulnérabilité du bâti (ci-dessus) sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux.

Arrêt des travaux et mise en œuvre d'une bande de sécurisation en cas d'apparition de fontis en surface durant la phase chantier, en respect des prescriptions du PPRn – Mouvement de Terrain de Saint-Cloud.

Risques liés aux anciennes carrières souterraines - Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan – Section Châtillon Montrouge – Arcueil Cachan



Impacts et mesures d'accompagnement – géologie et risques géologiques

Critères à enjeu	Caractéristique de l'impact	Mesures mises en œuvre
« Géologie »	<u>Anciennes carrières</u>	
	<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière.	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Présence de nombreuses carrières souterraines sur tout le linéaire du secteur (toutes les gares et ouvrages annexes du secteur sont concernés). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entraînant des niveaux de remblais épais (aux alentours des gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et d'Arcueil-Cachan).	Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Investigations complémentaires sur certains secteurs pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines. Réalisation de visites de carrières, en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC), afin d'identifier et vérifier l'état des carrières existantes. Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface des niveaux de carrières souterraines ou injection sous pression selon l'état, le type et l'accessibilité les zones de traitement envisagée en phase avant-projet sont détaillés au chapitre XX. Confortement par piliers maçonnés de certaines carrières pour qu'elles restent visitables (prescriptions de l'IGC).
	<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau, entraînant des niveaux de remblai parfois épais : localisées autour de la gare Villejuif IGR	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne</u> Présence d'anciennes carrières souterraines ponctuelles au niveau de Créteil (quartier des Buttes-Halage) et Saint-Maur-des-Fossés (sous l'avenue Mahieu). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert ponctuelles entraînant des niveaux de remblais parfois épais sur les communes de Créteil, Saint-Maur et Champigny-sur-Marne	Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes sur l'extension des carrières. Actuellement, pas de traitement envisagé, la campagne actuellement en cours permettra de confirmer ou non les premières hypothèses venant des deux premières campagnes de reconnaissances. En cas d'éléments nouveaux montrant un état de la carrière non compatible avec les objectifs de maîtrise des risques de la Société du Grand Paris des traitements seront envisagés.
	<u>Secteur du plateau de la Brie</u> Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire de Champigny. Ces anciennes carrières n'ont pas été mises en évidence par les sondages.	Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des anciennes carrières. Pas de traitement défini à ce jour.

- <u>Dissolution du gypse</u>	
<u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Dans un premiers temps, les mesures mises en œuvre seront : - - Des reconnaissances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques...) : le but est de caractériser le massif et de repérer d'éventuelles décompressions ou vides. Des reconnaissances seront également réalisées à l'avancement du tunnelier. - - Si des niveaux fragiles sont repérés, ils seront traités soit par injection ou soit par jet-grouting, selon leur taille et la sensibilité de la zone d'influence du creusement (présence de bâti, d'ouvrage sensible, etc.). - <p>Dans un deuxième temps, afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet de la Ligne 15 Sud prévoit de limiter l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes dans les zones susceptibles de développer ce phénomène (mise en place de parois moulées et réalisation du tunnel au tunnelier).</p>
<u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u> <u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u>	
<u>Section Arcueil Cachan – Vitry Centre</u> <u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u>	
<u>Section Vitry centre – Champigny centre</u> <u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u>	
<u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u> <u>(Secteur du plateau de Champigny)</u>	
<u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>	
- <u>Retrait-gonflement des argiles en surface</u>	
<u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>	<p>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul</p> <p>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.</p> <p>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.</p> <p>Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface</p> <p>Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.</p> <p>Al vu de la nature du projet, ainsi que de l'ampleur en conséquence très limitée du phénomène concerné, il n'y a pas de disposition spécifique à mettre en place. En effet, la mise en place d'infrastructure (affranchissement de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation) profonde n'est pas sensible à ce phénomène et n'est pas susceptible de l'amplifier.</p>
<u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u> <u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u>	
<u>Section Arcueil Cachan – Vitry Centre</u> <u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u>	
<u>Section Vitry centre – Champigny centre</u> <u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u>	
<u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u> <u>(Secteur du plateau de Champigny)</u>	
<u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>	

- <u>Retrait-gonflement des argiles en profondeur</u>	
<p align="center"><u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u></p> <p>Absence de couches argileuses dans le sous-sol.</p>	
<p align="center"><u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u> <u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u></p> <p>Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques sur la majorité du secteur.</p> <p>Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques.</p> <p>Les fonds de fouilles des ouvrages annexes de Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4) et Square Général de Gaulle (OA3) sont ancrés dans les Argiles Plastiques</p>	<p>Réalisation d'une auréole de jet-grouting dans les Argiles Plastiques, autour du tunnel.</p> <p>Réalisation d'un bouchon étanche, réalisé par jet-grouting, au préalable à l'extérieur du tympan de la boîte gare, afin de permettre d'abaisser au minimum la pression de confinement à l'entrée de la boîte.</p>
<p align="center"><u>Section Arcueil Cachan – Vitry Centre</u> <u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u></p> <p>Les Argiles Plastiques sont situées à une profondeur importante et ne concernent pas le projet compte tenu de sa position.</p>	<p>En phase chantier, concernant les gares ancrées dans les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques, lors des terrassements (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles.</p>
<p align="center"><u>Section Vitry centre – Champigny centre</u> <u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u></p> <p>Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques entre Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne.</p> <p>La gare de Saint-Maur-Créteil est ancrée dans les Argiles Plastiques.</p> <p>Les fonds de fouilles des ouvrages annexes Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans les Argiles Plastiques.</p>	<p>En phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques.</p>
<p align="center"><u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u> <u>(Secteur du plateau de Champigny)</u></p> <p>Les Argiles Plastiques sont situées à une profondeur importante et ne concernent pas le projet compte tenu de sa position.</p>	

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort
Pas d'impact	Impact Faible	Impact Modéré	Impact Fort

5.7 Hydrogéologie

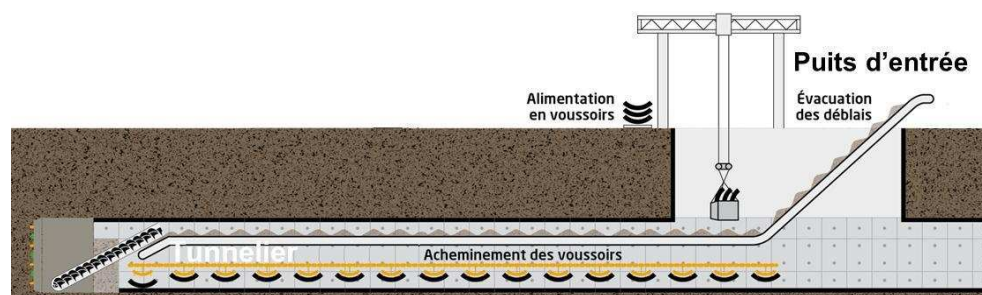
5.7.1 Analyse/interprétation

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

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

5.7.1.1 Les impacts liés à la construction du tunnel

La construction du tunnel avec la technique du tunnelier permet la mise en place directe in situ du tunnel à l'avancement. Elle ne nécessite pas de rabattement de nappe, ni de pompage. La construction du tunnel ne présente pas d'impact significatif sur le fonctionnement des nappes souterraines.



Principe de fonctionnement du tunnelier

5.7.1.2 Les impacts liés à la construction des ouvrages

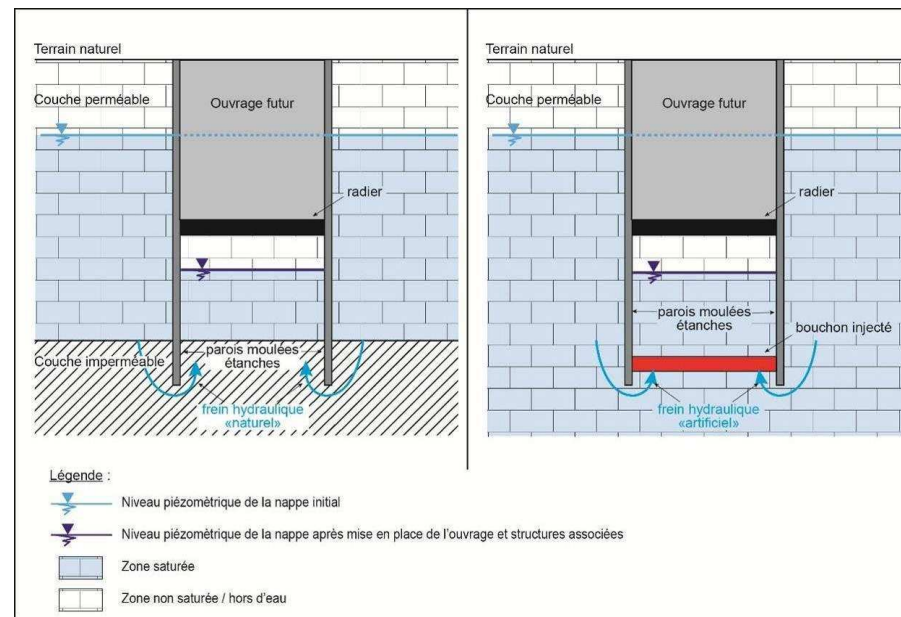
La construction des ouvrages souterrains mettant en connexion le tunnel et la surface du sol (gares et ouvrages annexes) nécessite la réalisation d'excavations de grande taille. Ces excavations seront réalisées depuis la surface du sol (voir les schémas du chapitre 4.4 de présentation du projet).

La Société du Grand Paris prévoit pour l'ensemble de ces ouvrages de recourir principalement à la technique des parois moulées (voir le principe dans le chapitre 4.4 de présentation du projet).

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 peu perméable (latéralement) 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 (voir les schémas ci-contre). Le bouchon injecté joue le même rôle que la paroi moulée pour le fond de l'excavation. Il renforce la perméabilité du fond lorsque la perméabilité naturelle n'est pas suffisante.

La mise en œuvre des parois moulées constitue une boîte faiblement perméable latéralement, seul le fond pouvant apporter de l'eau. Cette technique de construction permet donc de limiter les débits devant être pompés pour mettre au sec les excavations et donc limiter l'impact sur les nappes souterraines.

La mise au sec des excavations nécessite la mise en œuvre de pompages d'épuisement dont le débit dépend du contexte hydrogéologique de l'ouvrage à construire.



Conception de gares étanches – deux configurations possibles (cas A : paroi moulée ancrée dans une couche imperméable ; cas B : paroi moulée avec ajout d'un bouchon injecté)

(Source : Société du Grand Paris)

Sur le tracé de la Ligne 15 Sud, deux modèles ont été réalisés afin de quantifier les effets piézométriques attendus liés aux pompages d'épuisement en phase travaux pour toutes les gares présentant des débits d'épuisement non négligeables. Cela concerne les gares situées sur **les secteurs de la boutonnière de Boulogne-Billancourt et de la plaine de Vitry**.

Le secteur de la boutonnière de Boulogne étant bien connu et présentant peu d'aléas géologiques, les modélisations ont montré que **sur le secteur de la Boutonnière de Boulogne** :

- les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un très faible effet piézométrique ;
- aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux ;
- aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu : il n'y donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.

Dans le secteur de plaine de Vitry, les simulations de l'effet piézométrique ont été réalisées en retenant un cas probable et un cas extrême sur les débits d'épuisement nécessaires à la mise hors d'eau du chantier :

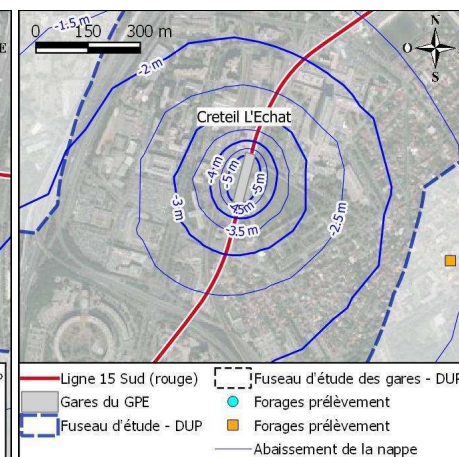
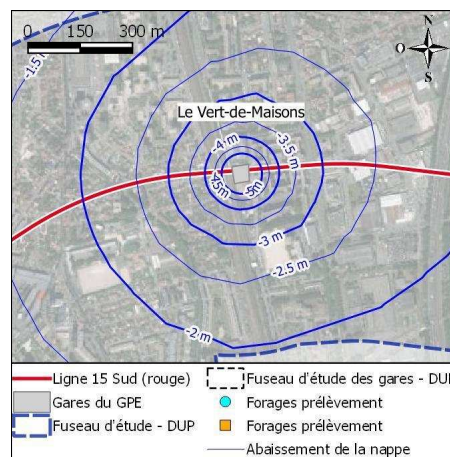
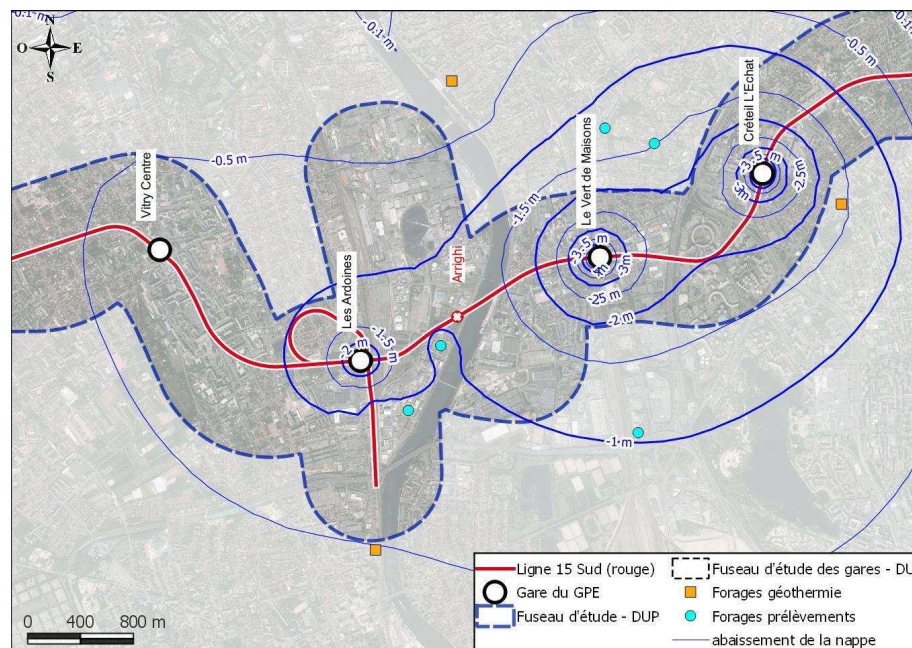
- le **cas probable** traduit l'effet piézométrique attendu en retenant des performances normales pour les dispositions constructives prévues afin de limiter les débits d'épuisement, tels que les jupes et les fonds injectés ;
- le **cas extrême** tient compte de performances dégradées de ces dispositifs en raison d'aléas géologiques susceptibles d'influer sur la performance et la qualité des injections. Le cas extrême est celui intégrant les débits d'épuisement retenus par les maîtres d'œuvre.

Pour la quantification des impacts, un premier scénario a été considéré afin d'évaluer les effets piézométriques cumulés entre ouvrages durant la période du chantier où les débits d'épuisement seront les plus importants. **Il s'agit donc de la phase du chantier la plus pénalisante en termes d'effet piézométrique à l'échelle du secteur de la plaine de Vitry :**

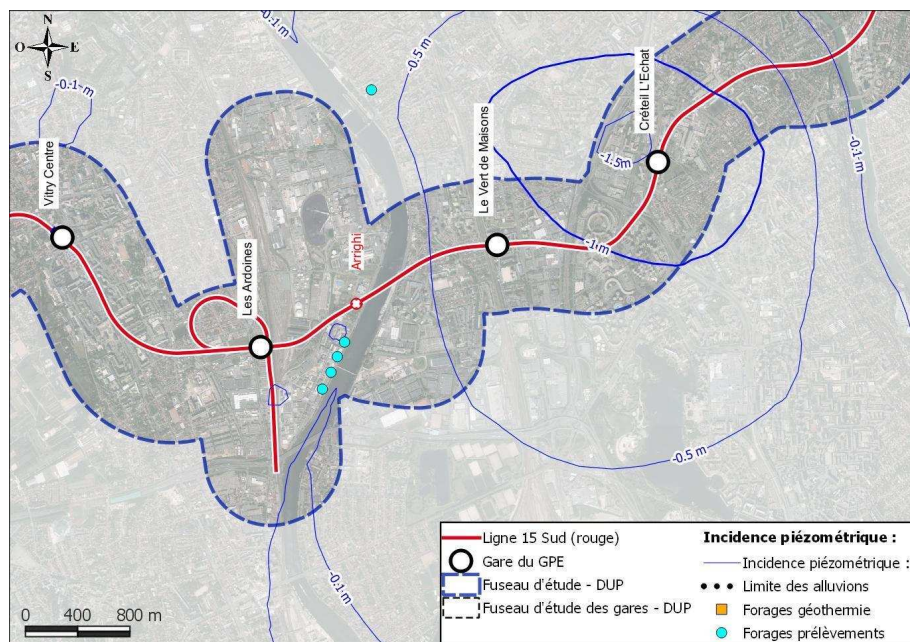
- Une première simulation a été réalisée avec le modèle en retenant des performances d'injection de sol et des perméabilités de terrain considérées comme vraisemblables ; il s'agit du **cas de figure probable**. Ce cas de figure conduit à des débits d'épuisement nettement inférieurs à ceux présentés dans le dossier, en raison des coefficients de sécurité retenus par les Maîtres d'Œuvre.
- Dans un second temps, une simulation a été réalisée en restituant pour chaque ouvrage le débit d'épuisement sécuritaire retenu par le maître d'œuvre. Cette simulation reflète les effets piézométriques attendus dans un **cas de figure extrêmement défavorable** en termes d'aléas géologiques.

L'analyse fine du planning prévisionnel du chantier a permis de définir ce scénario de simulation qui présente le plus fort débit instantanément et le plus d'effets cumulés potentiels à l'échelle du tronçon. Cependant, toutes les gares ne seront pas réalisées de manière concomitante. En effet, le pic de pompage d'épuisement local au droit de certaines gares est susceptible de se produire avant ou après la phase critique qui a fait l'objet de la première simulation. En conséquence, le scénario qui présente instantanément le plus gros débit d'épuisement cumulé n'est pas nécessairement celui qui est susceptible de présenter le plus d'effets piézométriques en tout point du secteur. **C'est pourquoi, 3 autres scénarios de simulation complémentaires ont été définis qui correspondent à trois autres phases du chantier permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal en tout point. Pour ces 3 autres scénarios de simulation, seul le cas de figure extrême a été considéré c'est-à-dire celui obtenu avec les débits d'épuisement sécuritaires retenus par le maître d'œuvre.**

A titre d'exemple, les résultats du scénario le plus probable sont présentés ci-dessous. Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry (Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS PROBABLE) : 277 m3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km2)	Débit m3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	1,4	31	197
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	7,8	82,2	93
Apport des cours d'eau au débit pompé		Débit (m3/h)	
Apport par la Seine		23	
Apport par la Marne		14	
Apport total par les cours d'eau		37	

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure probable)

Ainsi, les cartes de résultats précédentes mettent en évidence :

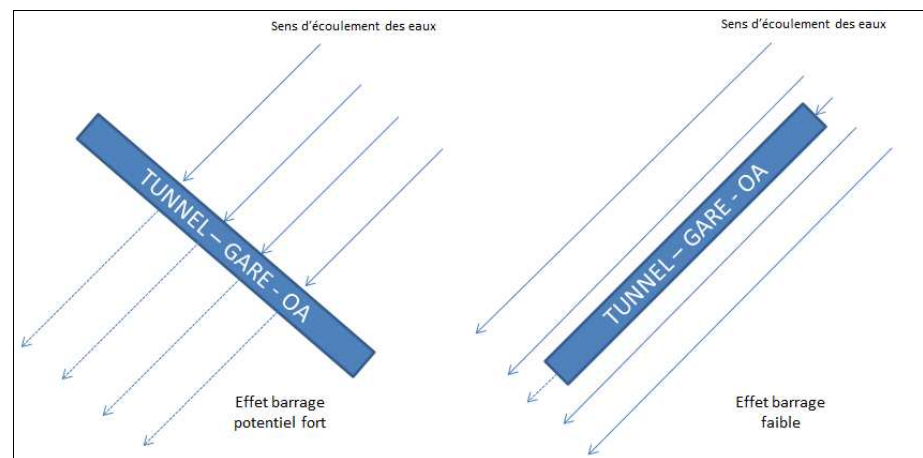
- un abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier de 5 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L'Échat ;
- un abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers pouvant atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 0,3 km environ (Gare des Ardoines) et 1,5 km (autour des gares de Créteil l'Échat et Vert-de-Maisons) ;
- un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier, sur une surface d'environ 8 km² ;
- un abaissement du niveau de la nappe des alluvions plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Cette méthodologie a été suivie pour l'ensemble des ouvrages des secteurs sensibles.

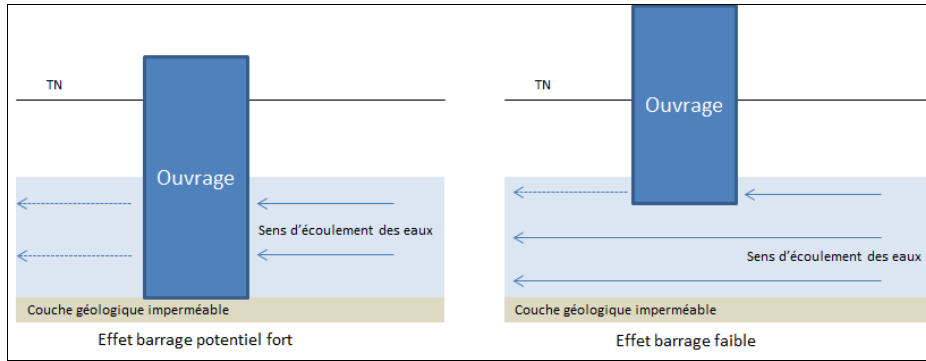
5.7.1.3 L'effet barrage en phase d'exploitation lié à l'infrastructure souterraine

L'effet barrage se caractérise par la réalisation d'un écran imperméable (ou peu perméable) perturbant les écoulements des eaux souterraines. Cette notion appelle à une représentation conceptuelle identique à celle de l'effet barrage des eaux superficielles où la réalisation d'une structure perpendiculaire à un cours d'eau entraîne une modification importante des caractéristiques de ce dernier, en amont et éventuellement en aval.

Les figures suivantes permettent de visualiser schématiquement les conditions hydrogéologiques influençant l'effet barrage.



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par l'insertion d'un ouvrage suivant le sens d'écoulement de la nappe (Figure réalisée par BURGEAP)

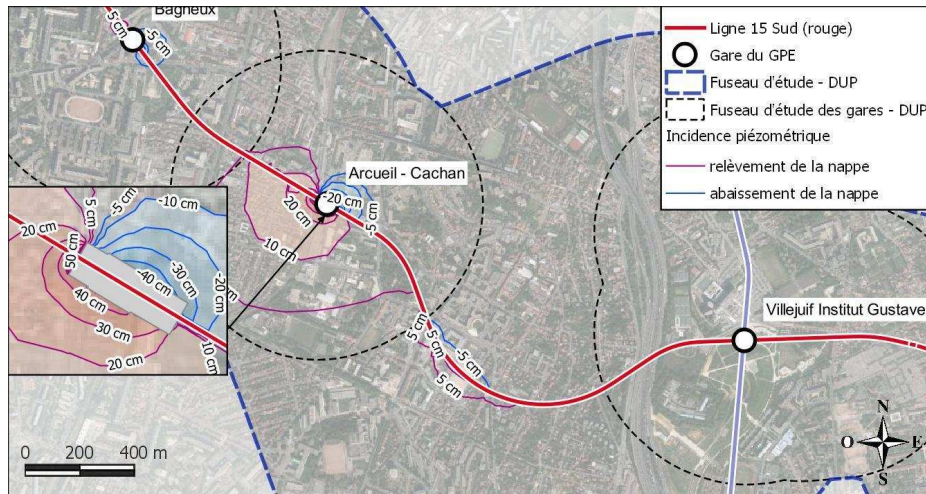


Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par un ouvrage pénétrant entièrement ou en partie dans une nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)

Une modélisation des écoulements et de l'effet barrage sur ces derniers a été entreprise par la Société du Grand Paris. La modélisation réalisée a permis l'élaboration de cartographies présentant les éventuels effets barrage des gares situées sur la partie Nord de la Ligne 15 Sud.

Elle a permis d'étudier plus particulièrement le comportement de la nappe de l'Eocène Inférieur et Moyen puisque les nappes la constituant sont celles les plus sensibles aux modifications des écoulements (et aussi celles les plus rencontrées par l'ouvrage).

A titre d'exemple, la figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien au droit de la gare d'Arcueil Cachan (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare d'Arcueil-Cachan sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la future gare d'Arcueil-Cachan. Les modifications piézométriques issues du modèle atteignent près de 0,5 mètre à proximité immédiate de la gare, ce qui est faible, et diminuent rapidement avec l'éloignement de la gare.

L'impact général lié à l'effet barrage est faible sur l'ensemble de la ligne à l'exception de la partie est située sur le plateau de Brie où il est estimé modéré.

Mesures mises en œuvre

- **Réalisations de nouvelles modélisations plus approfondies** : il conviendra, au cours des phases d'étude post-DUP, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer la géométrie et les caractéristiques de l'ensemble des aquifères mais aussi des écrans peu perméables, notamment par la réalisation d'investigations in-situ adaptées et de réévaluer, au cas par cas, les impacts associés en terme de rabattement.
- **Recensement des parkings souterrains** situés dans l'emprise du secteur présentant un relèvement du niveau piézométrique afin d'identifier les structures pouvant nécessiter un aménagement du système de rabattement existant.
- **Mise en place d'un suivi piézométrique** dans les secteurs sensibles du Nord du tracé pendant le début d'exploitation afin de s'assurer du maintien des niveaux d'eaux souterraines à proximité des ouvrages.
- La synthèse est présentée sous les formes suivantes :
 - Un tableau général par section apportant une vue générale des impacts et des mesures,
 - Un tableau par ouvrage présentant les débits pompés et la solution de rejet retenue en phase chantier,
 - Un tableau présentant les débits collectés en phase d'exploitation et rejetés au réseau.

5.7.2 Conclusion

Critères à enjeu	Caractéristique de l'impact	Mesures mises en œuvre
« Hydrogéologie »	<u>Abaissement du niveau piézométrique</u>	
	<p style="text-align: center;"><u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u></p> <p>La forte productivité de la nappe et la profondeur du projet implique des débits d'épuisement potentiels non maîtrisables sans dispositions constructives particulières.</p>	<p>Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans la Craie saine peu perméable. L'abaissement piézométrique résiduel en phase travaux évalué avec ces parois moulées est très limité du fait de la réduction du débit d'épuisement.</p> <p>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraîneront pas d'impacts quantitatifs.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u></p> <p>L'aquifère est modérément productif et peu exploité mais le débit d'épuisement est susceptible d'être important sans dispositions particulières du fait de la profondeur du projet.</p>	<p>Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entraînera pas d'impacts piézométriques.</p> <p>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraîneront pas d'impacts quantitatifs</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Secteur du plateau de Villejuif</u></p> <p>Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.</p>	<p>Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables ou désaturés. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entraînera pas d'impacts piézométriques.</p> <p>En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraîneront pas d'impacts quantitatifs.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Secteur de la plaine de Vitry</u></p> <p>Compte tenu de la présence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - D'un aquifère productif. - De nombreuses exploitations d'eau souterraine. - De la présence de niveaux de gypse anté-Ludien. - De la présence locale de couches géologiques sensibles au tassement. - De la contamination locale avérée de l'eau souterraine. - De la profondeur du projet, <p>Il n'est pas envisageable de mettre en œuvre des pompages en phase travaux sans dispositions constructives permettant de réduire les débits d'épuisement. Ces derniers restent significatifs malgré les solutions constructives de réduction au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi.</p> <p>Impact des nappes du Calcaire Grossier, des Alluvions et de la Craie en fonction du secteur.</p>	<p>Les gares du secteur seront réalisées sous protection de parois moulées qui seront prolongées selon le contexte par une jupe injectée et un fond injecté. Ces dispositions sont prévues pour limiter le débit d'épuisement résiduel et l'abaissement piézométrique en phase travaux.</p> <p>D'après les résultats de modélisation, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus dans le secteur au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi.</p> <p>Pendant la phase travaux, l'abaissement du niveau de la nappe serait :</p> <ul style="list-style-type: none"> - compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ; - compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ; - compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie. <p>La modélisation des effets piézométriques sur les exploitations d'eau souterraines a montré que les effets piézométriques induits restent compatibles avec les usages des exploitations d'eau souterraines du secteur. Les responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet seront informés et des mesures compensatoires spécifiques leurs seront proposées de manière concertée.</p> <p>Les résultats de calculs de modélisation montrent que le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux est faible.</p> <p>Le risque de désordre lié à la dissolution du gypse sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Secteur du plateau de Champigny</u></p> <p>Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.</p>	<p>Les gares et ouvrages du secteur seront réalisés sous protection de parois moulées ancrées dans des formations peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera très faible. Aucun effet piézométrique significatif attendu en phase travaux. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraîneront pas d'impacts quantitatifs.</p>	

<u>Rejet des eaux souterraines</u>	
<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Pont-de-Sèvres)	Les parois moulées permettront de réduire significativement le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entraîner des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entraîner des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
<u>Secteur de la plaine de Vitry</u> Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Arrighi).	Les parois moulées et les injections de sol permettront de réduire le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
<u>Secteur du plateau de Champigny</u> Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.	<ul style="list-style-type: none"> - Faible débit de rejet attendu en phase travaux n'entraînant pas d'impacts sur le milieu. - En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
<u>Modification des écoulements souterrains / effet barrage</u>	
<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Gradient de la / des nappe(s) superficielle(s) faible : impacts sur les écoulements souterrains limités pour les gares et ouvrages du secteur	Les modifications piézométriques en phase définitive (effet barrage) calculées seront très faibles. Aucune mesure particulière n'est nécessaire.
<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais aucun impact attendu sur le bâti ou les zones de sensibilité particulière (anciennes carrières par exemple)	Compte tenu du faible niveau de risque attendu, aucune mesure particulière n'est nécessaire.
<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> L'impact sur le niveau de la nappe est faible pour la gare Villejuif IGR et modéré pour la gare Villejuif Louis Aragon en raison du risque d'inondation des sous-sols.	Le risque de désordre est considéré, à ce stade, comme faible compte tenu des données disponibles mais les enjeux sont non négligeables au droit de la gare Villejuif IGR puisque des niveaux de remblais de qualité médiocre peuvent être mis en eau. Le risque de désordre est également considéré comme faible compte tenu des données disponibles pour la gare Villejuif Louis Aragon mais les enjeux sont également importants en raison de la faible profondeur de la nappe. Pour ces deux gares, des piézomètres supplémentaires seront réalisés afin de préciser plus finement l'évaluation des effets piézométriques.

« Hydrogéologie »

<p align="center"><u>Section Vitry centre – Champigny centre</u> <u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u></p> <p>Impact a priori modéré au droit de la gare Vitry Centre sur les nappes superficielles Impact faible dans le secteur des gares Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre.</p>	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur la nappe des Masses et Marnes du Gypse et de vérifier l'éventuelle présence d'une nappe perchée dans les alluvions.
<p align="center"><u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u> <u>(Secteur du plateau de Champigny)</u></p> <p>Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais qui doivent être précisés par la mise en place de piézomètres complémentaires. Les enjeux restent faibles au niveau de Bry-Villiers-Champigny. Ils sont plus importants à Noisy-Champs</p>	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur les nappes superficielles.
<p align="center">- <u>Mise en communication d'aquifère</u></p>	
<p align="center"><u>Section Ile Monsieur – Issy RER</u> <u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u></p> <p>Présence d'un seul aquifère dans les 100 premiers mètres : sensibilité faible associée à la mise en communication de nappes</p>	<p>- Le projet ne risque pas de mettre en communication des aquifères grâce à la mise en place de parois moulées pour réaliser les gares et les ouvrages annexes et l'utilisation d'un tunnelier avec étanchéification à l'avancement.</p>
<p align="center"><u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u> <u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u></p> <p>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.</p>	
<p align="center"><u>Section Arcueil Cachan – Vitry centre</u> <u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u></p> <p>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.</p>	
<p align="center"><u>Section Vitry centre – Champigny centre</u> <u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u></p> <p>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.</p>	
<p align="center"><u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u> <u>(Secteur du plateau de Champigny)</u></p> <p>Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.</p>	

Légende :

<i>Pas d'enjeu</i>	<i>Enjeu Faible</i>	<i>Enjeu Modéré</i>	<i>Enjeu Fort</i>
<i>Pas d'impact</i>	<i>Impact Faible</i>	<i>Impact Modéré</i>	<i>Impact Fort</i>

Synthèse des débits pompés, de la durée de pompage et des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (1/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen pompé (m ³ /h)	Débit de pointe pompé (m ³ /h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m ³)	Solution de rejet privilégiée
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	15	25.1	17.4	42 600	Réseau
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	41	85	83	571 200	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	3	8	158.8	69 024	Réseau
OA10 + rameau (place de la Résistance)	1	4.5	161.3	37 368	Réseau
Gare Issy RER	27	31.4	25.6	115 680	Réseau
Emergence Issy RER C et connexion	13	14	4	9 000	Réseau
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	1	3	195.5	41 496	Réseau
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	4	4	47.9	32 160	Réseau
OA 8 (Square Malleret Joinville)	1	4	8.7	1 459	Réseau
OA7 (Fort de Vanves)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	4	4	30.7	20 640	Réseau
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	2	5.5	73.0	23 580	Réseau
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	2	14	91.0	32 270	Réseau
Gare de Bagneux (BAG)	4	4	34.7	23 347	Réseau
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	2	4	26.0	8 755	Réseau
Gare Arcueil Cachan (ACA)	4	5	26.0	16 416	Réseau
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	1	5.5	99.0	24 305	Réseau
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	4	4	95.7	64 320	Réseau
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	1	11	94.7	18 881	Réseau
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	4	4	47.8	32 160	Réseau
1505S	39	56	23.0	151 000	Réseau
P23/1501P (rue du génie)	6	10	8.0	7 600	Réseau
Gare de Vitry Centre	88	200	80.0	1 176 000	Réseau
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	31	54	6.0	32 000	Réseau
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	10	17	53.0	89 000	Réseau
PS21/1404S (rue Gabriel Péri)	11	18	4.0	7 600	Réseau
Gare les Ardoines	130	250	117.0	2 587 000	Réseau
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	129	200	31.0	672 000	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
P18/1301P (rue de Rome)	46	79	7.0	54 000	Réseau
Gare de Vert-De-Maisons	162	300	137.0	3 730 000	Réseau

Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (2/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m ³ /h)	Débit de pointe (m ³ /h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m ³)	Solution de rejet privilégiée
P17/1201P (Université Créteil)	35	61	7.0	41 000	Réseau
Gare de Créteil L'Echat	155	250	68.0	1 785 000	Réseau
P16/1103P (stade F. Desmond)	38	61	4.0	26 000	Réseau
P15/1102P (Av Ceinture)		non significatif	-	-	Réseau
P14/1101P (rue du Port Créteil)	27	44	5.0	23 000	Réseau
Gare Saint Maur Créteil	165	250	77.0	2 154 000	Réseau
P13/1003P (impasse Abbaye)	38	65	7.0	45 000	Réseau
P12/1002P (av Charles Floquet)	7	11	3.0	3 700	Réseau
P11/1001P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Champigny Centre		non significatif	-	-	Réseau
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	35	70	3.0	24 000	Réseau
P09/0901P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare de Bry-Villiers-Champigny	78,7	80	31	410 000	Réseau
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	-	non significatif	-	-	Réseau
PSMR/0813S	-	non significatif	-	-	Réseau
PS12/0811S (av Maurice Thorez)	-	non significatif	-	-	Réseau
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	20	25	2.0	6 600	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Caverne	35	35	61.0	359 000	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Puits	3	6	61.0	31 000	Réseau
P06/806P (rue Mozart)	-	non significatif	-	-	Réseau
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	-	non significatif	-	-	Réseau
P04/804P (place des Yvris)	-	non significatif	-	-	Réseau
P03/803P (rue du Ballon)	-	non significatif	-	-	Réseau
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Noisy-Champs	-	non significatif	-	-	Réseau
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	-	non significatif	-	-	Réseau
			VOLUME TOTAL PRELEVE =	14 602 079	
			VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =	6 146 940	
			VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =	3 548 020	

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (1/2)

PHASE EXPLOITATION	Débit issu du tunnel (m ³ /j)	Débit issu des parois (m ³ /j)	Volume annuel prélevé (m ³)
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	9.5	6.5	33 945
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	0.0	32	39 785
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	4.6	1.4	30 660
OA10 + rameau (place de la Résistance)	2.5	1.5	21 170
Gare Issy RER	2.9	6.1	22 630
Emergence Issy RER C et connexion	0.0	2	3 650
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	38.0	0.0	13 870
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	0.0	1.0	365
OA 8 (Square Malleret Joinville)	65.0	0.0	23 725
OA7 (Fort de Vanves)	31.0	0.0	11 315
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	0.0	2.1	767
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	18.0	0.0	6 570
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	51.0	0.0	18 615
Gare de Bagneux (BAG)	0.0	1.9	694
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	7.0	0.0	2 555
Gare Arcueil Cachan (ACA)	33.0	1.0	12 410
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	59.0	0.0	21 535
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	25.0	0.0	9 125
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	0.0	2.1	767
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	67.0	0.0	24 455
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	0.0	1.0	365
P23/1501P (rue du génie)	151.2	1.7	55 801
Gare de Vitry Centre	194.4	3.8	72 358
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	345.6	1.4	126 670
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	86.4	1.0	31 886
PS21/1404S (rue Gabriel Peri)	-	-	-
Gare les Ardoines	0.0	4.6	1 664
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	172.8	2.2	63 860
P18/1301P (rue de Rome)	172.8	2.2	63 860
Gare de Vert-De-Maisons	345.6	2.9	127 195
P17/1201P (Université Créteil)	194.4	1.9	71 657
Gare de Créteil L'Echat	151.2	4.8	56 940
P16/1103P (stade F. Desmond)	0.0	1.0	350
P15/1102P (Av Ceinture)	64.8	0.7	23 915

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (2/2)

PHASE EXPLOITATION	Débit issu du tunnel (m ³ /j)	Débit issu des parois (m ³ /j)	Volume annuel prélevé (m ³)
P14/1101P (rue du Port Créteil)	280.8	1.0	102 842
Gare Saint Maur Créteil	0.0	4.1	1 489
P13/1003P (impasse Abbaye)	345.6	1.2	126 582
P12/1002P (av Charles Floquet)	129.6	0.7	47 567
P11/1001P	194.4	1.0	71 306
Gare Champigny Centre	172.8	6.7	65 525
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	151.2	1.2	55 626
P09/0901P	172.8	0.5	63 247
Gare de Bry-Villiers-Champigny	0.0	4.8	1 752
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	345.6	0.7	126 407
PSMR/0813S	-	-	-
PS12/0811S (avenue Maurice Thorez)	-	-	-
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	-	-	-
P07/807P (sentier des marins)	151.2	1.0	55 538
P06/806P (rue Mozart)	118.8	0.7	43 625
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	172.8	1.0	63 422
P04/804P (place des Yvris)	118.8	1.0	43 712
P03/803P (rue du Ballon)	162.0	0.5	59 305
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	118.8	0.7	43 625
Gare Noisy-Champs	0.0	4.8	1 752
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	86.4	0.5	31 711
		VOLUME TOTAL PRELEVE =	2 000 164

5.8 Occupation du sous-sol

5.8.1 Analyse/interprétation

Les impacts directs se définissent comme des atteintes à l'intégrité physique des ouvrages et fondations. Ils sont entraînés par les travaux de construction du projet (tunnel et ouvrages annexes).

De manière globale, certains des ouvrages identifiés lors de l'état initial de l'environnement présentent une sensibilité plus forte que d'autres en raison de leur proximité avec le tunnel ou les ouvrages de la Ligne 15sud.

La mise en place de mesures spécifiques permet d'éviter tout effet sur ces réseaux, infrastructures et fondations. Il s'agit en outre de recourir :

5.8.1.1 En phase études

- A la consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions,
- A l'ajustement du profil en long de l'infrastructure,
- Aux travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols,
- A une étude de vulnérabilité du bâti,
- A des études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés.

A titre d'exemple, un bâtiment d'habitation possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 12m.

Le schéma ci-dessous présente la position exacte du tunnel par rapport au bâtiment, avec une incertitude sur les fondations dont les caractéristiques exactes ne sont pas connues.

La phase études cherchera à préciser le plus possible ces caractéristiques des fondations.

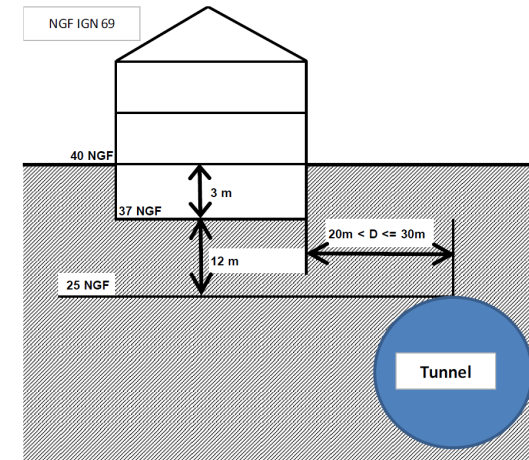


Schéma représentatif de la position du bâtiment d'habitation par rapport au tunnel
(Source : Société du Grand Paris)

Compensation liés aux dommages

Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement.

5.8.1.2 Pendant les travaux

- Suivi des mouvements de terrain,
- Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés.

5.8.2 Conclusions

De manière globale, les impacts ont été jugés forts pour une distance tunnel-ouvrages inférieure à 10m, modérés pour un distance comprise entre 15 et 20m et faible à nul au-delà.

Le tableau ci-dessous présente l'analyse par ouvrage concerné.

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures	
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur)	GRT Gaz	Pont de Sèvres : interception d'une canalisation de diamètre 300mm	PHASE CHANTIER Mesures d'évitement et de réduction Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux Mesures de compensation Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement Mesures de suivi Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique	
			OA Place de la Résistance : interception d'une canalisation de diamètre 600mm		
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Pont de Sèvres : interception de deux canalisations IDEX de 500mm de diamètre chacun		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Pont de Sèvres : interception de la liaison 63kV Billancourt Porchefontaine		
		Eau usée	Tunnel :		6m de distance avec le réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC)
					7m de distance avec le siphon Sèvres-Boulogne
					6m de distance avec l'émissaire sud 2 ^{ième} branche SIAAP
					7m de distance avec l'émissaire Issy Sud & Nord (SEVESC)
		Pont de Sèvres et OA Place de la Résistance : proximité immédiate avec l'émissaire SERO			
Infrastructures de transport	Tunnel et gare Issy RER : Fondations du viaduc RER C				
Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de moyens à grande hauteur				

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures	
Issy RER à Arcueil Cachan	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés	<p>Mesures d'évitement et de réduction</p> <p>Utilisation d'un tunnelier</p> <p>Ajustement du profil en long de l'infrastructure</p> <p>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes</p> <p>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions</p> <p>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols</p> <p>Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages</p> <p>Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés</p> <p>Suivi topographique de l'avancement des travaux</p>	
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Bagneux : Interception de trois canalisations de diamètre 250, 125 et 80mm		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Châtillon-Montrouge : interception de la liaison RTE 63kV COS 48 Fo Berthollet – Vanves 2008		
		Eau usée	Tunnel :		5.6m de distance avec l'émissaire Sud 2 ^{ième} branche SIAAP (à proximité de Châtillon-Montrouge)
					3.9m de distance avec le doublement de l'émissaire sud 2 ^{ième} branche (antenne de Montrouge)
					4m de distance entre l'émissaire Sud 2 ^{ième} branche SIAAP (à l'est de l'OA Robespierre)
					2.7m de distance avec l'intercepteur de Blagis-Cachan (à l'est de l'OA Robespierre)
5.6m de distance avec le réseau profond de Cachan (à l'est de l'OA Square Général de Gaulle)					
Infrastructures de transport	Tunnel et ouvrages non concernés				
Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur				
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés	<p>Mesures de compensation</p> <p>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement</p> <p>Mesures de suivi</p> <p>Suivi des mouvements de terrain</p> <p>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés</p> <p>Monitoring géotechnique</p>	
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés		
		Eau potable	Tunnel : Interception des aqueducs du Loing, de la Vanne et du Rungis		
		RTE	Vitry Centre : Interception des liaisons : 63kV Arrighi-Chevilly, 225kV Chevilly-Coriolis		
		Eau usée	Tunnel :		Le tunnel longe en parallèle l'émissaire de Villejuif R2 (entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre)
					Plus de 10m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (au nord-ouest de la gare de Vitry Centre)
		Infrastructure de transport	Tunnel et gare Villejuif Louis Aragon: Passage sous le tunnel du Métro Ligne 7		
Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur				

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures	
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat.	GRT Gaz	OA Friche Arrighi : interaction possible entre les installations d'évacuation des déblais et deux canalisations de 300 et 600mm de diamètre	<p>Mesures d'évitement et de réduction</p> <p>Utilisation d'un tunnelier</p> <p>Ajustement du profil en long de l'infrastructure</p> <p>Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes</p> <p>Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions</p> <p>Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols</p> <p>Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages</p> <p>Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés</p> <p>Suivi topographique de l'avancement des travaux</p> <p>Mesures de compensation</p> <p>Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement</p> <p>Mesures de suivi</p> <p>Suivi des mouvements de terrain</p> <p>Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés</p> <p>Monitoring géotechnique</p>	
			Le Vert de Maisons : interception d'une canalisation de diamètre 300mm		
			OA Avenue Roger Salengro : interception d'une canalisation de diamètre 200mm		
			OA 0813P : proximité d'une canalisation de diamètre 100mm		
		TRAPIL	Tunnel : présence d'un réseau TRAPIL entre la gare des Ardoines et l'OA Friche Arrighi, à 1m sous le TN		
		CPCU et réseaux de froid	Les Ardoines : interception de deux canalisations CV Distrib de diamètre 250 et 350mm		
			Créteil l'Echat : interception d'une canalisation double (deux fois 250mm de diamètre) du réseau Dalkia + proximité avec la chaufferie		
		Eau usée	Tunnel :		8m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine)
					Distance importante avec l'émissaire SIAAP Rive Droit S. (quais Jean-Baptiste Clément, commune d'Alfortville)
					7m de distance environ avec l'émissaire SIAAP VL9 (à l'est de Le Vert de Maisons)
					Le tunnel longe parallèlement l'émissaire SIAAP VL3b (Saint-Maur – Créteil)
					Distance importante avec l'émissaire SIAAP VL3c (quai de Halage, Saint-Maur-des-Fossés)
					5m de distance avec l'émissaire SIAAP NCSM (rue Charles Floquet, à Joinville-le-Pont)
Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés				
RTE	SMI Vitry : présence dense de liaisons (4 de 63kV, 1 de 225kV) Créteil l'Echat : Interception de la liaison 225kV Arrighi Colonie				
Infrastructures de transport	Tunnel et gare Les Ardoines : Passage sous les voies du RER C et les correspondances souterraines de la gare RER des Ardoines Tunnel et gare Sain-Maur – Créteil : Passage sous le RER A				
Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur				

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz)	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés	<p>Mesures d'évitement et de réduction Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux</p> <p>Mesures de compensation Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement</p> <p>Mesures de suivi Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique</p>
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés	
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Eau usée	Tunnel : Distance importante avec l'émissaire Marne Aval (à l'ouest de la gare de Bry-Villiers-Champigny)	
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés	
		RTE	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Infrastructures de transport	Tunnel: Passage sous le RER E et la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Tréville	
Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur jusqu'à la gare de Bry-Villiers-Champigny puis enjeu modéré			

Impacts Résiduels :

L'ensemble des impacts ne sera pas maîtrisé dans leur intégralité, notamment vis-à-vis des fondations de bâtis où les données ne sont pas facilement accessibles en raison notamment de l'ancienneté des bâtiments considérés.

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase exploitation

Eléments concernés	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut avant l'application des mesures	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Ensemble des réseaux et fondations identifiés sur le linéaire	Ensemble du linéaire	Tunnel	<u>Impact direct</u> Lié aux aspects vibratoires	Peu quantifiable	<p><u>Evitement</u> néant</p> <p><u>Réduction</u> néant</p> <p><u>Suivi</u> Suivi des propriétés du sous-sol au travers de la déformation du tunnel</p>	néant	néant

5.9 Gestion des terres et milieux pollués

5.9.1 Analyse/interprétation concernant la gestion des déblais

Les volumes de déblais produits dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud sont estimés à environ **6,1 millions de m³ de déblais**.

Les principales sources de production de déblais sont le creusement du tunnel par les tunneliers et la réalisation des gares qui représentent respectivement près de 40 % et 35 % du volume total. Le reste des déblais provient de la réalisation des sites de maintenance et des ouvrages annexes nécessaires à l'exploitation de la ligne de métro.

Dans ce cadre, la Société du Grand Paris a souhaité anticiper les mesures destinées à limiter les nuisances potentielles issues de la gestion des déblais.

Ainsi, dès le lancement du programme du Grand Paris, le maître d'ouvrage s'est engagé dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. Ces réflexions sont traduites dans un document spécifique, le **Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED)**, qui a lui-même été décliné sur la Ligne 15 Sud par le maître d'œuvre lors des études projet.

Les objectifs de gestion des déblais de la Société du Grand Paris retranscrits dans ce document se traduisent dans la conduite opérationnelle des chantiers par un ensemble d'actions :

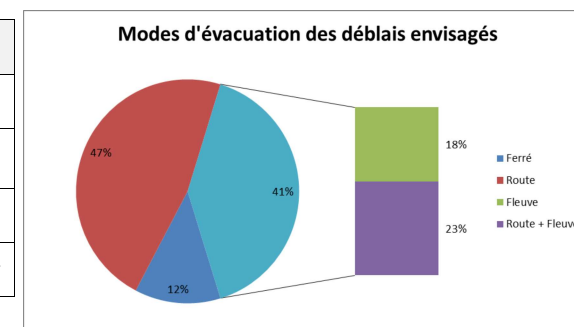
- **Développer le transport fluvial ;**
- **Encourager le transport ferroviaire ;**
- **Réduire les distances de transport ;**
- **Limiter l'utilisation des voiries communales ;**
- **Limiter le stockage définitif des terres ;**
- **Traiter les terres polluées.**

Compte-tenu de la localisation du projet, deux **plates-formes fluviales** ont été identifiées pour l'évacuation des déblais par voie fluviale : la plate-forme du Quai d'Issy, localisée au niveau de la friche Arrighi; ainsi qu'un point d'amarrage sur les quais près de l'Île Monsieur et de la future gare de Pont de Sèvres.

L'**utilisation de la voie ferroviaire** est également étudiée, en complément d'un transport routier, depuis la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et de Bry-Villiers-Champigny sur la grande ceinture fret sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport.

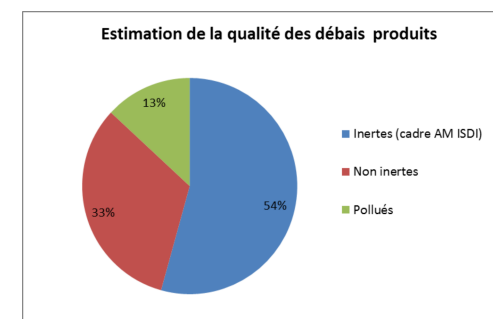
La répartition du potentiel d'évacuation des matériaux selon les modes de transports privilégié est détaillée ci-dessous :

Mode de transport	Volume des déblais
Mode routier	2,87 millions de m ³
Mode fluvial (avec ou sans pré- ou post-acheminement routier)	2,47 millions de m ³
Mode ferroviaire	0,76 millions de m ³
TOTAL	~ 6,1 millions de m³



Potentiel d'évacuation en fonction du mode de transport privilégié

Sur la base de ces hypothèses maximisant les volumes de déblais pollués et gypsifères à ce stade des études du projet, **plus de la moitié du volume total des déblais est identifiée comme inertes et 1/3 des déblais contiennent potentiellement du gypse.**



Répartition du volume de matériaux excavés selon les trois catégories de déchets (source : Société du Grand Paris)

5.9.1.1 Mesures relatives à la gestion des déblais en phase d'étude

- Optimisation du volume des ouvrages pour réduire le volume de déblais à gérer ;
- Identification des besoins en remblais et des filières de valorisation existantes ou à créer ;
- Développement des capacités de stockage des installations de stockage de déchets ;
- Limitation des emprises et durées des stockages temporaires ;
- Études pour privilégier les modes de transports alternatifs des déblais ;

- Itinéraires routiers retenus en concertation avec les collectivités concernées pour éviter les voies locales dans la mesure du possible ;
- Vérification de la régularité des filières d'élimination prévues.

5.9.1.2 Mesures relatives à la gestion des déblais en phase chantier

- Réalisation et l'application d'un schéma organisationnel de suivi d'élimination des déchets (SOSED) avec l'entreprise générale ;
- Suivi de la traçabilité des évacuations effectuées par la vérification des bordereaux de suivi de déchets.

5.9.2 Analyse/interprétation concernant les risques pyrotechniques

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

Les études réalisées par la Société du Grand Paris et présentées dans l'état initial permettent d'identifier ces risques afin d'appréhender les mesures à mettre en œuvre afin de les maîtriser.

Les résultats des études réalisées sur la Ligne 15 Sud (études historiques de pollution pyrotechnique) ont permis de mettre en évidence 4 secteurs d'aménagement présentant des risques modérés de découverte d'engins explosifs :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

Les étapes ultérieures des études sont en cours de réalisation.

Les mesures d'évitement retenues pour la gestion des risques pyrotechniques sur la Ligne 15 Sud sont :

- **La réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques au droit du projet** selon les étapes présentées dans l'état initial, dans le cadre d'un risque pyrotechnique identifié :
 - o une **sécurisation pyrotechnique** par détection magnétique ou électromagnétique sera effectuée pour toutes opérations intrusives aveugles jusqu'à une profondeur minimale de 7m, notamment pour des investigations géotechniques et/ou environnementales.
 - o Un **diagnostic pyrotechnique non-intrusif** par détection au magnétomètre radar de surface sera réalisé. Du fait du contexte urbain et de la présence en sub-surface de remblais divers (mâchefers) ou la présence de réseaux, des bruits de surface peuvent perturber ce diagnostic ; dans ce cas des décaissements successifs et le renouvellement des opérations de détection peuvent être réalisés, jusqu'à ce que le diagnostic puisse être réalisé sans perturbation. Ces phases ne correspondent pas à une dépollution pyrotechnique mais bien à un diagnostic.
- **En phase travaux**, quand le risque pyrotechnique est avéré, **une dépollution pyrotechnique** sera entreprise et se conformera aux recommandations techniques du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005.

La réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux sera établie. Cette étude délimite notamment le périmètre de sécurisation autour du chantier de dépollution pyrotechnique.

En effet, lorsque le chantier de dépollution pyrotechnique est contigu à des bâtis, l'étude de sécurité pyrotechnique prend en compte ce risque. Les dispositions de sécurité sont alors mises en œuvre en concertation avec les différentes parties concernées en matière de sécurité et de protection de la santé, par exemple évacuation d'une zone lors du déminage.

Aussi, avant la réalisation des travaux, l'AST sera soumis pour approbation au directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi.

Une fois la dépollution pyrotechnique réalisée conformément aux dispositions du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005, le risque est supprimé.

5.9.3 Analyse/interprétation concernant la pollution du milieu souterrain

Afin d'assurer la maîtrise des risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit du point de vue de la gestion des déblais ou de celle des terrains amenés à rester en place, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain et de son impact potentiel est un élément primordial dans le cadre des études de projet.

Suivant la méthodologie française de gestion des sites et sols pollués, la Société du Grand Paris a initié un travail conséquent de caractérisation de l'état de pollution du milieu souterrain (sols et eaux souterraines) afin d'assurer une gestion adaptée des terres amenées à être excavées dans le cadre du projet et d'assurer la compatibilité sanitaire et environnementale entre l'usage futur de chaque site et la qualité des milieux souterrains.

Ces études ont été engagées en priorité au droit des sites où les enjeux liés à la gestion des sites et sols pollués sont les plus importants, à savoir au droit des ouvrages destinés à être construits à partir de la surface du sol tels que les gares, les sites de maintenance, les puits d'entrée et de sortie du tunnelier et les ouvrages annexes. En effet, les pollutions du milieu souterrain étant essentiellement liées à des activités de surface, les premiers mètres de sols concentrent généralement l'essentiel des pollutions. Les gares et les sites de maintenance présentent par ailleurs une sensibilité particulière liée à l'accueil de travailleurs et/ou de voyageurs en phase d'exploitation de la ligne.

Dans la mesure où les plans de gestion ne sont pas établis à ce stade des études, l'analyse s'attache à caractériser les niveaux de sensibilités associés aux risques de pollution et aux caractéristiques du projet.

5.9.3.1 Caractérisation du risque d'impact lié à la présence de pollution

Le risque d'impact est caractérisé par analyse des critères suivants :

- La nature des cibles (travailleurs, résidents adultes, résidents enfants, établissements sensibles) en considérant, selon les études menées par l'Institut de Veille Sanitaire (IVS), que la population passe plus de temps chez elle que sur son lieu de travail ;
- La nature et la concentration des polluants suspectés ou détectés, incluant la ou les voies d'exposition induites par ces polluants ;
- Le volume de déblais prévisionnel généré ;
- Les caractéristiques constructives des ouvrages.

5.9.3.2 Impacts et mesures relatives à la pollution du milieu souterrain

Dans le cadre de la construction des ouvrages, les risques d'impacts diffèrent selon le type d'ouvrage concerné :

- L'impact relatif au creusement du tunnel est considéré comme négligeable, en raison de la profondeur des terrains considérés, peu sensibles aux pollutions de surface, et de la méthode de construction de la ligne, réalisée au tunnelier ;
- Les risques liés à la construction des ouvrages annexes sont considérés comme faibles, compte tenu des méthodes constructives employées et des volumes mis en jeu ;
- Les risques d'impacts liés au fonctionnement des puits d'entrée de tunnelier et de la construction des gares et des sites de maintenance sont plus élevés, en raison d'un volume de terres mobilisés plus important. Le niveau de risque dépendant des pollutions potentielles et avérées identifiées sur chaque site d'implantation.

En phase exploitation, les risques sont localisés au droit des gares et des sites de maintenance, liés à la présence d'usager et de travailleurs sur le réseau de la ligne. Néanmoins, les risques d'impacts en phase exploitation sont considérés comme négligeables à faibles, associée à la présence éventuelle de composés volatils dans le milieu souterrain.

L'analyse des études disponibles a permis d'identifier les sites les plus sensibles qui font l'objet d'une attention particulière :

- **Sur le secteur Ouest de la Ligne 15 Sud avec les sites des gares de Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux,**
- **Sur le secteur des Ardoines, au niveau de la gare des Ardoines et du SMI de Vitry,**
- **Sur le secteur de Champigny, au niveau de la gare de Champigny Centre et du SMR.**

Les études sont encore en cours et restent conditionnées par les possibilités d'accès aux parcelles pour la réalisation des sondages et la pose des piézomètres, de manière à préciser l'état de pollution du milieu souterrain et des risques associés. La finalisation des diagnostics permettra d'engager la réalisation des plans de gestion et des EQRS nécessaires, et de définir les mesures spécifiques qui seront mises en œuvre pour assurer la compatibilité des sites avec leur usage (en phase chantier et en phase exploitation).

Les différentes mesures de gestion proposées seront établies au regard de la situation de chaque site, proportionnées en fonction des enjeux et des spécificités de l'usage, de l'aménagement et des pollutions. Les contraintes de calendrier prévu pour la réalisation du chantier de la Ligne 15sud seront également prises en compte.

La mise en œuvre des mesures spécifiques établies à l'issue des plans de gestion permettra d'assurer la compatibilité sanitaire de chaque site en fonction de son usage.

5.9.3.3 Mesures relatives à la gestion des milieux pollués en phase étude

- Réalisation avant travaux de diagnostics de pollution au droit des ouvrages excavés depuis la surface du sol;

- Réalisation de plans de gestion comprenant éventuellement une évaluation des risques sanitaires au niveau des gares et des sites de maintenance lorsque les diagnostics de pollution en ont montré la nécessité.

5.9.3.4 Mesures relatives à la gestion des milieux pollués mises en phase chantier

- Evacuation des terres polluées vers les installations spécialisées agréées ;
- Réduction du temps de stockage des terres polluées sur les bases chantiers ;
- Mise en place de débourbeurs en sortie de chantiers afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier ;
- Mise en place éventuelle de chapiteaux pour confiner les terres et les vapeurs au droit des zones très fortement impactées ;
- Le port, par les travailleurs, des équipements individuels de protection adaptés aux substances identifiées dans les sols ;
- Arrosage des zones de travail du chantier pour limiter les envois de poussières ;
- Utilisation de bâches sur les aires de stockage et les camions de transport limitant l'envoi des poussières ;
- Mise en œuvre des mesures spécifiques définies à l'issue des plans de gestion.

5.9.4 Conclusions

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation de la voie fluviale pour leur évacuation	<p>Mesures générales relatives à la gestion des déblais :</p> <ul style="list-style-type: none"> Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) Identification des projets de valorisation Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité Priorité donnée au report vers les installations existantes de la voie d'eau et du fer et à l'utilisation des axes structurants pour le transport des déblais <p>Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :</p> <ul style="list-style-type: none"> Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur les sites de l'Ile de Monsieur et de Pont de Sèvres par la création de plateformes dédiées et études pour utiliser les ports existants Développement du transport ferroviaire sur le site de Fort d'Issy/Vanves/Clamart Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	
	Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne	Risque d'impact fort au droit des gares de Pont de Sèvres et Issy RER lié à la mobilisation de terrains pollués et de riverains à proximité des chantiers	
	Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement de la gare Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	<p>Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :</p> <ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé Évacuation des terres polluées en filières spécialisées <p>Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :</p> <ul style="list-style-type: none"> Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études encore en cours : par exemple, suivi de la qualité des eaux et de l'air ambiant à proximité du chantier, utilisation d'engins à cabine pressurisée, dsurélévation des bases vies) <p>Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	
	Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées	Risque d'impact fort au droit de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart lié à la mobilisation de terrains pollués	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles référencés BASIAS	Risque d'impact modéré lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués et la présence de riverains à proximité du chantier	
	Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate	Impact fort lié au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	<p>Mesures générales relatives à la gestion des déblais :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) • Identification des projets de valorisation • Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité • Priorité donnée aux axes structurants pour le transport des déblais <p>Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur le site de la Friche Arrighi par la création d'une plateforme de transbordement et études pour utiliser les ports existants • Développement du transport ferroviaire sur le site de Bry Villiers Champigny • Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales <p>Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) • Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) • Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé • Évacuation des terres polluées en filières spécialisées <p>Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études en cours) <p>Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet • Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques • Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués	<p>Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages</p> <p>Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier</p>	
Vitry Centre à Champigny Centre	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation ponctuelle de la voie fluviale pour leur évacuation (friche Arrighi)	
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des ouvrages dans le secteur des Ardoines	
	Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution dû aux activités actuelles et passées	Risque d'impact fort dans le secteur des Ardoines et de Champigny lié à la mobilisation de terrains pollués lors de la réalisation des ouvrages	
	Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains pollués et potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
	Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de remblais potentiellement pollués	Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4)	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués, mais limité dans les secteurs d'aménagement les plus éloignés des riverains	
	Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section		

5.10 Vibrations

5.10.1 En phase travaux

Pour la construction de la plupart des gares, des sites de maintenance et des ouvrages annexes, les techniques de construction suivantes seront utilisées :

- Parois moulées.
- Brise roche hydraulique.
- Compactage dynamique.

Ces méthodes permettent de limiter de manière très importante les vibrations liées à la phase de construction.

L'utilisation de ces techniques peut être considérée comme une mesure d'évitement.

En revanche, pour la gare de Pont De Sèvres, la technique de battage de palplanches, caractérisée par un impact vibratoire non négligeable sera utilisée pour positionner les parois dans le sol. Une surveillance spécifique sera donc mise en place.

Des mesures de contrôle et de surveillance des vibrations seront à prévoir a minima lors de la mise en place et du retrait des palplanches pour la construction de la gare de Pont De Sèvres, afin de s'assurer de l'état et de la stabilité des berges et d'autres constructions sensibles.

Les impacts liés aux travaux de construction des gares sont considérés comme faibles, à l'exception des travaux de construction de la gare de Pont De Sèvres.

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier. Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Elle permet également de limiter les nuisances en surface, d'une part du fait du creusement en profondeur, et d'autre part du fait du type de creusement proposé.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces 30 dernières années en région parisienne), tous implantés à environ 20 mètres sous le terrain naturel, montrent l'absence de nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

En conclusion, la mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière significative l'émission de vibrations, et peut être considérée comme une mesure d'évitement. Les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles a priori. Ils seront bien entendu vérifiés dans la partie relative à l'évaluation du risque vibratoire.

Les impacts liés aux travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles.

5.10.2 En phase exploitation

En phase d'exploitation, l'émission éventuelle de vibrations est liée à la circulation des trains dans le réseau.

Les caractéristiques du matériel roulant, sa vitesse, sa masse, ainsi que le modèle de rugosité roue-rail étant considérés connus, le paramètre essentiel à prendre en compte, en complément des données de l'état initial, correspond à la profondeur du tunnel.

C'est en effet un paramètre essentiel pour l'analyse de risque car l'impact vibratoire dépend de la distance entre la source de vibration (train à l'intérieur du tunnel) et le récepteur en surface ou les fondations des bâtiments.

L'analyse est conduite à partir de la profondeur de voies (la distance entre la surface du sol et la voie de circulation du métro), et de la sensibilité de l'état initial (sur la base de la typologie de bâtiment), permettant d'identifier des zones de risque homogènes ainsi réparties :

- Environ 80% du tracé présente un risque a priori négligeable voire acceptable.
- 2 zones d'environ 750 m et 1 000 m de linéaire présentent un niveau de risque qu'il convient de calculer.
- Et enfin une dernière zone plus étendue à l'Est du tracé sur environ 3 100 m, présente également un risque à préciser.

A ce stade de l'étude, la réalisation de modélisations détaillées prenant en compte la composition exacte du sous-sol au niveau de différentes coupes a permis de quantifier avec plus de précision le risque réel ou non de dépassement des seuils vibratoires. Les résultats de cette analyse peuvent être ainsi résumés :

- Dans les zones a priori identifiées comme étant à risque négligeable, les seuils ne sont pas dépassés.
- Dans les zones a priori identifiées comme étant à risque acceptable, les seuils peuvent être dépassés.
- Dans les autres zones, il est effectivement constaté un risque de dépassement des seuils en termes de vibration et de bruit solidien.

Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant classique sur roues métalliques et une pose de voie directe, permettent de conclure sur la nécessité de prévoir des mesures compensatoires en complément des mesures d'évitement et de réduction initialement prévues.

5.10.3 Mesures de suivi et de compensation

Les principales mesures compensatoires envisagées par la Société du Grand Paris au stade de l'étude d'impact sont :

- **Application du Plan de Management** et le suivi permanent d'un organisme de second regard.
- **Réalisation de modélisations** de l'impact vibratoire et de mesure de la fonction de transfert dans le sol et dans les bâtiments sensibles.
- **Mesures de suivi des vibrations lors des phases de creusement** : avant, pendant et après le passage du tunnelier, la Société du Grand Paris prévoit la réalisation de mesures de vibrations au niveau de la surface pour s'assurer du respect d'un niveau temporaire acceptable. En cas de niveaux trop élevés observés, des ajustements peuvent être opérés sur le fonctionnement du tunnelier.
- **Réalisation de simulations avant le démarrage de l'exploitation** : Avant l'ouverture au public du réseau, des essais *in situ* sont prévus pour s'assurer des niveaux de vibrations en surface.

ETUDE D'IMPACT

- **Mesures de suivi en phase d'exploitation** : Des mesures des niveaux vibratoires seront réalisées en phase d'exploitation au niveau de la surface. Il s'agit de s'assurer du niveau atteint par rapport aux résultats des calculs. Dans le cas où des dépassements importants seront identifiés, des dispositifs pourront être mis en place.
- **Dispositifs techniques de réduction des vibrations (au besoin)** : Afin d'éviter les dépassements des seuils au niveau des récepteurs, des dispositifs spécifiques pourront être mis en place au niveau des voies de roulement.
- **Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure**, et notamment de l'efficacité du contact rail-roue.
- **Indemnisation des impacts constatés** : En phase d'exploitation, si des désordres étaient observés en surface, un dispositif d'indemnisation pourra être mis en place par la Société du Grand Paris. Cette démarche s'appuie dans un premier temps sur les diagnostics du bâti réalisés avant le démarrage des travaux.

5.10.4 Conclusions

En phase chantier, les impacts sont jugés faibles sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud pour la réalisation des gares, à l'exception de la gare de Pont De Sèvres pour la phase de battage de palplanches. Concernant l'impact en phase exploitation, les impacts sont synthétisés au sein du tableau suivant.

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Zones pavillonnaires, écoles, collèges Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseaux enterrés (SIAAP et GDF) Croisement avec RATP ligne 9 et RER C	Supérieure à 25 m Calcul : Résidence Agora, à Issy-Les-Moulineaux Aucun dépassement	Niveau 1	<p>PHASE CHANTIER</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques</p> <p>Mesures de suivi Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux, attention particulière pour la construction de la gare de Pont de Sèvres</p> <p>PHASE EXPLOITATION</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard. Adaptation du type de pose de voie</p> <p>Mesures de compensation Indemnisation des éventuels impacts constatés</p> <p>Mesures de suivi Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure</p>
Issy RER à Arcueil - Cachan	Hôpital des armées Percy Ecole maternelle Paul Bert, collège Victor Hugo, Ecole primaire H. Barbusse, Lycée L. Girard Zones pavillonnaires Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER C	Supérieure à 25 m Calcul : 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart Jusqu'à 16 dB de dépassement	Niveau 3	<p>PHASE CHANTIER</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques</p> <p>Mesures de suivi Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux</p>
	Zones pavillonnaires, bâtiments commerciaux, espaces publics Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF) Croisement avec RER B et RATP ligne 13	Supérieure à 25 m Calcul : Bd Frères Vigoreux, Clamart Jusqu'à 1 dB de dépassement	Niveau 1+	<p>PHASE EXPLOITATION</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie</p> <p>Mesures de compensation Indemnisation des éventuels impacts constatés</p> <p>Mesures de suivi Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure</p>
		Supérieure à 25 m Calcul Avenue Louis Gorgeon, Cachan Jusqu'à 11 dB de dépassement	Niveau 2	<p>Mesures de suivi Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure</p>

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Zone d'habitations collectives Ecole primaire Jean Vilar, Ecole maternelle Charles Perrault Institut Gustave Roissy Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER B, Autoroute A6 et future ligne 14	Supérieure à 20 m Calcul : Institut Gustave Roissy, Villejuif Aucun dépassement	Niveau 1	<p>PHASE CHANTIER</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques</p> <p>Mesures de suivi Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux.</p> <p>PHASE EXPLOITATION</p> <p>Mesures d'évitement et de réduction Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie</p> <p>Mesures de compensation Indemnisation des éventuels impacts constatés</p> <p>Mesures de suivi Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure</p>
Vitry Centre à Champigny Centre	Parking de la Mairie de Vitry, plusieurs bâtiments de moyenne et grande hauteur Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques Complexe « Sanofi-Aventis Recherche et Développement » Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RERC, RERD	Généralement supérieure à 20 m Calcul : 8, rue Albert Einstein, Créteil (Profondeur inférieure à 20 m) Jusqu'à 8 dB de dépassement	Niveau 1	
	Université Paris Est Créteil Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmentelle Cathédrale Notre Dame de Créteil Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RATP ligne 8	Calcul : (Profondeur inférieure à 20 m) Jusqu'à 2 dB de dépassement	Niveau 1+	
	Collège Plaisance Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor Ancienne abbaye de Saint Maur Carrières à ciel ouvert remblayées Croisement avec RER A,	Calcul : (Profondeur inférieure à 20 m) Aucun dépassement	Niveau 1	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Bâtiments de grande hauteur Institut médico-éducatif AFASER, Centre de formation, Petite enfance	Entre 20 et 25 m Calcul : 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne jusqu'à 9 dB(A) de dépassement Calcul : 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne (Profondeur inférieure à 20 m) Jusqu'à 5 dB de dépassement	Niveau 1	
	Ecole maternelle des Richardets Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseau GDF	Entre 20 et 25 m Calcul : route de Champigny, Villiers Sur Marne Aucun dépassement Calcul : Ecole Des Richardets, Noisy-le-Grand jusqu'à 6 dB(A) de dépassement	Niveau 1	
	Bâtiments de grande hauteur Présence de réseau GDF et SIAAP Croisement Autoroute A4, RERA, Ligne ZSNCF	Entre 20 et 25 m Calcul : Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand Jusqu'à 10 dB(A) de dépassement	Niveau 1	

5.11 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques

5.11.1 Analyse / Interprétation

Le projet de métro automatique est prévu en totalité en souterrain, limitant ainsi les impacts sur les milieux naturels, la faune et la flore. Ces impacts potentiels ne peuvent être localisés qu'aux emprises des émergences (gares, ouvrages de sécurité, site de maintenance et de remisage et site de maintenance des infrastructures).

Afin d'anticiper l'existence d'impacts potentiels sur la faune, la flore et les milieux naturels, la Société du Grand Paris a mis en place la démarche ERC : Éviter, Réduire, puis en dernier recours Compenser pour son projet dès les premières étapes de sa conception.

Cela se traduit au niveau des études d'impact et des dossiers de dérogation, si ces derniers sont nécessaires, par :

- Dans un premier temps, mettre en place des mesures d'évitement des impacts (adaptation de la conception et des emprises, ajustement temporel des dates de démarrage des travaux etc....) ;
- Ensuite, définir des mesures de réduction des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ;
- Enfin, construire avec les acteurs du territoire des mesures de compensation des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ou de réduire. Ces impacts sont dits résiduels et déclenchent le passage aux mesures compensatoires dans la mesure où l'état de conservation des espèces ou habitats est remis en cause par le projet.

Pour l'analyse des impacts potentiels sur les habitats et les espèces, une approche par secteurs d'aménagement concernés par des ouvrages du futur métro a été retenue.

Pour une meilleure compréhension et en raison du nombre important de mesures proposées, ces dernières ont été dissociées en deux types :

- **Des mesures spécifiques, mises en œuvre pour le projet de Ligne 15 Sud. Ces mesures sont identifiées et présentées pour chaque élément de projet dans le tableau en page suivante.**
- **Des mesures génériques, mises en œuvre systématiquement pour tous les ouvrages de la Ligne 15 Sud. Ces mesures génériques regroupées en grand ensemble de mesures permettent d'éviter et de réduire les impacts pressentis.**

5.11.2 Conclusions

La Ligne 15 Sud étant entièrement construite en souterrain, seuls les puits d'entrée, de sortie et les gares aériennes sont à l'origine d'impacts potentiels sur la faune, la flore, les milieux naturels et les continuités écologiques.

Les impacts sont donc très limités en surface, chaque élément projet a été pensé de manière à limiter au maximum les effets d'emprise, de dérangement et de destruction sur la faune et la flore.

La démarche d'évitement et de réduction permet d'intégrer la mise en place de mesures simples et adaptées à chaque élément du projet. Le détail de ces mesures est précisé dans l'analyse des impacts.

Suite à la mise en place de cette démarche Eviter Réduire, quatre secteurs d'aménagement présentent des impacts significatifs sur la faune : la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, le secteur d'aménagement de la friche Arrighi, le SMR de Champigny et la gare de Noisy-Champs.

La mise en place de mesure de compensation est alors nécessaire. Leur définition se base sur les principes suivants :

- **Pas de perte nette de biodiversité** : Les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- **Recherche de l'additionnalité** aux engagements du public : les mesures de compensation proposées s'inscrivent dans la plus-value écologique à l'action publique enclenchée par ailleurs ;
- La **faisabilité et la pérennité des mesures** : les mesures s'appuient sur des partenaires publics (AEV, ONF, Syndicat mixte) afin de garantir leur pérennité et leur chiffrage inclura leur réalisation et leur gestion sur un pas de temps de 30 ans.

Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet

Ouvrage concerné	Espèces concernées	Surfaces impactées par le projet
Besoins de compensation liés aux milieux ouverts		
Gare de Villejuif IGR	Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	1,5 ha de friches thermophiles hautes
Friche Arrighi Vitry	Conocéphale gracieux et Œdipode turquoise	Mosaïque de friches thermophiles hautes (0,15 ha) et rases à écorchées (0,5 ha)
SMR de Champigny	Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	0,65 ha de mosaïque de friches thermophiles avec des patches de Fabacées
Entre deux ferroviaire	Œdipode turquoise	0,3 ha de friches thermophiles rases et écorchées
Entre deux ferroviaire	Linotte mélodieuse	1,3 ha de mosaïque de friches thermophiles et arbustive (dont 0,3 ha en commun avec les insectes)
Total (Milieux ouverts)		4,1 ha de friche thermophile et arbustive
Besoins de compensation liés aux milieux aquatiques		
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	1 mare
Total (Milieux aquatiques)		1 mare
Besoins de compensation liés aux milieux boisés		
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens
Total (Milieux boisés)		3,2 ha d'habitats boisés
Besoins de compensation liés aux habitats de chasse du Faucon hobereau		
Friche Arrighi Vitry	Faucon hobereau	0,08 ha d'habitats

Les mesures compensatoires sont en cours de précision avec les partenaires à qui elles seront rétrocédées ou avec lesquelles elles sont proposées (Agence des Espaces Verts notamment). Le chiffrage de ces mesures sera précisé dans le cadre du dossier de demande de dérogation d'espèces protégées.

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – milieu naturel, faune, flore et continuités écologiques

A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent sur les espèces suivantes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse, Œdipode turquoise, Azurée des cytises, Grenouille agile, Triton alpestre, Triton ponctué, Triton palmé, Linotte mélodieuse et Faucon hobereau. Ces impacts concernent la destruction d'habitats des espèces précitées, à hauteur de 4,1 ha de friches herbacées et arbustives (dont 2,3 ha de friche thermophile haute, 0,8 ha de friche rase à écorchée et 1 ha de friche herbacée et arbustive), d'une mare et de 3,3 ha d'habitats boisés (dont 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens et 0,08 d'habitat de nidification du Faucon hobereau).

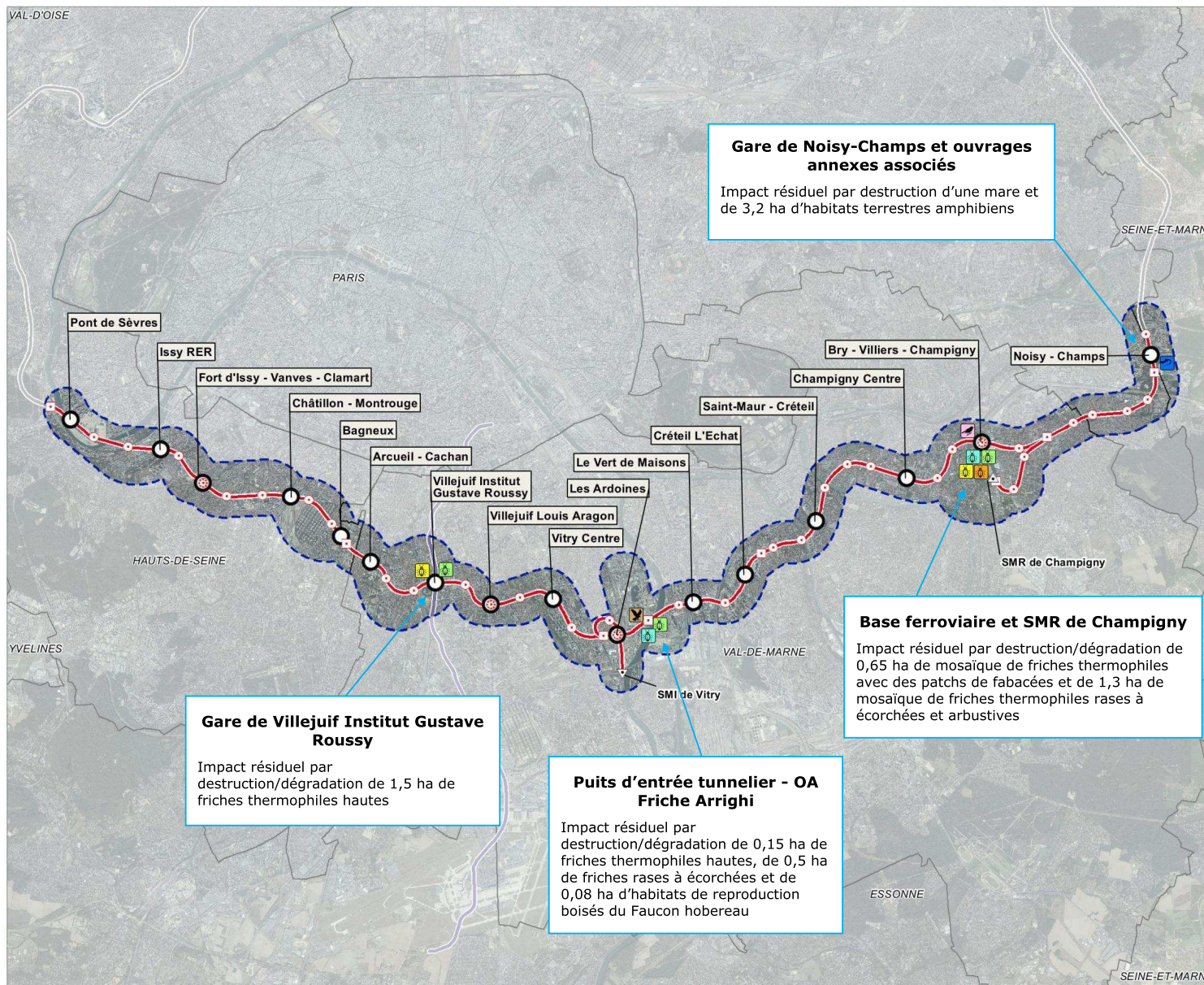
Des mesures de compensation in-situ et ex-situ sont mises en œuvre et font l'objet de partenariat avec l'Agence des Espaces Verts dans le cadre de la compensation « faune, flore » et avec l'Office National des Forêts. Par ailleurs la compensation « boisement » détaillée dans le chapitre suivant a été travaillée avec l'ONF afin d'apporter une plus-value forestière répondant aux attentes du code forestier mais aussi écologique afin de renforcer la cohérence des mesures de compensation écologiques proposées.

Les mesures de compensation, en cours de précision avec les partenaires, sont les suivantes :

- **Mesures de compensation liées aux milieux ouverts**
 - o Mesure de compensation *In situ* : création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol
 - o Mesure de compensation *Ex situ* : création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives avec l'Agence des Espaces Verts
- **Compensation d'habitats aquatiques de reproduction de type mare et habitat terrestre d'hivernage de type milieux boisés en faveur des amphibiens**
 - o Mesure de compensation *In situ* : création de mares au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny
 - o Ex-situ : création/restauration d'habitat aquatique et terrestre sur le bois de Célie avec l'Agence des Espaces Verts
- **Compensation d'habitats en faveur du faucon hobereau**
 - o Mesure de compensation : création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame

Pour conclure, il résulte que, compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.

Localisation des impacts résiduels significatifs sur les habitats d'espèces et les individus



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

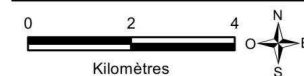
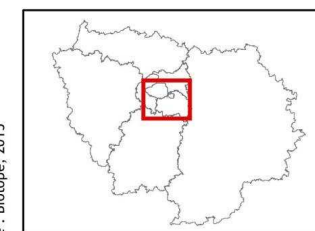
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)

- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- △ Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- ▽ Service de Maintenance Industrielle (SMI) de Vitry
- ▭ Fuseau d'étude
- ▭ Limites départementales

Espèces impactées*

- Grenouille agile, Triton ponctué, Triton alpestre et Triton crêté
- Faucon hobereau
- Linotte mélodieuse
- Conocéphale gracieux
- Azuré des cistyes
- Mante religieuse
- Oedipode turquoise

* Seuls les impacts résiduels significatifs sont représentés sur cette carte



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
 Les données Ortho® - ANPB 2014 -
 Biotopes 2014 et 2013
 Cartographie : Biotope, 2015

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Ile de Monsieur	Insectes patrimoniaux : destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Rendre la zone défavorable pour le groupe afin de favoriser le report des espèces sur les habitats alentours favorables Adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare Pont de Sèvres	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Place de la Résistance	Milieux aquatiques : déchets flottants dans la Seine, chute de matériaux et sédiments, pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées	Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier Mise en place de barrière anti-MES Mesures simples de prévention		
	Gare Issy RER	Continuités écologiques : diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (défini par le SRCE)	Remise en état des abords de la gare par traitement paysager et plantation d'arbres sans imperméabilisation du sol		
Issy RER à Arcueil-Cachan	Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de la station Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles Oiseaux : Adaptation de la période de travaux	Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Parc Henri Barbusse Square Malleret Joinville Fort de Vanves Cimetière Parisien Pierre Plate	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Gare de Bagneux	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Parc Robespierre Gare d'Arcueil Cachan	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Square du Général de Gaulle	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en défense ou déplacement de l'espèce sur le parc Raspail Oiseaux : adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
	Jardin panoramique	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en place d'un balisage des stations Oiseaux : Adaptation de la période de travaux	travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	<p>Compensation insectes dans le fuseau d'étude : Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny</p> <p>Compensation insectes ex-situ : Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis</p>
	Villejuif Institut Gustave Roussy	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Insectes : dégradation, destruction d'habitat et d'individus Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Amphibiens : dégradation d'habitat terrestre, dérangement	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Insectes : déplacement des populations des orthoptères, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes Oiseaux : adaptation de la période de travaux Amphibiens : mise en place de barrières anti-retour, gestion adaptée du chantier		
	Rue du Génie Vitry Centre	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
Vitry centre à Champigny Centre	Rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire	
	SMI de Vitry	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Gare Le Vert de Maisons	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Impasse de l'Abbaye	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Vitry Centre à Champigny Centre	Friche Arrighi	<p>Flore patrimoniale : destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales</p> <p>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées</p> <p>Insectes : déplacement des populations des orthoptères (Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée)</p> <p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux et suivi avant travaux pour vérifier la nidification du Faucon Hobereau</p> <p>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement</p>	<p>Formation du personnel de chantier</p> <p>Évitement de la prolifération d'espèces invasives</p> <p>Remise en état du sol après travaux</p> <p>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers</p>	<p>Compensation insectes dans le fuseau d'étude : Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny</p> <p>Compensation insectes ex-situ: Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis</p> <p>Compensation Faucon hobereau : création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame</p>
	Avenue Charles Floquet	<p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement</p> <p>Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée</p>	<p>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures</p>	<p>Aucune mesure de compensation n'est nécessaire</p>
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Champigny Centre Clos du pré de l'étang	<p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p> <p>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée</p>	<p>Adaptation du calendriers de début de travaux</p> <p>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés</p>	<p>Aucune mesure de compensation n'est nécessaire</p>
	Bry-Villiers-Champigny Ave Henri Dunant Villiers	<p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Espèces invasives : Risque de propagation des invasives</p>	<p>Adaptation de la période de travaux</p> <p>Espèces invasives : délimitation des stations</p>		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	SMR de Champigny et OA 0813P	<p>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité</p> <p>Espèces invasives : risque de propagation des invasives</p>	<p>Insectes : déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes</p> <p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p> <p>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles</p> <p>Continuités écologiques : réaménagement du site prenant en compte cette dimension</p> <p>Espèces invasives : délimitation des stations</p>	<p>Formation du personnel de chantier</p> <p>Évitement de la prolifération d'espèces invasives</p> <p>Remise en état du sol après travaux</p>	<p>Compensation insectes dans le fuseau d'étude : Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny</p> <p>Compensation insectes ex-situ: Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis</p>
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	<p>Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier</p> <p>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Flore patrimoniale : programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation</p> <p>Insectes : déplacement des populations d'Ædipode turquoise</p> <p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p> <p>Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence de l'espèce avérée</p>	<p>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers</p> <p>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures</p> <p>Adaptation du calendriers de début de travaux</p>	<p>Compensation insectes dans le fuseau d'étude : Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny</p> <p>Compensation insectes ex-situ: Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis</p>
	Sentier des marins	<p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p> <p>Reptiles : retraites refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée</p>	<p>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés</p>	<p>Aucune mesure de compensation n'est nécessaire</p>
	Place des Yvris	<p>Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier</p> <p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p>	<p>Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées</p> <p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p>		<p>Aucune mesure de compensation n'est nécessaire</p>

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	Rue du Ballon	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare de Noisy-Champs OA Bd du Ru de Nesles OA Bd de Champs Nesles	<p>Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Amphibiens : dérangement, destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Chiroptères : destruction d'arbres âgés potentiellement favorables à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos</p> <p>Mammifères : dérangement, dégradation et destruction d'individus et d'habitats</p> <p>Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE</p> <p>Espèces invasives</p>	<p>Oiseaux : adaptation de la période de travaux</p> <p>Amphibiens : mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces</p> <p>Chiroptères : adaptation du calendrier de défrichement, passage d'un écologue, précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré</p> <p>Mammifères : adaptation du calendrier travaux</p> <p>Continuités écologiques : compensation boisée prenant en compte cette dimension de fonctionnalité et de continuité écologique</p> <p>Espèces invasives : export de terre limité et traitement dans une filière adaptée, suivi des espèces invasives par un écologue de chantier</p>	<p>Formation du personnel de chantier</p> <p>Évitement de la prolifération d'espèces invasives</p> <p>Remise en état du sol après travaux</p> <p>Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers</p> <p>Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures</p> <p>Adaptation du calendriers de début de travaux</p> <p>Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés</p>	<p>Compensation amphibiens : Création d'une mare prairiale et participation à la restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (AEV)</p>

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections confondues	Aucun site Natura 2000 n'est présent dans le fuseau d'étude	<p>Le projet ne prévoit pas d'émergence sur un site Natura 2000. Il n'y a donc pas d'incidence directe, temporaire ou permanente, par effet d'emprise.</p> <p>De plus, la phase chantier n'aura pas d'incidence indirecte sur le réseau hydrologique du parc de la Haute-Ile (entité Natura 2000 la plus proche).</p>	-

5.12 Boisements au sens du Code forestier

5.12.1 Analyse / Interprétation

L'impact du projet sur les boisements est évalué au regard de plusieurs thématiques : le climat, la topographie, la structure des sols, la pollution des sols, l'état phytosanitaire des végétaux, les milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques, les risques technologiques, le tourisme et les loisirs ainsi que sur le paysage.

A l'échelle du fuseau d'étude, le défrichement des boisements s'étend sur 69 317 m² soit environ 6,9 ha :

- **959 m² pour le boisement du Fort de Vanves,**
- **5 691 m² pour le boisement de Bry-Villiers-Champigny,**
- **4 942 m² pour le boisement du SMR de Champigny,**
- **57 725 m² pour le boisement de Noisy-Champs.**

5.12.2 Conclusion sur les boisements au sens du Code forestier

Ainsi moins de 7 ha (6,9 ha) de boisements vont être défrichés pour débiter les travaux de la Ligne 15 Sud. Dans ce contexte, des mesures de compensation seront mises en œuvre. Le détail de ces mesures de compensation est en cours de concertation entre les différents organismes concernés. La compensation s'oriente notamment sur la mise en œuvre d'opérations d'enrichissement par plantation en ligne ou en nid à proximité du fuseau de la Ligne 15 Sud, pour un montant équivalent calculé sur la base d'une superficie d'hectare "objectif".

L'Office national des forêts (ONF) est identifié pour porter la réalisation de ces opérations, dans l'objectif de permettre l'identification des actions conduites et de les rendre accessibles aux usagers du Grand Paris Express et habitants concernés par le défrichement.

L'identification de deux secteurs pertinents pour ces opérations de reboisement est en cours de finalisation avec l'ONF. Les secteurs cohérents avec des enjeux pour les continuités écologiques et les milieux humides forestiers sont favorisés.

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – Boisements au sens du Code forestier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du Fort de Vanves	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux
		Impact faible sur les habitats, la flore et la faune	-
		Impact négligeable sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
		Impact faible sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Vitry centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet : <ul style="list-style-type: none"> - boisement de Bry Villiers Champigny - boisement du SMR de Champigny - boisement de Noisy-Champs 	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux
		Impact faible sur les habitats et la flore pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs	-
		Impact faible sur la faune pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs	Adaptation de la période de défrichement aux sensibilités de l'avifaune Mise en œuvre d'un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier Mise en place de barrières anti-retour
		Impact faible à modéré sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
Impact faible à modéré sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux au niveau des boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny		

5.13 Zones humides

5.13.1 Analyse/interprétation

Concernant les zones humides, seuls quatre secteurs présentant des zones humides ont fait l'objet d'une analyse des impacts. Il s'agit des secteurs d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry, de Villejuif Institut Gustave Roussy, du SMR de Champigny et du secteur d'aménagement de Noisy-Champs. Les autres secteurs d'aménagement ne sont pas concernés. La démarche de caractérisation des impacts est identique à celle décrite dans le chapitre faune-flore du présent document.

Les mesures d'évitement, de réduction des impacts et de compensation des effets résiduels entreprises dans le cadre des autorisations préalables au chantier concernent :

- Le respect de la nomenclature Loi sur l'Eau,
- Le respect des périodes de reproduction et de migration des espèces inféodées aux zones humides impactées,
- La gestion de l'assainissement du chantier et des émergences construites (gares, puits) en phase exploitation,
- L'entretien des engins et des aires de stockages des produits polluants en phase chantier et des installations après mise en service,
- La mise en œuvre de mesures limitant la chute de matériaux en Seine et la remise en suspension de MES,
- La mise en œuvre de mesures d'urgence en cas de déversements accidentels de polluants,
- La définition des points de rejets des eaux pluviales au niveau des réseaux existants, sur accord du gestionnaire du réseau,
- La protection des écosystèmes face à la présence d'espèces faunistique et floristique envahissantes,
- Le suivi de l'efficacité du chantier et de la mise en place des mesures ERC.

5.13.2 Conclusions sur les zones humides

En phase chantier, les emprises du projet impactent directement des zones humides sur les secteurs du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs par effet d'emprise. De manière indirecte, des impacts restent potentiels au niveau de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy sur la faune inféodée aux milieux humides (amphibiens). Des mesures simples permettent de limiter les impacts sur ces espèces.

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises chantiers seront retirées suite aux travaux et les milieux à proximité seront remis en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

A l'issue de la séquence Éviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,63 ha de zones humides sont encore impactées par le projet :

- **599 m² de mares sont détruits sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs,**
- **5737 m² de zones humides dégradées sont détruites sur le secteur d'aménagement SMR de Champigny.**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

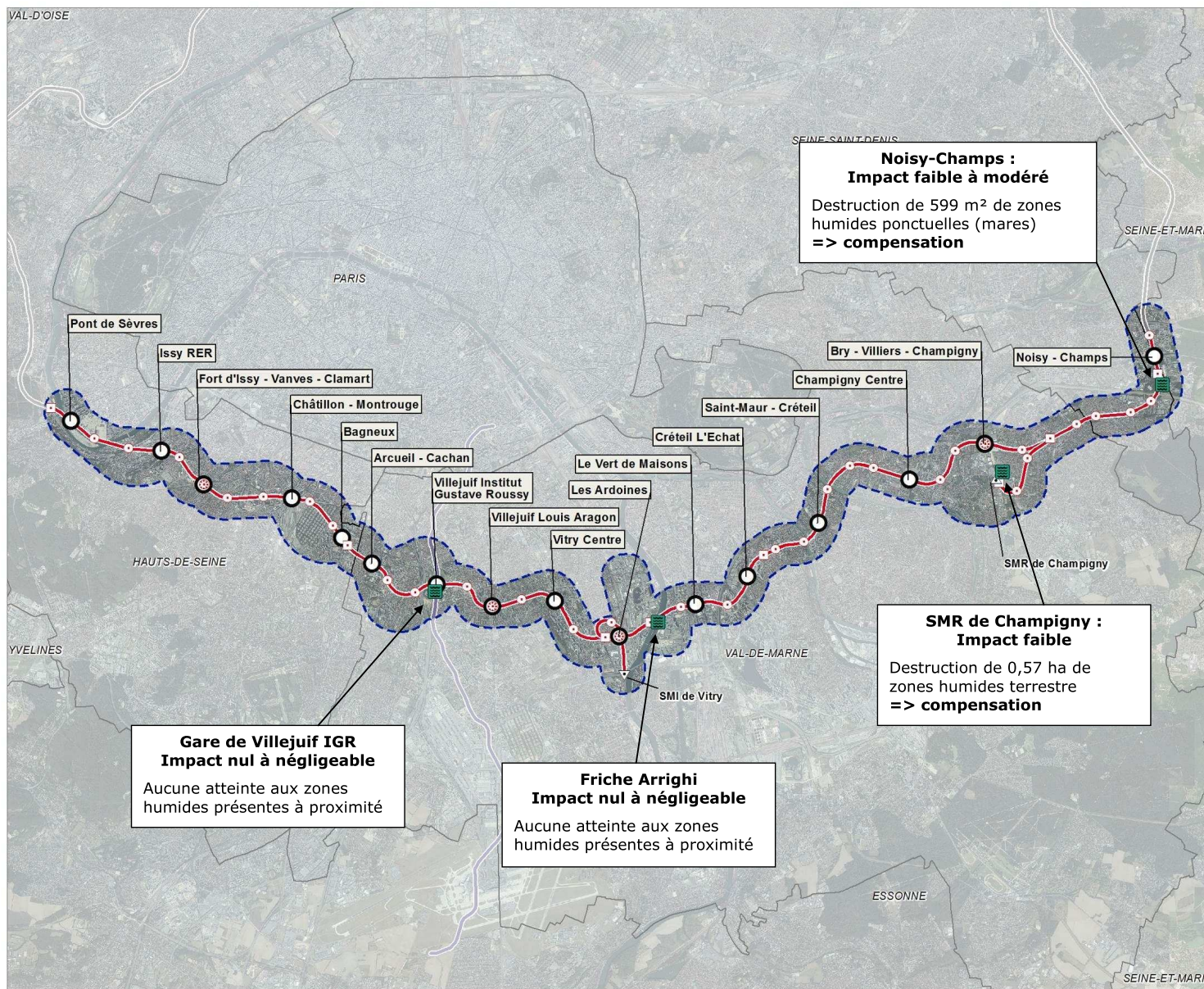
Concernant les zones humides, des mares vont être recrées sur deux secteurs à minima, l'un sur le fuseau (SMR de Champigny) et l'autre sur le bois de Célie (PRIF de l'AEV). Une restauration de landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame accompagne également les mesures de compensation zone humide.

Enfin, sur le secteur du SMR de Champigny, la zone humide très dégradée et non impactée par le projet d'environ 15 000 m² sera réhabilitée avec la création d'un réseau de mares et de milieux associés hygrophiles. De nouvelles zones humides (noues artificielles et mares) seront recrées suite à la phase chantier sur le secteur sud-ouest.

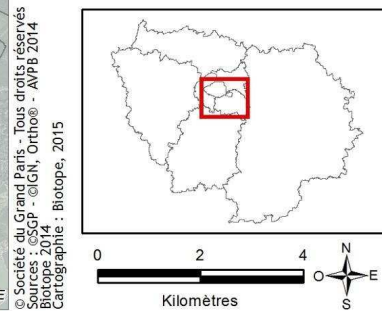
Au total ce sont plus de 80 ha de zones humides qui vont être recrées et restaurées afin de compenser moins d'un hectare de zones humides relictuelles détruites en secteur urbain. Cette compensation à travers des actions de restauration en forêt domaniale et au sein d'un PRIF va être mise en œuvre sur des fonciers préservés à long terme et avec un engagement de gestion de la SGP auprès des gestionnaires.

Secteurs concernés	Surface impactée	Espèce ciblée par la compensation	Habitats d'espèces	Mesure de compensation réalisée ex-situ, hors fuseau d'étude	Surface compensée	Commentaire
SMR de Champigny	5 737 m ²	Espèces communes et ubiquiste	Boisement rudéral – Zone humide relictuelle sur critère pédologique	Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	80 ha de boisement et landes humides	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet
Noisy-Champs	599 m ²	Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté	2 mares forestières en cours d'assèchement	Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (PRIF AEV) Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	1 mare créée et 5 autres restaurées (> 600 m ²) Boisement et lande humides (>80 ha)	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

Synthèse des impacts résiduels relatifs aux zones humides



- Grand Paris Express**
- Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs**
- Ligne 15 Sud (rouge)
 - Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
 - Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
 - Gare du Grand Paris Express
 - Ouvrages Annexes (OA)
 - Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
 - ⊙ Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
 - △ Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
 - ▽ Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
 - ▭ Fuseau d'étude
 - ▭ Limites départementales
- THEMATIQUE**
- ▭ Zones humides



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Impacts et mesures d'accompagnement – Zones humides

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Issy RER à Arcueil-Cachan	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux forts à proximité	<u>Impact direct</u> Pas d'impact sur les zones humides <u>Impact indirect</u> Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité Destruction d'individu Dérangement	<ul style="list-style-type: none"> - Balisage des zones humides à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation - Humidification des pistes de chantier - Gestion des déchets 	Négligeable	Aucune
Vitry Centre à Champigny Centre	OA Friche Arrighi	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux modéré à proximité	<u>Impact direct</u> Pas d'impact sur les zones humides <u>Impact indirect</u> Pas d'impact sur les zones humides	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune mesure nécessaire 	Nul	Aucune
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Noisy-Champs	Enjeu faible à modéré	<u>Impact direct et indirect</u> Destruction et dégradation de zones humides Destruction d'individu <u>Impact indirect</u> Dégradation de zones humides Destruction d'individu Dérangement	<ul style="list-style-type: none"> - Optimisation de l'emprise chantier - Balisage des zones humides et de la flore associée présentes à proximité - Balisage de la Renouée du Japon/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de processus de capture/déplacement - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation, humidification des pistes de chantier 	Faible à Modéré Destruction de zones humides (599 m ²)	Recréation de zones humides Création de mares sur le bois de Cécile en partenariat avec l'AEV (> 600 m ²) Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (environ 80 ha)
	SMR de Champigny	Enjeu faible	<u>Impact direct</u> Destruction de zones humides Dégradation de zones humides par dissémination <u>Impact indirect</u> Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité	<ul style="list-style-type: none"> - Optimisation de l'emprise chantier - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Balisage des zones humides présentes à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ Eradication et retraitement en filière spécialisée <p>Mesure d'accompagnement : Restauration et amélioration de zones humides terrestres sur le SMR de Champigny</p>	Faible à Modéré Destruction de zones humides non fonctionnelles (0,57 ha)	Recréation de zones humides Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (environ 80 ha)

5.14 Frayères

5.14.1 Analyse/interprétation

Les impacts sont considérés comme nuls sur l'ensemble des autres linéaires de berges de la Seine et de la Marne, autres que les trois secteurs d'aménagement suivants : Friche Arrighi Vitry, Pont de Sèvres et Ile de Monsieur.

Pour ces 3 secteurs concernés, des impacts directs et indirects ont été identifiés au regard des aménagements envisagés sur ces secteurs.

Les mesures d'évitement, de réduction des impacts et de compensation des effets résiduels entreprises dans le cadre des autorisations préalables au chantier concernent :

- Le respect de la nomenclature Loi sur l'Eau,
- Le respect des périodes de reproduction et de migration des espèces inféodées aux zones humides impactées,
- Le respect de la qualité de l'eau durant la phase chantier et exploitation,
- La gestion de l'assainissement du chantier et des émergences construites (gares, puits) en phase fonctionnement,
- L'entretien des engins et des aires de stockages des produits polluants en phase chantier et des installations après mise en service,
- La mise en œuvre de mesures limitant la chute de matériaux en Seine et la remise en, suspension de MES,
- La mise en œuvre de mesures d'urgence en cas de déversements accidentels de polluants,
- La définition des points de rejets des eaux pluviales au niveau des réseaux existants, sur accord du gestionnaire du réseau,
- Le suivi de l'efficacité du chantier.

5.14.2 Conclusions sur les frayères

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises implantées en Seine seront retirées suite aux chantiers et les berges seront remises en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

En phase chantier, la démarche d'évitement et de réduction a permis de limiter la destruction des zones de frayères et de réduire des impacts concernant la qualité des eaux, les pollutions, la chute de matériaux en Seine et le respect de la faune et de la flore.

A l'issue de la séquence Eviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,04 ha de frayères sont encore impactés par le projet :

- **108 m² de frayères dégradés sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur,**
- **302 m² de frayères détruits sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres.**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :

- Des plages d'hélophytes en tunage ; ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier
- Des radeaux flottants et des frayères artificielles, ces radeaux et frayères seront installés de manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.

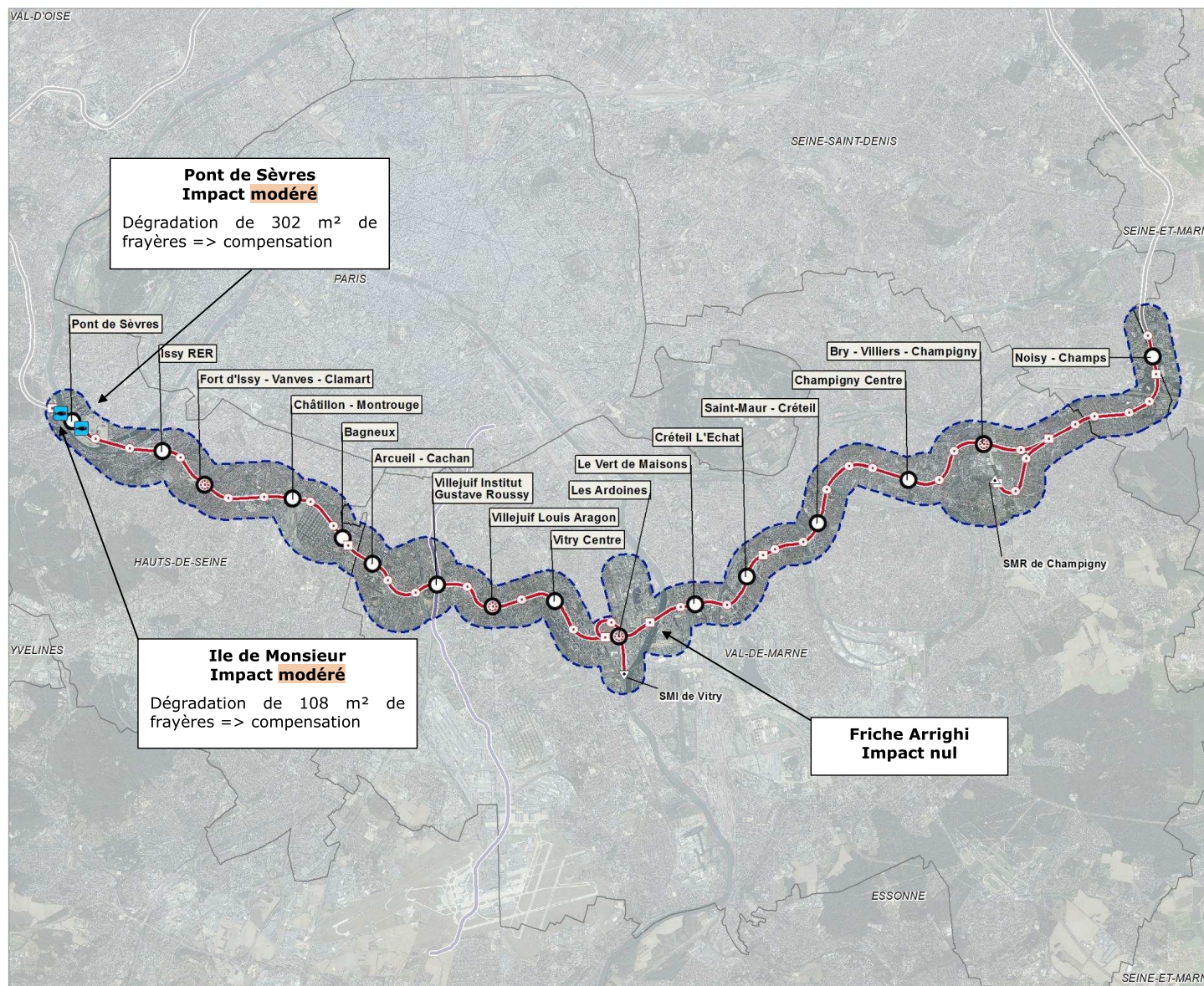
La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroître la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

Synthèse des mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces concernées

Espèce ciblée par la compensation	Habitats d'espèces	Superficie impactée par le projet	Mesures de compensation	Superficie compensée	Commentaire
Ichtyofaune commune	Frayères	410 m ²	Création de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles	708 à 762 m ² + 170 ml	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

Ces compensations proposées en réponse aux impacts résiduels sont supérieures à l'attendu.

Synthèse des impacts résiduels sur les frayères



Pont de Sèvres
Impact **modéré**
Dégradation de 302 m² de frayères => compensation

Ile de Monsieur
Impact **modéré**
Dégradation de 108 m² de frayères => compensation

Friche Arrighi
Impact **nul**

Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

— Ligne 15 Sud (rouge)

Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement

— Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)

○ Gare du Grand Paris Express

○ Ouvrages Annexes (OA)

□ Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux

⊗ Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier

△ Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny

▽ Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry

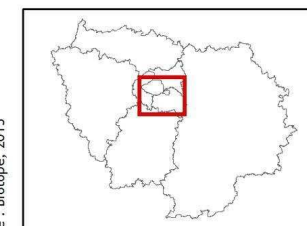
▭ Fuseau d'étude

▭ Limites départementales

THEMATIQUE

▭ Frayères

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Orho® - ANPB 2014
Cartographie : Biotopie, 2015



Impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et phase d'exploitation – Zones de frayères

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres à Issy RER	OA Ile de Monsieur	Modéré à fort	<p><u>Impact direct</u> Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement Espèces envahissantes</p> <p><u>Impact indirect</u> Destruction et dégradation de frayères</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Balisage des zones humides présentes entre les berges et les Ducs d'Albe existants lors des travaux d'implantation des nouveaux Ducs d'Albe et du dragage - Balisage des zones humides présentes à proximité - Implantation des Ducs d'Albe sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques denses - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (bandes transporteuses) - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats humides à proximité - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Destruction (Ecrevisse et Poisson Chat) 	Modéré Dégradation de frayères (108 m ²)	<p>Recréation de frayères</p> <p>Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur</p> <p>Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur</p>
	Gare Pont-de-Sèvres	Modéré	<p><u>Impact direct</u> Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement</p> <p><u>Impact indirect</u> Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Optimisation de l'emprise chantier de l'estacade - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats aquatiques à proximité - Retrait préalable des herbiers aquatiques hors périodes de frai - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets et filets) - Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité 	Modéré Destruction de frayères (302 m ²)	<p>Recréation de frayères</p> <p>Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur</p> <p>Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur</p>
Section Vitry centre - Champigny	OA Friche Arrighi (Frayères)	Faible à Modéré (à proximité)	<p><u>Impact direct</u> Pas de destruction de frayères</p> <p><u>Impact indirect</u> Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets) - Mise en place de dispositif anti-batillage 	Nul à faible	Aucune

5.15 Services écosystémiques

5.15.1 Méthode générale

Les services écosystémiques soulignent le lien étroit entre la biodiversité et son utilisation par les sociétés humaines. L'existence d'un service écosystémique dépend tout autant de processus écologiques que des pratiques sociales qui en déterminent son utilisation. L'ensemble des services étudiés ont été répartis selon trois catégories : les services d'approvisionnement (production de biens par les écosystèmes et consommés par l'être humain), les services de régulation (processus qui canalisent certains phénomènes naturels et ont un impact positif sur le bien-être humain) et les services socioculturels (bénéfices immatériels que l'être humain tire de la nature en termes de santé, de liberté, d'identité, de connaissance, de plaisir esthétique et de loisirs, etc.).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. La méthodologie appliquée pour l'étude des services écosystémiques rendus consiste en l'établissement d'un lien entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

5.15.2 Analyse / Interprétation

Sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de **646,0 ha** soit 15 % environ de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.

Les parcs urbains sont les milieux (semi)naturels les plus représentés au niveau de la Ligne 15 Sud (57 % des milieux (semi)naturels). Les plus étendus le parc départemental des Hautes Bruyères, le parc départemental du Plateau ou encore le parc de la Butte Verte. Dans un contexte urbain particulièrement dense, ces milieux constituent de véritables « poumons » en cœur de ville, tant pour la qualité de l'environnement de vie des citoyens (régulation du climat local, purification de la qualité de l'air, etc.) que pour les activités sociales qu'ils génèrent (services socioculturels). Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis par ces milieux.

Le projet de métro automatique est prévu en totalité en souterrain, limitant ainsi les impacts sur les milieux naturels et semi-naturels à l'origine de services écosystémiques. Le projet engendre ainsi de faibles impacts sur les milieux recensés au sein du fuseau d'étude et donc sur les services écosystémiques qu'ils génèrent

En effet, les parcs urbains, milieux (semi)naturels les plus représentés sur le fuseau d'étude (57 % des milieux (semi)naturels) seront les plus impactés par le projet en phases chantier et exploitation, notamment les petits parcs et espaces verts disséminés dans le fuseau d'étude. Cependant, l'étude réalisée met en évidence des niveaux d'impact relativement faibles et majoritairement temporaires (phase chantier). Ainsi, concernant les services de régulation rendus par ces milieux, et celui de régulation du climat global notamment, seuls de faibles effets ont été révélés par cette étude car l'emprise du projet reste très limitée en surface.

5.15.3 Conclusions sur les impacts sur les milieux à l'origine des services écosystémiques

Les impacts actuels sont limités, en matière d'atteinte aux services écosystémiques. En outre, la construction du métro devrait améliorer l'accessibilité de certains parcs favorisant ainsi l'ensemble des services socio-culturels. Par ailleurs, le projet devrait tendre à une diminution de l'étalement urbain réduisant ainsi les risques de voir disparaître des milieux (semi)naturels, à la faveur de l'expression des services écosystémiques rendus sur le territoire francilien.

Impacts et mesures d'accompagnement – Services écosystémiques

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	Se reporter au chapitre relatif aux milieux naturels
	Services de régulation portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.) et les milieux ouverts présents à proximité de la Seine	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc Rodin, Henri Barbusse, Raspail, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Arcueil-Cachan à Vitry centre	Services d'approvisionnement notamment représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Vitry centre – Champigny Centre	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.) et les milieux ouverts	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Champigny Centre à Noisy-champs	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Impacts non évalués	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.), les milieux ouverts et aquatiques (mares)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux boisés et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort
Pas d'impact	Impact Faible	Impact Modéré	Impact Fort

5.16 Agriculture et pédologie

Synthèse des impacts et mesures concernant l'agriculture et la pédologie

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Agriculture : présence de serres municipales	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Issy RER à Arcueil Cachan	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Vitry Centre à Champigny Centre	Agriculture : Présence de cultures sous serres	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		
Champigny Centre à Noisy-Champs	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		

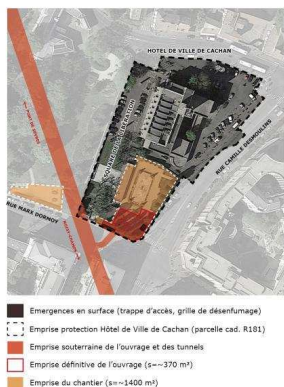
5.17 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

5.17.1 Le patrimoine architectural

Considérant que l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud est prévu en souterrain et réalisé en tunnelier, l'évaluation des effets prévisibles du projet sur le paysage et le patrimoine protégé se fera essentiellement à partir du référencement des éléments ponctuels et visibles de l'infrastructure. Ils seront de deux types :

- Les émergences aériennes du réseau qui seront pérennes et dont l'impact est lié aux travaux comme à l'exploitation du réseau :
 - o Les gares et les sites de maintenances du matériel roulant ou de maintenance industrielle (SMR et SMI),
 - o Les accès pompiers et les puits de ventilation.
- Les installations temporaires liées la phase travaux (puits d'entrées et de sortie des tunneliers, emprises travaux, bases vie, stockage de matériaux, circulation d'engins)

La démarche d'évitement a permis de limiter très fortement les impacts sur les monuments historiques. Toutefois l'ouvrage annexe « Square Charles de Gaulle » est aménagé dans l'emprise du monument historique inscrit, la parcelle attenante à l'Hôtel de Ville de Cachan. Le square sera détruit et pourra être réaménagé à l'issue des travaux. Les gares de « Vitry-Centre » et « Le Vert de Maisons » seront construites aux abords immédiats de monuments historiques également inscrits. Les projets urbains associés intègrent l'existant et donc la présence de ces monuments. Certains éléments de projet entre en covisibilité avec des monuments historiques. La démarche d'insertion du chantier et des ouvrages sur le site classé de l'Île Monsieur permet d'en limiter fortement les effets sur la manufacture royale de porcelaine. L'aménagement de la gare de Pont de Sèvres bien que réalisé dans le champ de covisibilité de plusieurs monuments n'altère par leur monumentalité ni leur perception. A l'inverse, lorsque les travaux seront terminés, le quartier de Pont de Sèvre revalorisé devrait renforcer l'attrait de ce secteur. L'ouvrage du square Malleret Joinville (à Malakoff) ou la gare Arcueil Cachant bien que situés dans l'aire de covisibilité de monuments historiques n'auront que très peu d'effet sur celles-ci et les démarches de conception soignées ou de bonne tenue des chantiers suffiront à limiter leurs impacts.



OA du « square Général de Gaulle »

5.17.2 La prise en compte du paysage pour les gares

L'ensemble des gares ont été conçues à partir du **référentiel de conception établi** par la Société du Grand Paris. Il contient en particulier **la Charte d'architecture établi par le cabinet d'architectes Jacques Ferrier** qui décrit le cahier des charges global de l'ensemble des gares.

La Charte permet de formaliser et de partager les ambitions de conception. Elle a été conçue pour offrir plusieurs niveaux de lecture :

- un organigramme général,
- la définition détaillée des objectifs et des principes par thème et par ensemble fonctionnel.

Elle donne trois objectifs fondamentaux s'articulant sur une échelle différente:

- créer à l'échelle de la ville une identité partagée entre la ville et le réseau. L'ensemble des gares se présentent ainsi comme une « collection » de repères,
- concevoir à l'échelle du bâtiment, des gares urbaines, ouvertes sur la ville et les quartiers. La gare est conçue comme un équipement public de proximité capable de connecter le réseau ferré de transports en commun à d'autres modes de transport,
- imaginer à l'échelle de l'homme, des gares humaines, en partant de l'expérience des voyageurs à travers ses perceptions sensorielles.

A ces objectifs fondamentaux répondent quatre objectifs de conception :

- présence affirmée de la gare dans la ville
- parcours intuitif et sensible
- sobriété de l'architecture
- mise en scène de la mobilité

5.17.2.1 Gare Pont de Sèvres

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

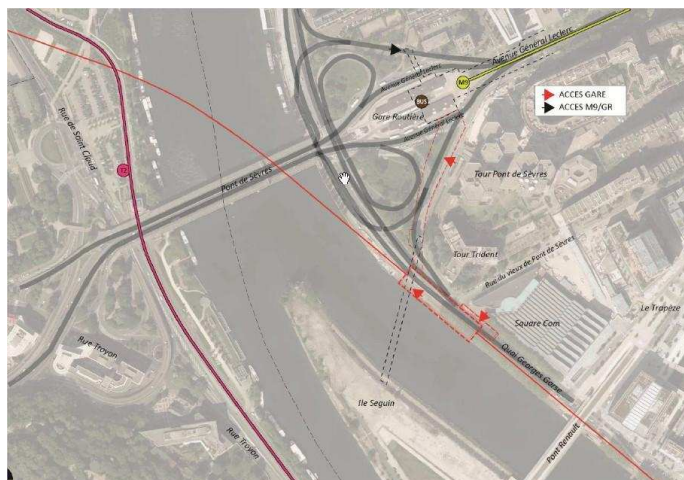
Le terrain de la future gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du GPE est situé à l'ouest de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine. Il est localisé sur la rive droite de la Seine, au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, en limite de Sèvres.

La gare de « Pont de Sèvres » s'inscrit dans un environnement caractérisé par la RD1 et un réseau viaire complexe, par les grands immeubles du quartier Pont de Sèvres (City Lights GE, Trident, Square Com), par la Seine et la proximité de l'Île Seguin.

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Agence Duthilleul. Implantée au bord de la Seine, côté rive droite, sous les voies routières de la RD1, quai Saint Georges, la gare se connecte directement au terminus ouest de la ligne 9 du métro de Paris et à la gare routière. Elle est composée de **deux ouvrages souterrains** (la boîte de la gare de la ligne 15 du réseau GPE et le hall de correspondance avec le M9 et la gare routière) et de **trois émergences** (au nord ; l'accès principal au pied des tours GE, au sud ; l'accès secondaire devant le bâtiment Square Com, et en rive de Seine ; la liaison avec la passerelle vers l'Île Seguin).

Le quartier du Pont de Sèvres fait l'objet d'une grande opération de restructuration. Des opérations ambitieuses sont engagées pour requalifier, redonner vie et attractivité à cet environnement : les tours du Pont de Sèvres avec le projet CityLights, la Cité musicale de l'Île Seguin et le Trapèze (quartier de programmation mixte en cours de réalisation, face à l'Île Seguin).



Plan d'implantation de la Gare Pont de Sèvres (Atelier Duthilleul)



Perspective de la gare et de son accès principal (Atelier Duthilleul)



Chantiers en cours de l'Île Seguin et des immeubles City Lights

La gare Pont-de-Sèvres présente un enjeu visuel car c'est l'une des gares prévues en site paysager sensible. Elle est implantée à proximité immédiate du nœud routier RD1 (voie sur berge en rive droite) et RN10. La gare « Pont de Sèvres » de la ligne 9 est à ce niveau.

Le projet de gare proposé à ce jour par le cabinet d'architecture Duthilleul et le groupement d'ingénieurs SETEC TPI/INGEROP, s'intègre au mieux au contexte urbain par le biais d'une proposition de gare souterraine sous le quai Georges Gorse.

Cette gare bénéficiera d'un traitement architectural qui l'intègre au mieux dans un contexte de renouvellement urbain en lien avec les usines Renault.

L'organisation générale actuelle du quai n'est modifiée qu'à la marge.

L'impact de la nouvelle gare sera donc faible et accompagne la restructuration du quartier.

5.17.2.2 Gare Issy RER

c. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

La future gare « Issy RER » du GPE ligne 15 se situe à Issy-les-Moulineaux dans le quartier Val de Seine / Les Arches, situé à l'ouest du centre-ville. La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

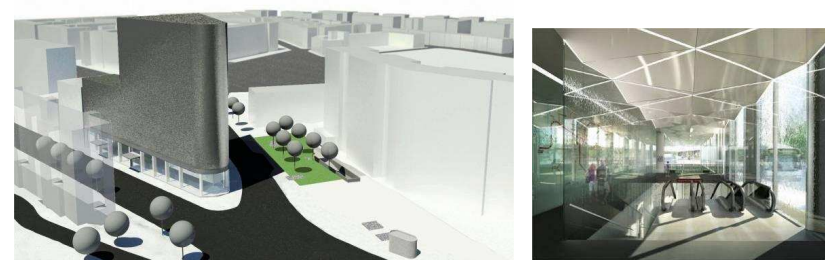
La gare est prévue au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un environnement bâti dense à l'angle de deux voies à forte déclivité ; la rue Aristide Briand présente un dénivelé de 1.80 m sur la longueur de la gare souterraine et sur la longueur de l'émergence et l'avenue de Verdun présente un dénivelé de 0.50 m sur la longueur de l'émergence.

d. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. La gare est « éclatée », la position du volume de l'émergence n'est pas à l'aplomb par rapport au volume enterré de la boîte quai. L'émergence est inscrite sur une parcelle exigüe et respecte les alignements du bâti existant, c'est un lieu public accessible depuis les deux voies et largement vitré. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié afin de permettre à terme son intégration en rez-de-chaussée d'une future opération immobilière, qui pourra intervenir à l'horizon de mise en service de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Issy RER (Philippe Gazeau Architecte)



Perspective indicative de l'émergence et de son accès à la nef (Philippe Gazeau Architecte)

La gare s'insère dans un site urbain dense. De ce fait, l'impact paysager de la gare est faible.

5.17.2.3 Gare Fort d'Issy – Vanves – Clamart

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

La gare de « Fort d'Issy – Vanves – Clamart » est localisée principalement sur la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy-les-Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare de Transilien de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF actuel. Le terrain est proche du centre-ville (au sud) mais également de l'éco-quartier de Fort d'Issy (au nord-ouest).

La gare sera implantée sur des parcelles aujourd'hui occupées, dont les maisons d'habitations seront démolies pour l'arrivée de la gare. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé principalement de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs de hauteur considérable du côté de Clamart (R+7). La topographie du terrain est en forte déclivité au droit de l'émergence le long de la rue du Clos Montholon (3m de dénivelé sur la longueur du site).

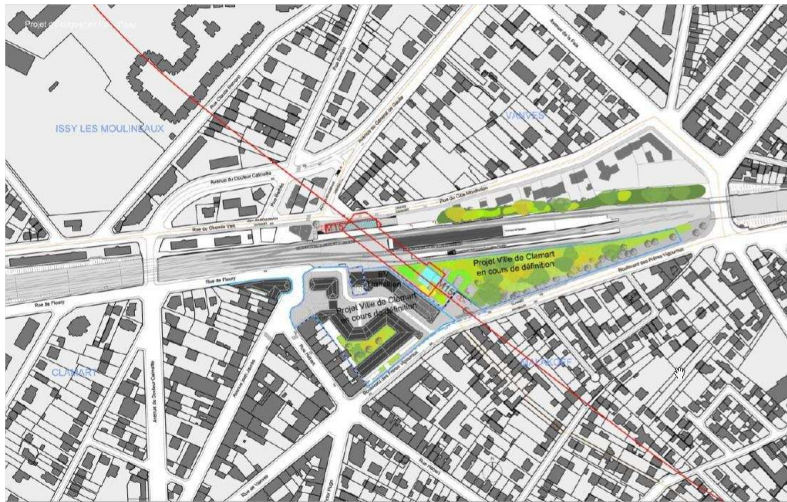
b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'implantation de la gare suppose une modification du terrain au niveau des entrées de la gare pour l'aménagement de parvis qui permettront l'inter modalité. L'émergence au nord suppose la démolition de 3 maisons individuelles et l'émergence au sud suppose une modification du terrain (talus à planifier).

L'émergence côté Issy se présente sous forme d'une grande halle posée sur le quai latéral du Transilien et formée d'une surface courbe le long de la rue du Clos Montholon. Côté Clamart, la configuration du nouveau quartier façonne le site de sorte que la volumétrie de la boîte gare émerge de la topographie nouvellement créée en s'insérant entre l'aménagement de l'espace public, permettant la liaison avec la place de la gare existante et le talus, permettant l'accès à l'un des bâtiments du programme du nouveau quartier depuis le boulevard des Frères Vigouroux.

La gare étant presque exclusivement souterraine du fait de la configuration du site, en particulier de l'existence du talus de l'ancienne emprise SNCF, l'impact paysager de la gare est faible.

La configuration générale du site n'est pas modifiée. Seul le projet d'aménagement de l'écoquartier va modifier l'aspect paysager du site dans le respect des enjeux de la ZPPAUP voisine.



Plan d'implantation de la Gare Fort-d'Issy-Vanves-Clamart (Philippe Gazeau Architecte)



Perspectives d'aménagement du site et de l'émergence côté Issy (Philippe Gazeau Architecte)

5.17.2.4 Gare Châtillon-Montrouge

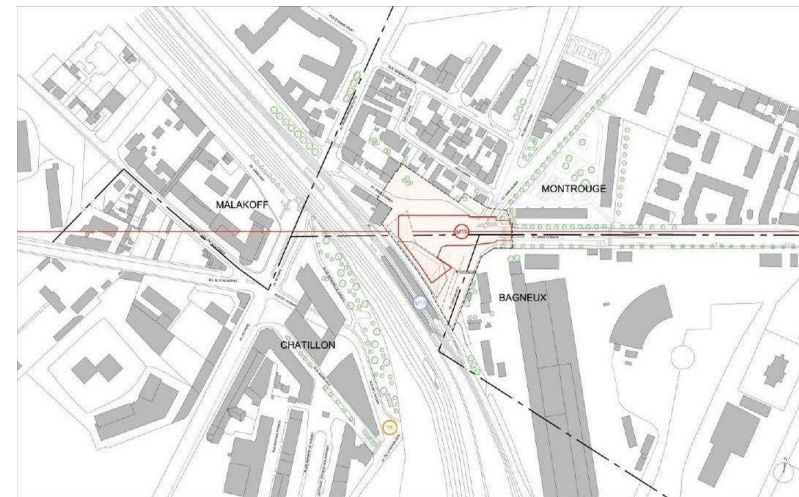
a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare « Châtillon-Montrouge » est au croisement de 4 villes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le terrain où se situe la gare présente un dénivelé d'un mètre d'ouest en est et de deux d'ouest au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transport (Tramway T6, gare de métro M15). Les bâtiments qui composent la place de la gare sont assez vétustes et ne sont pas à la hauteur de l'ambition affichée par la ville et la SGP. La gare s'inscrit en effet dans un **territoire dont le front bâti est assez hétéroclite** (petit habitat pavillonnaire, site de maintenance SNCF, zone tertiaire et habitat dense).

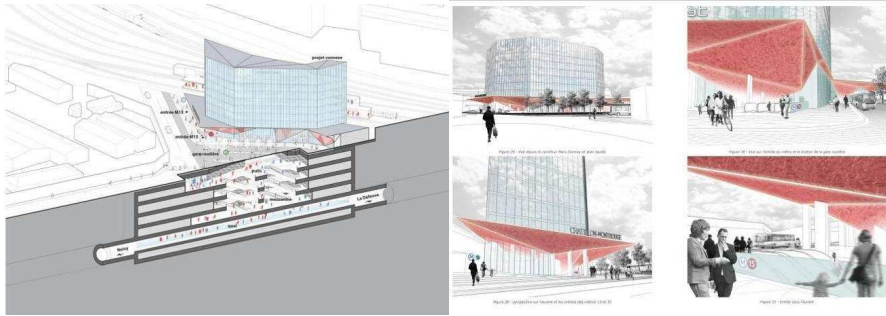
Le terrain du projet se situe sur l'actuelle gare routière de Châtillon et comprend également les parcelles faisant face le long de l'avenue Marx Dormoy. Il est bordé au sud par le faisceau de voies ferrées et l'avenue Jean Jaurès. Le territoire n'est pas très végétalisé, seuls quelques arbres sont plantés sur le parvis de la gare routière. Afin de libérer l'emprise nécessaire pour la construction de la gare et l'aménagement du parvis, plusieurs constructions seront détruites : un immeuble de bureaux en R+3, 5 pavillons d'habitations, le café de la gare, un immeuble de bureaux en R+5 et une maison sur l'avenue Jean Jaurès.

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare « Châtillon-Montrouge » a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Périphéries Architectes. Le projet s'organise principalement au sud de la gare routière. L'entrée de la gare s'effectue au rez-de-chaussée du bâtiment voyageur. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié pour permettre à terme, l'implantation potentielle d'un projet connexe. Les façades du rez-de-chaussée du bâtiment gare sont vitrés toute hauteur. La toiture ou auvent en habillage céramique émaillé marque le seuil de l'entrée de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Châtillon-Montrouge (Périphéries Architectes)



Perspectives indicatives d'insertion de la gare et vues diverses (Périphéries Architectes)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée. Si ce projet connexe ne se faisait pas, le bâtiment de la gare deviendrait prépondérant sur la place mais resterait à l'échelle du talus RATP.

L'impact paysager de la gare est donc faible.



Plan d'implantation de la Gare Bagneux (Ar-thème Associés)

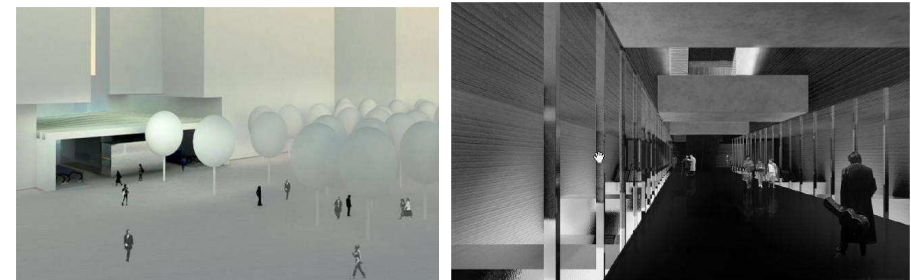
5.17.2.5 Gare Bagneux

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

La gare de « Bagneux » se trouve à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur à Bagneux. Cet emplacement est atteignant au futur pôle d'échanges du terminus de la ligne 4 du métro. La gare GPE s'inscrit dans le vaste programme de restructuration urbaine et de réaménagement de la ZAC Victor Hugo (futur éco-quartier aux programmes divers).

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Ar-thème Associés. La gare est implantée dans un nouvel îlot, essentiellement constitué d'un parvis plutôt minéral. La SGP a demandé à l'équipe d'intégrer les mesures rendant possible un projet connexe potentiellement constitué de plots de logements de part et d'autre de la gare. Par ailleurs, le nivellement quasiment plat favorise la flexibilité des usages dans l'espace public. L'entrée de gare, positionnée au centre du terrain, est encadrée au nord et au sud par les socles du projet connexe.



Perspective d'insertion de la gare et vue intérieure (Ar-thème Associés)

La gare étant intégrée dans un îlot urbain d'une zone fortement urbanisée, l'impact paysager est faible.