Société du Grand Paris

PARIS2015
CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
COP21·CMP11

UN MÉTRO ÉCOLOGIQUE POUR UNE VILLE INTELLIGENTE ET DURABLE

NOTRE CONTRIBUTION À LA COP21

SOMMAIRE

ÉDITO DE PHILIPPE YVIN

LES SEPT ENGAGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS 8

1. DE LA CONCEPTION À LA CONSTRUCTION : UNE DÉMARCHE VOLONTARISTE

1.1. Une évaluation des impacts environnementaux inédite 10

1.2. Éviter, réduire ou compenser les impacts environnementaux 11

2. L'INTÉGRATION URBAINE AU SERVICE DES TERRITOIRES

2.1. Favoriser les mobilités douces 13

2.2. Penser l'écoconception des bâtiments 14

2.3. Anticiper les inondations pour une résilience urbaine 15

3. LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DU RÉSEAU OPTIMISÉE

3.1. Viser la sobriété énergétique 18

3.2. La gare, source d'énergie au service de la ville 22

4. LA RESPONSABILITÉ ENVIRONNEMENTALE AU CŒUR DES CHANTIERS

4.1. Prendre en compte les spécificités de chaque territoire 24

4.2. Suivre et contrôler la performance en phase travaux 25

4.3. Engager une logique d'économie circulaire des déblais 25

4.4. Gérer l'eau avec responsabilité pendant les travaux 27

4.5. Maîtriser le bruit et la qualité de l'air 29

4.6. Réduire – réutiliser – recycler les déchets 29

L'ÉDITO
de Philippe Yvin, président du directoire de la Société du Grand Paris

En 2015, l'enjeu majeur de la COP21 est d'obtenir, pour la première fois en plus de vingt ans de négociations aux Nations unies, un accord universel et contraignant, permettant de lutter efficacement contre le dérèglement climatique et de favoriser la transition vers des sociétés et des économies résilientes et sobres en carbone.

Or, la ville est aujourd'hui confrontée à l'étalement urbain et aux phénomènes de fragmentation écologique, dus à la multiplication des infrastructures. Elle représente aujourd'hui 50 % des émissions de gaz à effet de serre [1] et contribue avec force au réchauffement climatique. **Les transports constituent, quant à eux, environ la moitié de la consommation totale de pétrole dans le monde [2].**

C'est sur ce point, parce qu'elle conçoit le futur métro du Grand Paris, que la Société du Grand Paris a un rôle majeur à jouer. Une ville sobre en carbone ne peut se construire sans un système de transports en commun puissant et durable. Celui-ci doit être fluide et capable de décongestionner les grands axes de circulation dans le respect de l'environnement et de la biodiversité.

LE MÉTRO LIMITERA LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Grâce à ce nouveau réseau, le Grand Paris Express, 90 % des habitants franciliens vivront à moins de 2 km d'une gare, 200 km de lignes s'ajouteront aux 200 km du métro parisien et 80% des gares seront interconnectées au réseau. En irriguant les territoires de la métropole, **le futur métro favorisera le report de la voiture vers le transport collectif et contribuera, grâce aux 68 nouvelles gares, à l'essor de la marche, du vélo et de toutes les nouvelles circulations douces.** Il limitera les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'air, faisant de la région Capitale une métropole plus sobre en carbone et plus soutenable.

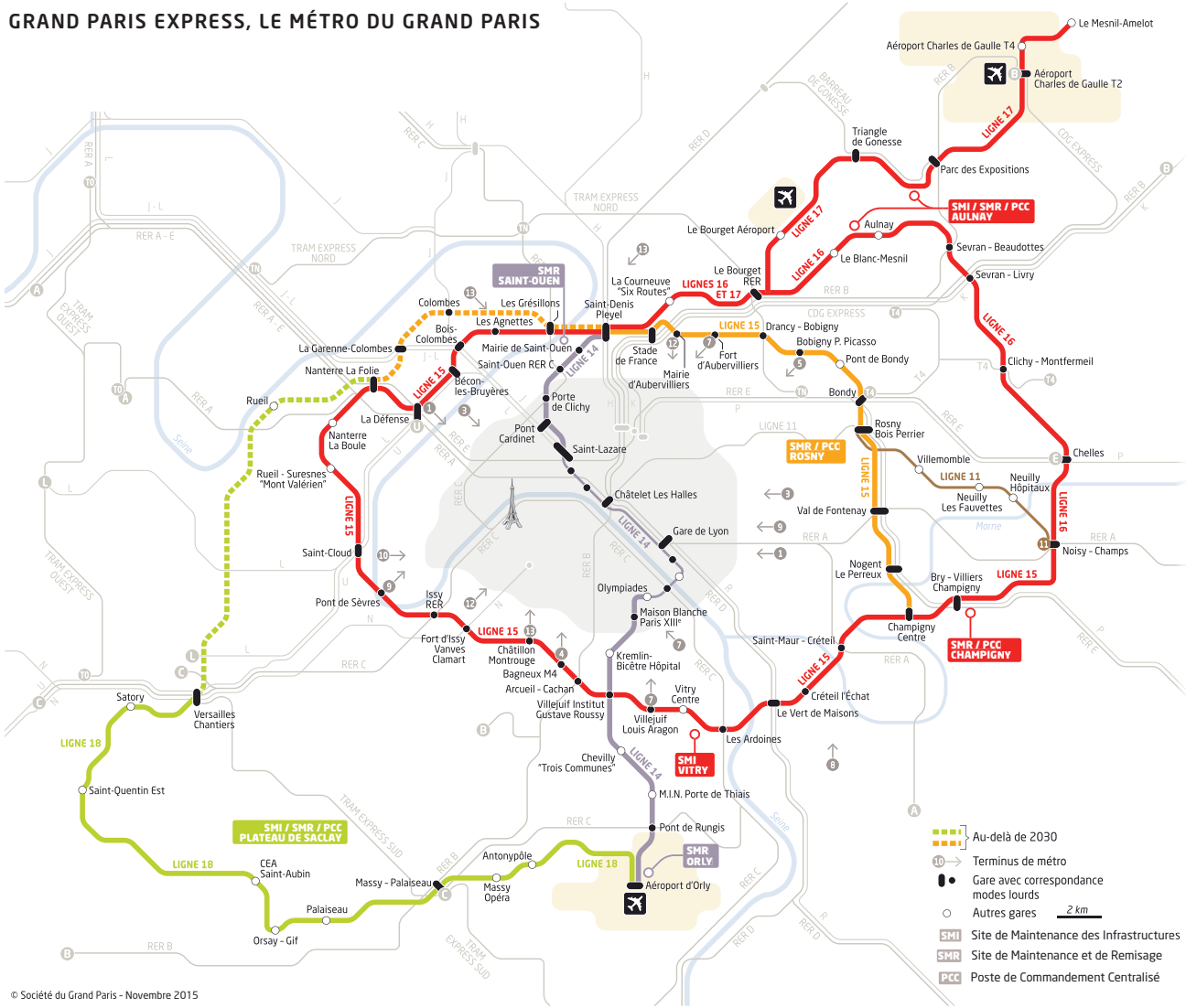
Ce sont ces enjeux qui placent la Société du Grand Paris dans un devoir de responsabilité, d'exemplarité et d'innovation. **Le Grand Paris Express va contribuer à façonner le développement de la métropole vers une ville intense, connectée et plus respectueuse de l'environnement.**

La Société du Grand Paris s'empare de ce défi hors norme et apporte une contribution volontaire à la COP21, à l'heure où le monde entier s'investit contre le réchauffement climatique.

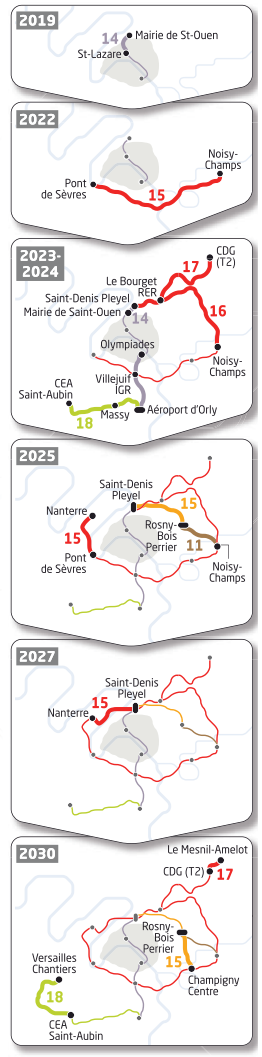
Ce document vous présente ses engagements environnementaux dans le cadre de la construction du Grand Paris Express, de son exploitation et de son pilotage.

1 Source : Efficacity, institut de recherche et de développement pour la transition énergétique de la ville.
2 Source : Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

GRAND PARIS EXPRESS, LE MÉTRO DU GRAND PARIS

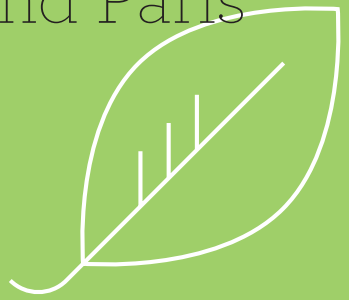


Calendrier de mises en service



© Société du Grand Paris - Novembre 2015

Les 7 engagements environnementaux de la Société du Grand Paris



ÉVITER, RÉDUIRE OU COMPENSER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

De la définition du tracé à la mise en circulation en passant par la phase de travaux, la démarche environnementale s'appuie sur une méthode globale rigoureuse déclinée pour chaque tronçon du métro, chaque gare et chaque ouvrage.

VISER LA SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

Il s'agit de concevoir un réseau, des sites industriels et des gares non énergivores en limitant au maximum les consommations. Pour chaque poste de dépense, la sobriété est visée au profit des territoires, afin de redistribuer l'énergie et de ne pas la perdre.

INSÉRER TOUS LES OUVRAGES DANS LEUR CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL, ARCHITECTURAL OU PAYSAGER

Les patrimoines architecturaux et paysagers sont pris en compte pour chaque ouvrage, sur la base d'une évaluation stratégique environnementale innovante établie en amont du projet et des études d'impact.

ANTICIPER LES RISQUES NATURELS

La Société du Grand Paris s'inscrit dans les objectifs de la COP21 en renforçant le principe de « résilience urbaine ». Elle a notamment élaboré une stratégie « Inondation » qui fixe les lignes directrices dans la conception des infrastructures concernées par ce risque.

FAVORISER LES MOBILITÉS DOUCES

Le futur métro a été conçu en réseau connecté qui irrigue les territoires de la métropole. La gare devient un espace d'intermodalité et favorise l'essor de la marche, du vélo et de tous modes de transports plus doux et durables.

CONDUIRE DES CHANTIERS ÉCORESPONSABLES

La Société du Grand Paris va au-delà des prescriptions réglementaires avec une charte environnement des chantiers, signée par les entreprises de travaux et les sous-traitants. Tous les maîtres d'œuvre s'engagent à anticiper les nuisances pour les réduire au maximum, limiter la production de déchets et en favoriser le recyclage.

DÉVELOPPER UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE DE LA GESTION DES DÉBLAIS

Traçabilité, transports alternatifs, valorisation, la Société du Grand Paris veut mettre en place une politique exemplaire de gestion des 43 millions de tonnes de déblais du chantier.

1. DE LA CONCEPTION À LA CONSTRUCTION : UNE DÉMARCHE VOLONTARISTE

Le nouveau métro contribue par essence au développement durable et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre de la région Île-de-France. La Société du Grand Paris veille à concevoir et à construire un projet respectueux de l'environnement.
Éviter - Réduire - Compenser, telle est la doctrine qui préside à la conception et à la réalisation du métro du Grand Paris. La démarche environnementale s'appuie sur une méthode globale rigoureuse déclinée pour chaque tronçon du métro, chaque gare et chaque ouvrage. L'état initial des territoires impactés et l'analyse des incidences du projet sont réalisés et affinés, à chaque étape de conception. Cette évaluation a été menée sur un territoire six fois plus grand que la réglementation l'impose.

1.1 UNE ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX INÉDITE

– **Pour la première fois dans le cas d'une infrastructure de transport, une évaluation stratégique environnementale dressant les problématiques et impacts environnementaux du projet a été conduite sur l'ensemble du périmètre du Grand Paris Express dès la phase de conception du projet.**

Réalisée sur un fuseau de trois kilomètres autour du tracé (au lieu des 500 mètres habituels), 160 communes, à 100 mètres sous terre et dans l'atmosphère, cette évaluation s'est voulue exhaustive, prenant en compte la qualité de l'air, le bruit, l'énergie, les ressources minérales et en eau, la faune et la flore, les risques naturels et technologiques, l'agriculture, le patrimoine architectural, archéologique et paysager. Soumis à débat public en 2010-2011, l'ensemble de ces éléments objectifs ont permis de confirmer le choix d'un métro majoritairement souterrain (85 %), qui réduit fortement l'impact environnemental, paysager et les emprises au sol dans un contexte urbain dense.

L'identification des contraintes auxquelles le chantier devra faire face (topographie, géologie, présence de nappes d'eaux souterraines, forages, etc.) a permis d'anticiper les mesures de prévention des risques, pollutions et nuisances. Le projet intègre ainsi tous les enseignements de cette évaluation environnementale :

- le tracé évite les anciennes carrières souterraines autant que faire se peut ;
- la ligne 16 contourne les étangs classés Natura 2000 ;
- le tracé de la ligne 18 à Saclay a été également modifié pour préserver des zones d'expérimentation du laboratoire des sciences du climat et de l'environnement ;
- à l'intersection des lignes 15 et 14 Sud, l'accélération du calendrier des travaux a permis d'éviter la construction d'ouvrages provisoires et de préserver la faune et la flore du parc des Hautes Bruyères.

600 KM² DE TERRITOIRE ANALYSÉS

– **Une étude d'impact précise cette évaluation stratégique environnementale pour chaque ligne du métro.** Elle fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale qui est joint au dossier d'enquête publique. Le démarrage des travaux de génie civil est conditionné par l'obtention de plusieurs autorisations administratives au titre :

- du Code de l'environnement (loi sur l'eau, demande de dérogation « espèces protégées », installations classées pour la protection de l'environnement…) ;
- du Code forestier (défrichement…) ;
- et du Code de l'urbanisme (permis de construire, de démolir, déclaration préalable…).

1.2 ÉVITER, RÉDUIRE OU COMPENSER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

– **La Société du Grand Paris met en place différentes mesures, notamment pour réduire la perception des vibrations.** Une fois le métro en service, la profondeur du tunnel (jusqu'à plus de 50 mètres sous terre) atténuera la transmission au sol des vibrations d'un train. Pour référence, le métro parisien historique affleure parfois de quelques mètres seulement la surface.

Pour éviter la propagation des vibrations du train, une semelle antivibratile sera installée, entre le sol et le rail, sur tout le tracé à roulement fer et sera renforcée dans les zones sensibles.

– **Pour limiter les nuisances sonores en phase d'exploitation,** notamment sur les sites sensibles, des systèmes d'insonorisation sont prévus à l'intérieur des ouvrages de sécurité installés tous les 800 mètres et qui permettront aux pompiers d'accéder aux tunnels.

– **La qualité de l'air dans les espaces voyageurs et les lieux de travail du personnel constitue également une préoccupation centrale.** Le système électrique de freinage, préféré au système mécanique, et l'exigence de la maintenance réduisent l'émission de particules métalliques. Les gares font appel à des matériaux peu émissifs de composants organiques volatils (COV). Leur finition intrinsèque qualitative et durable est privilégiée. L'emploi de vernis ou peintures est conditionné par la prise en compte d'objectifs de durabilité et de maintenabilité, et pour s'en assurer, les produits choisis devront bénéficier de labels environnementaux. La Société du Grand Paris encourage également les recherches sur les matériaux dépolluants, par exemple sur certains bétons, revêtements muraux ou peintures susceptibles de neutraliser les substances nocives dans l'air ambiant ou antibactériens.

– **De par la nature essentiellement souterraine du projet et du contexte principalement urbain et péri-urbain, les enjeux écologiques restent globalement modérés par rapport à d'autres projets d'infrastructures de transport.** Cependant et malgré la mise en place de mesures d'évitement et de réduction, certains impacts négatifs résiduels peuvent être inévitables. Dans ce cas, ces derniers font l'objet de mesures d'accompagnement ou de compensation. Pour la ligne 15 Sud, les impacts résiduels liés aux milieux naturels seront compensés notamment par la création de mares dans le bois régional de Célie (Seine-et-Marne), la restauration de landes humides dans la forêt de Notre-Dame (Val-de-Marne) et l'aménagement de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles à Sèvres (Hauts-de-Seine), sur les berges de l'île de Monsieur.

La Société du Grand Paris souhaite mutualiser la mise en œuvre des mesures compensatoires entre les différentes lignes. Le cas échéant, cela favorisera la restauration d'espaces écologiques plus vastes et donc d'écosystèmes plus robustes.

– **La gestion des déblais en phase travaux est un sujet d'attention fort de la Société du Grand Paris depuis l'origine du projet.** Un schéma directeur d'évacuation des déblais[1], élaboré en novembre 2012, fait partie intégrante des études d'impact présentes dans les dossiers d'enquête préalables aux déclarations d'utilité publique de chaque tronçon. Il a défini des orientations stratégiques pour limiter l'impact du transport et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre, assurer la traçabilité rigoureuse et exhaustive des déblais et valoriser les matériaux excavés dans une logique d'économie circulaire. Par la suite, une convention de partenariat a été signée avec HAROPA-Ports de Paris en décembre 2013, notamment dans la perspective de construire des plateformes fluviales de transbordement le long de la Seine. La création de plateformes ferroviaires et intermodales est aussi envisagée avec SNCF Réseau. Sur la première ligne de métro en travaux (15 Sud), les puits d'entrée de tunnelier – par lesquels les déblais sont évacués – ont été positionnés aussi près que possible des plateformes fluviales ou ferroviaires.

1 Le schéma directeur d'évacuation des déblais est disponible dans l'espace documentation sur le site de la Société du Grand Paris.

2. L'INTÉGRATION URBAINE AU SERVICE DES TERRITOIRES

Les 68 gares et les 6 sites industriels[2] du Grand Paris Express contribuent à façonner le développement de la métropole vers une ville mieux connectée et, dans le même temps, plus respectueuse de l'environnement et du cadre de vie.

2.1 FAVORISER LES MOBILITÉS DOUCES

– **Hubs de toutes les mobilités, les gares du Grand Paris Express se trouveront au cœur des systèmes de transports de demain au sein des territoires de la métropole en mutation.**

Ces hubs seront l'occasion d'impulser dans la métropole une nouvelle dynamique répondant aux enjeux d'une mobilité apaisée et durable pour favoriser un transfert des usages vers des modes de transports plus doux et durables.

La qualité de la voirie et des aménagements paysagers est déterminante pour créer des espaces paisibles, ouverts, faciles d'accès pour les piétons, les vélos et les personnes à mobilité réduite. Aux abords de toutes les gares, les pistes cyclables sont largement dimensionnées, des parcs pour vélos seront prévus ainsi que des espaces dédiés au covoiturage et aux offres nouvelles en libre-service.

2 Les différents sites industriels du Grand Paris Express sont les sites de maintenance et de remisage (SMR), les sites de maintenance des infrastructures (SMI) et les postes de commandement centralisé (PCC).

2.2 PENSER L'ÉCOCONCEPTION DES BÂTIMENTS

– **Les chartes d'architecture des gares et des sites industriels portent une attention particulière aux matériaux. Ils doivent être choisis en tenant compte de leur cycle de vie, de leur entretien et de leur maintenance.**

Elles imposent par ailleurs que chaque architecte établisse un rapport d'écoconception en fin d'avant-projet et le mette à jour lors des phases ultérieures, en fonction du besoin. Sont privilégiés les matériaux recyclés, recyclables et les produits de finition de surface permettant de réduire la consommation d'eau nécessaire à leur entretien. Face aux sollicitations extrêmes du trafic, un niveau de résistance élevé est attendu pour les matériaux de second œuvre. Cette exigence de réduction des besoins et des coûts de maintenance répond à un objectif essentiel : la durabilité des ouvrages. Cette recherche est associée à l'intégration de critères qualitatifs qui apportent à l'environnement du voyageur une sensation de confort visuel ou tactile.

– **Les gares prennent naturellement en compte les continuités écologiques, afin de préserver et même de participer à la biodiversité, pour que faune et flore retrouvent leur place dans la ville. Quelques exemples :**

DES GARES QUI FAVORISENT LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

– la gare de Saint-Denis Pleyel : dessinée par Kengo Kuma, elle est au carrefour des lignes 14, 15, 16 et 17 et reliée à la ligne 13 et au RER D. Elle est conçue comme une extension sur 9 000 m² de l'espace public reliant ainsi les deux parties de la ville de Saint-Denis. Son atrium se prolongera jusqu'à 27 mètres de profondeur, au niveau des quais, pour que les voyageurs bénéficient de la lumière naturelle. La façade principale, côté ouest, laissera entrer le soleil de l'après-midi et du couchant ;

– la gare de Vitry Centre : le seul espace disponible était le parc du Coteau, très apprécié des riverains. Celui-ci est reconstitué et ses accès sont redéfinis. L'entrée de la gare apparaît sous une grande voûte végétalisée, comme si le sol se soulevait au-dessus d'un ruban de béton clair qui circule dans le parc, devient clôture, garde-corps ou banc ;

– la gare de Noisy-Champs : elle se situe dans un environnement très végétal au carrefour des lignes 15, 16 et 11 ; des talus plantés sont aménagés et donnent à voir une prairie fleurie qui descend jusqu'à la gare et l'éclaire de lumière naturelle ;

– les gares de Champigny Centre, Créteil-L'Échat et Noisy-Champs : la réutilisation des eaux pluviales servira au nettoyage des sols, à l'arrosage d'espaces verts et l'alimentation des sanitaires.

– **Pour être acceptés au cœur de territoires en pleines mutations, pour être acceptable pour les décennies à venir au regard des nuisances qu'ils peuvent générer (déchets industriels, bruits, lumière, consommation énergie), les sites de maintenance de l'ensemble du réseau font tous l'objet d'une démarche d'insertion environnementale et d'écoconception certifiée HQE.**

Plus particulièrement, le premier site de Champigny mis en service pour la ligne 15 s'articule au Parc départemental du Plateau par une couverture végétalisée de 2 hectares, l'une des plus grandes réalisées en France. Cette toiture, par sa fonction sécuritaire inaccessible au public, fait l'objet d'un projet innovant en cours de programmation pour devenir un champ d'expérimentation de recherche agronomique et de biodiversité positive.

Au-delà de son insertion fine dans la trame verte de la nature, la trame bleue de l'eau qu'elle soit de pluie ou industrielle et la trame noire de la nuit par une mise en lumière raisonnée, la conception du site optimise la gestion des apports et consommations énergétiques. Ce site se veut exemplaire pour les futurs 450 employés qu'il accueillera et allie recherche de confort hygrothermique, acoustique, qualité de l'air, confort visuel et éclairage naturel.

2.3 ANTICIPER LES INONDATIONS POUR UNE RÉSILIENCE URBAINE

– **La Société du Grand Paris s'inscrit dans les objectifs de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et de la COP21 pour renforcer la « résilience urbaine », c'est-à-dire une ville capable de retrouver ou de conserver un fonctionnement normal après un choc ou un changement.**

Les projections actuelles mettent en évidence un accroissement des situations extrêmes et des catastrophes naturelles. Parmi celles-ci, les crues constituent un risque naturel très présent en Île-de-France. La question de l'adaptation des aménagements urbains et des infrastructures aux changements climatiques s'avère ainsi centrale et d'actualité.

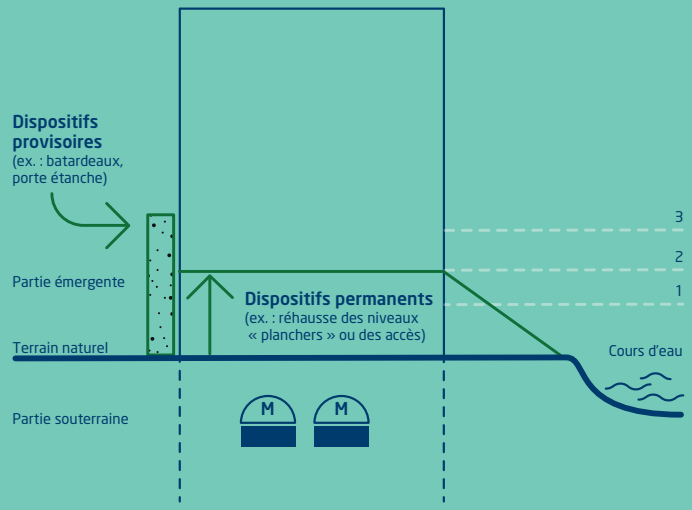
À ce titre, la Société du Grand Paris s'est dotée d'une stratégie pour intégrer le risque d'inondation dans la conception des infrastructures concernées. Elle s'appuie naturellement sur la réglementation en vigueur et intègre la protection des usagers contre les inondations, la conservation du libre écoulement des eaux et la préservation des milieux aquatiques en situation de crue.

LE RISQUE INONDATION EST PRIS EN COMPTE DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES, AU-DELÀ DES OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES

Le futur métro prend également en compte les volumes d'expansion naturelle du fleuve en crue (lit majeur) pour les restaurer lorsque la construction d'un ouvrage les affecte, ce qui peut être le cas sur les boucles de la Marne ou de la Seine.

– **La Société du Grand Paris a décidé d'aller au-delà de ces obligations réglementaires.** En coopération avec les services de l'État, l'assistant à maîtrise d'ouvrage général et les maîtres d'œuvre, elle met en œuvre des objectifs concrets de protection sur l'ensemble de ses ouvrages exposés (crue de protection et crue de protection supplémentaire). Ces derniers définissent des niveaux de référence et impliquent une mise en œuvre opérationnelle par les maîtres d'œuvre au travers de dispositifs permanents et provisoires permettant d'adapter la conception des ouvrages face aux risques de crues. Ce dispositif complet et coconstruit contribue à la résilience des infrastructures du Grand Paris Express et permettra par là même de participer à la résilience urbaine des territoires desservis en Île-de-France.

DISPOSITIFS DE PROTECTION POUR LES OUVRAGES SITUÉS EN ZONE INONDABLE



Légende :
1. Crue centennale = plan de prévention des risques inondation (PPRI).
2. Crue de protection = PPRI + 20 cm.
3. Crue de protection supplémentaire = État de l'art 2012 de la Direction régionale et Interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (scénario de référence 1.15).

3. LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DU RÉSEAU OPTIMISÉE

La sobriété énergétique est un principe fondamental du métro du Grand Paris. L'objectif majeur est de contribuer à la transition énergétique du territoire d'Île-de-France. Cette ambition implique la maîtrise des consommations, le développement de la part des énergies renouvelables ou récupérables et l'intégration des installations énergétiques dans le tissu urbain pour optimiser et partager les ressources.

3.1 VISER LA SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

_ Les besoins énergétiques du métro sont loin d'être négligeables : ils correspondent à la consommation d'une ville de 225 000 habitants. La réduction des besoins et l'optimisation des consommations se sont donc imposées comme une priorité.

L'ALIMENTATION DE LA TRACTION DES TRAINS REPRÉSENTE 600 GWH/AN EN BESOINS ÉNERGÉTIQUES

L'électricité représente la première dépense d'énergie pour ce réseau, qu'il s'agisse de l'alimentation électrique nécessaire à la circulation des trains – avec leur vitesse et fréquence élevées, le chauffage et l'éclairage des rames – ou du fonctionnement des bâtiments.
Par exemple, la plus grande part des besoins énergétiques est liée à l'alimentation de la traction des trains (600 GWh/an) tandis que celles des gares représentent 350 GWh et celles des sites de maintenance 60 GWh.

Sur le plan de l'éclairage, la Société du Grand Paris a pris le parti de privilégier la lumière naturelle dans la conception de ses six sites industriels et ses 68 gares. Grandes verrières à Villejuif, atrium et puits de lumière à Saint-Denis Pleyel conduisent la lumière du jour le plus profondément possible.
Le choix de matériaux clairs et réfléchissants renforce par ailleurs la luminosité des ouvrages.

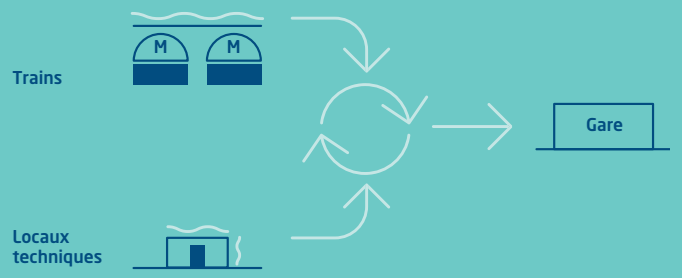
L'utilisation de luminaires performants à haut rendement (de type LED) sera d'usage courant. La mise en place de détecteurs de présence, l'adaptation du niveau d'éclairement selon les heures du jour, la gestion et le pilotage centralisés des éclairages au juste besoin permettront les meilleures performances en la matière tout en augmentant le confort des usagers et en garantissant la sécurité du personnel.

En complément de ces choix d'écoconception, la Société du Grand Paris a identifié plusieurs pistes de travail pour la récupération et la valorisation des énergies électriques et thermiques. Dans une perspective d'économie circulaire, elle met notamment en place une récupération de l'énergie fatale, un système d'écoconduite ferroviaire et une régulation des températures et de l'hygrométrie dans les gares.

_ Une récupération de l'énergie fatale

Les ouvrages du réseau consomment de l'électricité mais sont également producteurs d'énergie thermique grâce à la chaleur dissipée des équipements techniques. Il est possible de capter et de réutiliser cette chaleur issue des locaux techniques et des *data centers*. Cette solution est par exemple mise en œuvre sur la ligne 15 Sud *via* le système de ventilation : tout en filtrant l'air issu des gares et des locaux techniques, les centrales de traitement d'air double-flux récupèrent les calories et/ou frigories qu'il contient. La chaleur récupérée réchauffe naturellement l'air et le réintroduit dans la gare pour la chauffer, et inversement pour la fraîcheur. Ce système permet ainsi de diminuer directement la consommation d'énergie liée à la climatisation de l'air, le chauffage et rafraîchissement de l'air. Autre exemple sur le site de maintenance de Champigny où 70 % des besoins en froid et en chaud sont couverts par cette récupération d'énergie thermique, depuis les locaux des serveurs du poste de commandement centralisé.

ÉNERGIE FATALE



_ Un système d'écoconduite ferroviaire

Un certain nombre de techniques d'optimisation des dépenses énergétiques de traction sont d'ores et déjà éprouvées et seront employées sur le Grand Paris Express :

- les trains de nouvelle génération des lignes 15, 16 et 17 visent une sobriété énergétique maximale, notamment en phase de freinage. Dans ces phases, les trains deviennent producteurs d'énergie en réinjectant l'énergie de freinage vers la caténaire. Le choix du freinage électrique des trains (*versus* freinage mécanique) à haute vitesse permet d'augmenter la part de l'énergie pouvant être récupérée (+30% environ). Il limite également la production de particules liées au freinage mécanique, sujet sensible pour la qualité de l'air ;
- par ailleurs, les nouveaux trains de la ligne 14 qui circuleront de Saint-Denis Pleyel à Aéroport d'Orly doivent permettre de réduire de 20 % à 25 % la consommation énergétique par rapport à la génération précédente et même de 50 % par rapport aux matériels encore en service dans le métro parisien ;
- la technique de circulation « marche sur l'erre » désigne le fait de rouler traction coupée à l'approche d'un point d'arrêt ou d'une zone à vitesse réduite. Cette technique est de fait moins énergivore que la marche tendue en raison d'une quantité d'énergie cinétique mise en jeu moins importante (20% de moins qu'avec la marche tendue).

En complément de ces techniques existantes, la Société du Grand Paris entend se montrer également innovante sur l'optimisation de la circulation des trains.

La récupération de l'énergie de freinage des trains constitue en effet un réel enjeu car les trains sont consommateurs d'énergie dans les phases d'accélération. En faisant correspondre les phases d'accélération et de freinage des trains, on favorise alors les échanges énergétiques naturels entre trains et on évite les pertes : le Grand Paris Express devient ainsi pionnier de l'écoconduite ferroviaire. Deux dispositions sont prévues pour atteindre cet objectif : la première, déjà éprouvée, concerne la désynchronisation des départs et arrivées des trains en gare sur toute la ligne ; la deuxième, tout à fait innovante, permettra de piloter en temps réel la circulation des trains tout au long du parcours et entre les gares depuis un poste de commandement unique de ligne (PCC). L'idéal étant qu'autant de trains freinent et accélèrent en même temps.

En complément de ces échanges énergétiques immédiats entre trains, l'excédent d'énergie de freinage pourra alimenter les besoins de la gare, être stocké et réutilisé en pointe pour lisser les appels de puissance ou bien être renvoyé vers le réseau électrique s'il dépasse les besoins énergétiques.

_ Une régulation des températures et de l'hygrométrie

Pour assurer le confort thermique de l'utilisateur et du personnel tout en limitant la dépense énergétique, une régulation optimale des températures et de l'hygrométrie est mise en œuvre. Un juste équilibre est ainsi trouvé.

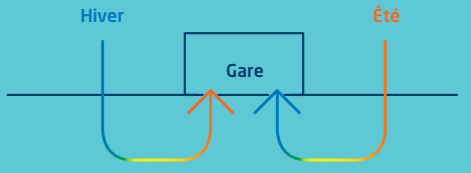
Sur le plan thermique, les gares, de par leurs profondeurs (20 à plus de 50 m) disposent d'une forte inertie. Cette caractéristique naturelle permet de réduire le dimensionnement des installations thermiques avec un gain sur la température de l'air extérieur de +5 °C l'hiver et de -5 °C l'été.

Pour en bénéficier plus complètement, la Société du Grand Paris étudie la possibilité de mettre en œuvre le principe du puits canadien dans toutes les gares. La simple circulation de l'air extérieur dans les espaces situés en sous-quais et derrière les parois latérales des quais permettra son refroidissement en été et son réchauffement en hiver, réduisant d'autant la consommation énergétique.

Les pompes à chaleur ou les thermo-frigopompes permettant de produire la chaleur et le froid, ainsi que le principe du puits canadien et le *free-cooling* favorisant un rafraîchissement naturel, sont aujourd'hui des solutions à fort potentiel, étudiées pour l'ensemble des gares et des sites industriels.

Afin d'améliorer le confort thermique, et par conséquent réduire les consommations énergétiques, certaines toitures ont été végétalisées. Ce choix s'est fait en lieu et place des éventuels panneaux photo-

PUITS CANADIEN



Pilotage énergétique intelligent

voltaïques ou micro-éoliennes, dont les productions énergétiques restaient faibles par rapport aux besoins des gares.

3.2 LA GARE, SOURCE D'ÉNERGIE AU SERVICE DE LA VILLE

– La Société du Grand Paris va au-delà des besoins des seuls ouvrages du métro et souhaite contribuer à la transition énergétique des quartiers desservis par le métro. Une boucle énergétique locale pourrait en effet être mise en place pour valoriser l'énergie géothermique et les déperditions calorifiques des gares, des tunnels et des baies électroniques… et l'interconnecter aux réseaux de froid et de chaleur pour alimenter les bâtiments à l'échelle du quartier.

En octobre 2013, la Société du Grand Paris a signé un accord de partenariat avec Efficacity, institut de recherche et de développement pour la transition énergétique de la ville pour l'assister dans cette démarche. Celui-ci étudie le potentiel géothermique des gares du Grand Paris Express.

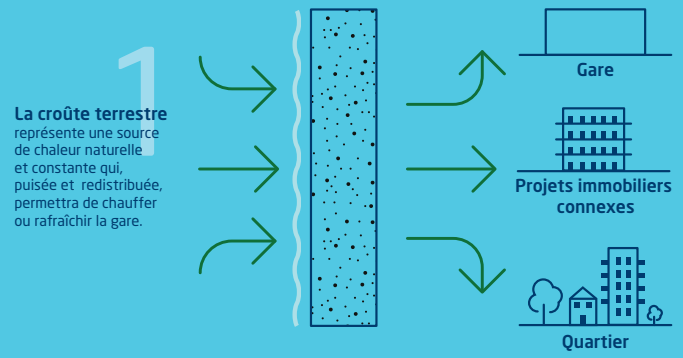
SUR LA LIGNE 15 SUD, CINQ GARES À FORT POTENTIEL GÉOTHERMIQUE ONT ÉTÉ IDENTIFIÉES : PONT-DE-SÈVRES, ISSY RER, LES ARDOINES, VERT-DE-MAISONS ET CRÉTEIL-L'ÉCHAT

Sur la ligne 15 Sud, il a identifié cinq gares à fort potentiel géothermique : Pont-de-Sèvres, Issy RER, Les Ardoines, Vert-de-Maisons et Créteil-L'Échat. L'institut a pu approfondir les recherches en analysant les besoins énergétiques de ces cinq quartiers de gare concernés pour mettre en relation l'énergie récupérée avec les besoins du quartier.

Cette stratégie innovante peut se réaliser avec le recours à la géothermie et aux parois moulées thermoactives. Elle implique la mise en œuvre d'un *smart grid*, capable d'adapter en temps réel l'offre et la demande énergétique permettant ainsi de lisser les pics de consommation pour économiser la ressource d'une part et redistribuer l'énergie excédentaire d'autre part.

Dans le cadre de la préparation des prochains cahiers des charges des marchés de génie civil, la Société du Grand Paris approfondit avec les maîtres d'œuvre ces pistes de travail, complexes et innovantes pour une application ferroviaire.

GÉOTHERMIE PEU PROFONDE



4. LA RESPONSABILITÉ ENVIRONNEMENTALE AU CŒUR DES CHANTIERS

Le Grand Paris Express entre aujourd'hui en phase travaux. Il s'agit d'anticiper les nuisances pour les réduire au maximum, de limiter la production de déchets et d'en favoriser le recyclage et la valorisation. Une coopération étroite avec les entreprises de travaux permet d'évaluer l'atteinte des objectifs, d'instaurer des procédures d'amélioration continue et d'échanger les bonnes pratiques. Information et concertation participent par ailleurs à l'acceptabilité des chantiers.

4.1 PRENDRE EN COMPTE LES SPÉCIFICITÉS DE CHAQUE TERRITOIRE

– **Afin d'aller au-delà des prescriptions réglementaires, la Société du Grand Paris a établi début 2015, une charte environnement des chantiers, signée par les entreprises de travaux et leurs sous-traitants.**

Le document engage les entreprises dans une démarche continue d'amélioration, de formation et de mise en œuvre des méthodes concrètes les mieux appropriées. Cette approche globale répertorie un ensemble de thématiques : l'engagement des prestataires, les exigences organisationnelles pour le management de l'environnement, les exigences de contrôle et de pilotage de la démarche environnementale des travaux, le cadre de vie (bruit, vibrations, poussières, propreté des voiries, nuisances visuelles et insertion des chantiers), la gestion des déblais, la gestion des déchets (réduction à la source, tri et élimination, comptabilité et traçabilité), la protection des milieux (sols, ressources en eaux et milieux aquatiques, air et gaz à effet de serre, biodiversité), la gestion et l'économie des ressources (matériaux, énergie, eau).

Une « grille d'analyse des sensibilités locales » est élaborée pour chaque site et permet de classer finement les nuisances territoriales potentielles. Des mesures spécifiques complémentaires, adaptées au contexte local, peuvent alors être décidées autant que de besoin avec les acteurs concernés.

4.2 SUIVRE ET CONTRÔLER LA PERFORMANCE EN PHASE TRAVAUX

– **Signataires de la charte environnement chantier, les entreprises et leurs sous-traitants désignent un interlocuteur unique responsable de la mise en œuvre, du suivi et du contrôle des mesures de préservation de l'environnement.**

Le plan de management de l'environnement (PME) est l'instrument de suivi des engagements et des actions environnementales. Établi à plusieurs échelles, dès les études d'avant-projet, il recense l'ensemble des dispositions prises, qu'elles soient génériques ou spécifiques, réglementaires ou volontaires.

Il est mis à jour et compilé, pour chaque site, tous les trimestres pour adapter les meilleures méthodes et pratiques.

Le PME cadre est ensuite décliné par chantier. Ces derniers sont présentés aux élus concernés et font l'objet d'une information régulière en direction des habitants, des écoles, entreprises ou établissements situés à proximité du chantier. Leurs avis permettent d'amender les mesures mises en œuvre pour mieux s'adapter aux besoins et aux contraintes du territoire.

4.3 ENGAGER UNE LOGIQUE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DES DÉBLAIS

– **Les déblais ne doivent plus être considérés comme des matériaux inévitablement destinés à la mise en décharge mais, dans une logique d'économie circulaire, comme un flux de matières destinées à être traitées et valorisées. La Société du Grand Paris, avec ses partenaires, examine les différentes possibilités de valorisation pour identifier les filières de réemploi et de recyclage.**

La gestion des déblais des chantiers du Grand Paris Express constitue un véritable défi :

- un seul tunnelier peut produire plus de 2 000 tonnes de déblais par jour, soit l'équivalent de près d'une centaine de camions ou d'une à deux barges de transport fluvial ;
- les déblais issus de la construction des tunnels et des gares représenteront un total d'environ 20 millions de mètres cubes soit 43 millions de tonnes. Une moitié est produite par la réalisation des tunnels, le reste résulte de la construction des gares, des ouvrages de sécurité, des sites de maintenance, etc.

DISPOSITIF DE GESTION DES DÉBLAIS

ÉTAPE 1
Reconnaissance des sols
La connaissance préalable de la nature des sols permet de mieux les gérer une fois excavés

3 catégories de déchets

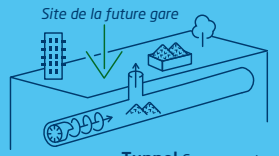
Inertes

Non inertes non pollués

Pollués

ÉTAPE 2
Construction
Optimisation du projet à chaque phase d'étude

Terrassement Excavation Déblais Chargement



Tunnel Creusement au tunnelier en souterrain

ÉTAPE 3
Évacuation
Définition de scénarios logistiques pour chaque site de production

Multimodalité

Fluvial
Création de plateformes de transbordement, utilisation des ports existants

Ferré
Études des possibilités de raccordement et d'utilisation du réseau

Routier
Utilisation des grands axes routiers pour limiter les impacts sur les voiries locales

Traçabilité
Suivre le parcours et le devenir des terres

ÉTAPE 4
Destination
Recherche de valorisation des terres

Valorisation
Réaménagement et comblement de carrières, projets d'aménagement, filières BTP et industrielle

Recyclage
S'inscrire dans l'économie circulaire

Traitement
Centre spécialisé

Élimination
Installation de stockage de déchets

Pour répondre à ce défi, la Société du Grand Paris a lancé, à l'été 2015, un appel à contributions relatif à la gestion des déblais. Au regard de la complexité du sujet, elle a souhaité recueillir toute contribution utile auprès de l'ensemble des acteurs concernés afin d'atteindre les objectifs de traçabilité, de valorisation et de transports alternatifs à la route. Au total, 33 contributeurs ont participé, parmi lesquels des bureaux d'études ou instituts techniques, des entreprises du BTP, des producteurs de matériaux de construction. La Société du Grand Paris va intégrer ces différentes analyses et propositions – parfois complémentaires, parfois antagonistes – dans la construction de son dispositif de gestion des déblais.

Depuis 2012, la Société du Grand Paris effectue des campagnes géotechniques sur les sites des futurs ouvrages et tunnels afin de connaître les caractéristiques et la composition des sols, leur résistance, leur état sanitaire et leurs qualités, notamment hydrologiques. Aujourd'hui, 3 000 sondages ont été effectués et la campagne continue. Ces diagnostics servent à évaluer la qualité des déblais, leur caractère inerte ou non inerte, à définir leur potentiel de valorisation et donc les possibilités de lieux d'accueil et de traitement. Des stratégies logistiques locales d'évacuation et de traitement sont ensuite établies.

Cette gestion des déblais passe aussi par une lutte contre la pollution avec la mutualisation des transports d'évacuation des déblais et d'approvisionnement des chantiers. Des plans de circulation pour rejoindre au plus vite les grands axes et réduire le nombre de kilomètres parcourus en zone urbaine sont prévus pour chaque site. Et la Société du Grand Paris s'est engagée à privilégier les transports alternatifs, par voie fluviale ou ferroviaire.

4.4 GÉRER L'EAU AVEC RESPONSABILITÉ PENDANT LES TRAVAUX

– **Afin de préserver la ressource en eau (ou afin de protéger les nappes et eaux de surfaces contre les pollutions), des mesures de sécurité sont mises en œuvre sur les chantiers : consignes d'entreposage des produits dangereux, collecte et traitements des eaux, gestion des risques en cas de pollution accidentelle…**

Chaque entreprise doit mettre en place un plan d'organisation interne (POI) dès le démarrage de sa mission pour identifier les risques et définir les mesures organisationnelles et techniques à mettre en œuvre pour prévenir toute pollution. Cette procédure est adaptée aux contextes locaux et anticipe tout incident environnemental susceptible de générer une atteinte du sol et des eaux.

Des dispositifs pour parer aux pollutions potentielles (produits absorbants, boudins absorbants, barrages flottants…) sont mobilisables sur le chantier afin de réagir au plus vite en cas d'incident.

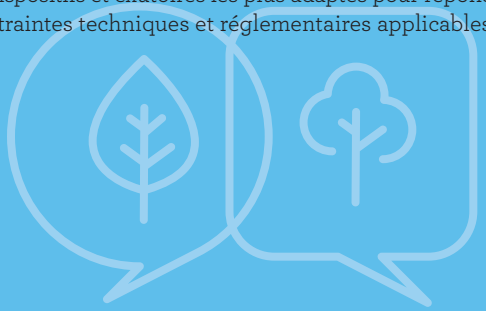
La formation des personnels à la prévention des risques et aux gestes d'urgence est un facteur essentiel de réussite. Des exercices de mise en situation sont organisés par l'entreprise prestataire. Ces exercices sur le terrain font en outre l'objet de retours d'expérience auprès de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris qui peuvent ainsi améliorer en continu le dispositif et reproduire les meilleures pratiques sur d'autres sites.

L'EXIGENCE REQUIERT UN PILOTAGE ET UN CONTRÔLE SPÉCIFIQUEMENT DÉDIÉS À LA DÉMARCHE ENVIRONNEMENTALE

Les produits dangereux (gasoil, huiles, peintures, etc.) sont entreposés dans des espaces de rétention adaptés. Des aires étanches sont installées sur chacun des chantiers, en dehors des zones sensibles. Connectées à un système de traitement ou à un réseau autorisé, elles permettent de manipuler en sécurité les produits dangereux.

Les eaux de ruissellement comme les eaux de process[1] sont collectées de façon systématique. Elles sont traitées afin d'éliminer matières en suspension ou hydrocarbures et la dépollution est contrôlée de façon systématique avant leur rejet en milieu naturel ou dans les réseaux.

– **Sur le périmètre de la ligne 15 Sud, dont les travaux seront les premiers à démarrer, des études spécifiques ont été menées pour une gestion efficiente des eaux (eaux pluviales et eaux d'exhaure)** tant sur les aspects quantitatifs que qualitatifs. Elles ont permis de déterminer les dispositifs et exutoires les plus adaptés pour répondre à la fois aux contraintes techniques et réglementaires applicables.



1 Les eaux de process sont nécessaires à la réalisation des travaux. Par exemple : pour le lavage, le refroidissement, la fabrication de matériaux, etc.

4.5 MAÎTRISER LE BRUIT ET LA QUALITÉ DE L'AIR

– **La construction du Grand Paris Express suppose un chantier de plusieurs années. Il est donc indispensable que ces grands travaux ne constituent pas une nuisance importante et persistante au cadre de vie. Bruit, poussières, vibrations sont à réduire à la source autant qu'il est possible. Pour les impacts inhérents à la conduite de travaux d'une telle ampleur, l'exigence requiert une organisation de pilotage et de contrôle, dédiée à la démarche environnementale.**

Pour les nuisances sonores, un plan de circulation des engins de travaux, des véhicules d'approvisionnement et d'évacuation est établi et actualisé. Des dispositifs d'insonorisation seront déployés sur site par l'entreprise de travaux en fonction des techniques constructives choisies (ex. : écrans antibruit, insonorisateurs).

La réduction des émissions de poussières est également une priorité : les matériaux pulvérulents sont transportés, bâchés, et stockés à l'abri du vent. Arrosage, brumisation des zones de travaux, équipements d'aspiration permettent également de préserver la qualité de l'air sur les zones de chantier et leurs alentours.

4.6 RÉDUIRE – RÉUTILISER – RECYCLER LES DÉCHETS

– **Les objectifs de la Société du Grand Paris sont de limiter à la source les quantités et la toxicité des déchets produits puis, pour ceux inévitablement générés, de privilégier leur valorisation au détriment des solutions d'élimination par incinération ou enfouissement.**

Un schéma organisationnel de gestion et d'élimination des déchets (SOGED) est demandé à chaque prestataire. Il organise la réduction à la source, ce qui suppose une réflexion en amont des travaux pour favoriser la livraison de produits en vrac, en volume adapté et la reprise des emballages par le fournisseur. Il oriente également les méthodes constructives et leurs modes d'exécution pour limiter le volume ou la toxicité des chutes.

Un soin particulier est préconisé dans la méthode de déconstruction sélective, l'enjeu étant de trier les matériaux, de décontaminer les produits dangereux (notamment ceux contenant de l'amiante) et de récupérer les matières à recycler avant d'abattre la structure.

Les points de collecte sont matérialisés sur le plan des installations de chantier et des points de collectes secondaires sont aménagés si nécessaire au plus près des zones de productions de déchets afin de faciliter le tri et sa qualité.

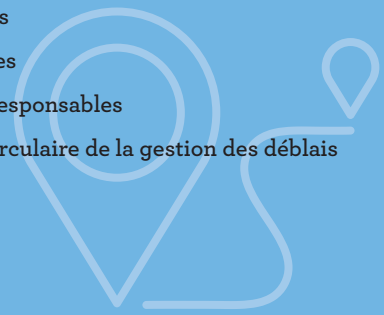
Le personnel est sensibilisé et formé à la gestion des déchets. Il tient un registre et assure le suivi de leur traitement.

Ils sont ensuite triés en vue de leur valorisation (matière ou énergétique) et en fonction des filières locales de retraitement. Les déchets dangereux et toxiques notamment, sont collectés, triés individuellement et traités par les filières réglementaires spécifiques agréées.

Un dispositif de bonus/malus lié à la valorisation des déchets, fixé avec le maître d'ouvrage, est précisé dans chaque bon de commande. Il distingue modalités et filières de revalorisation : réemploi sur le site, réutilisation sur un autre site, remise à un éco-organisme ou envoi vers des centres de revalorisation spécialisés.

LES 7 ENGAGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS

- **Éviter, réduire ou compenser les impacts environnementaux**
- **Viser la sobriété énergétique**
- **Insérer tous les ouvrages dans leur contexte environnemental, architectural ou paysager**
- **Anticiper les risques naturels**
- **Favoriser les mobilités douces**
- **Conduire des chantiers écoresponsables**
- **Développer une économie circulaire de la gestion des déblais**



MIXTE
Issu de sources responsables
FSC® C003923
www.fsc.org

Le papier est imprimé avec des encres végétales.

Merci à tous ceux qui ont participé à la conception de ce livret : équipes de la Société du Grand Paris, assistants à maîtrise d'ouvrage et partenaires.

Conception et réalisation : Direction de la communication, Quai#3. **Crédits photos :** p. 2 : © Société du Grand Paris - Gérard Rolando ; pp. 6-7 : © Société du Grand Paris.
Impression : JPA Imprimeurs. **Édité en novembre 2015.**

Société du Grand Paris

www.societedugrandparis.fr
30, avenue des Fruitiers, 93200 Saint-Denis
01 82 46 20 00