CREATION D'UNE VOIRIE DESSERVANT LE PORT DE BONNEUIL SUR MARNE

Plan de Gestion des futures Terres Excavées (A330)

RAPPORT DE SYNTHESE – GESTION DES DEBLAIS

Direction des Routes d'Île-de-France

ARTELIA / 28/05/2025 / 8515749

CREATION D'UNE VOIRIE DESSERVANT LE PORT DE BONNEUIL SUR MARNE

Plan de Gestion des futures Terres Excavées (A330)
DIRIF
RAPPORT DE SYNTHESE – GESTION DES DEBLAIS

INDICE	DATE DE REVISION	REDACTEUR	VERIFICATEUR	DESCRIPTION DES MODIFICATIONS
1	28/05/2025	Adrien DESBORDES	Julie ZMIJEWSKI	Rapport initial
Entité Sites et Sols Pollués 16 rue Simone Veil - 93400 Saint Ouen sur Seine - TEL : +33 (0)1 55 84 10 10				

ARTELIA - Siège Social : 16, rue Simone Veil - 93400 Saint-Ouen-sur-Seine - France
SAS au Capital de 13 262 150 Euros - 444 523 526 RCS Bobigny - SIRET 444 523 526 00804 - APE 7112B
N° Identification TVA : FR 40 444 523 526 - www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS 4
RÉSUMÉ NON TECHNIQUE 5
CONTEXTE – PROBLÉMATIQUE 7
1. SOURCES DE DONNÉES CONSULTÉES 8
2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU SITE 9
3. PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT 11
4. SYNTHESE ENVIRONNEMENTALE 14
4.1. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL 14
4.2. SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES 16
4.2.1. ETUDE GEOTECHNIQUE – G2 PRO – FONDASOL, 2012 (RÉF. IP.10.0323) 16
4.2.2. ETUDE GEOTECHNIQUE – G2 PRO – CEREMA, 2020 (RÉF. C18PR0012) 17
4.2.3. DIAGNOSTIC DE POLLUTION INITIAL – ESIRIS, 2020 (RÉF. PA19 3158-1) 20
4.2.4. DIAGNOSTIC DE ¨POLLUTION COMPLEMENTAIRE – SOLER, 2025 (RÉF. N°027905) 22
4.2.5. TRAVAUX D'EXCAVATION DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT SNCF 24
5. SCHÉMA CONCEPTUEL INITIAL 25
6. MESURES DE GESTION POSSIBLES ET BILAN COUTS/AVANTAGES (A330) 27
6.1. OBJECTIF DES MESURES DE GESTION 27
6.2. PRESELECTION DES TECHNIQUES DE GESTION ENVISAGEABLES 28
6.3. PRESENTATION DES SOLUTIONS DE GESTION DES DEBLAIS 29
6.3.1. SCÉNARIO 1 : EXCAVATION ET CONFINEMENT SOUS COUVERTURE OU ENCAPSULATION 30
6.3.2. SCÉNARIO 2 : EXCAVATION, ÉVACUATION EN FILIÈRE AGRÉÉES HORS SITE ET RÉEMPLOI SUR SITE 30
6.4. EVALUATION MULTICRITERE DES SOLUTIONS DE GESTION 30
7. PRÉSENTATION DE LA SOLUTION 2 : EVACUATION HORS SITE ET REEMPLOI DE SOLS INERTES 33
7.1. EXCAVATION DES SOLS ET GESTION DES TERRES EXCAVEES 34
7.1.1. PROBLEMATIQUE DES DECHETS ENFOUIS 34
7.1.2. PRÉSENTATION DE L'ORIENTATION DES FUTURS DÉBLAIS NON INERTES 39
7.1.3. SYNTHÈSE DE RÉPARTITION DES DÉBLAIS ANALYSÉS EN FILIÈRES 44
7.2. REEMPLOI DES DEBLAIS SUR SITE 47
7.2.1. PRESENTATION DES VALEURS DE REFERENCE RETENUES 47
7.2.2. COMPATIBILITE CHIMIQUE DES DEBLAIS AVEC LE REMPLOI SUR SITE 49
8. SCHÉMA CONCEPTUEL - FINAL 50
9. RECOMMANDATION SUR LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES TRAVAUX 52
9.1. TRACABILITE DES MOUVEMENTS DE TERRE 52
9.2. TRI DES DEBLAIS EN PHASE EXCAVATION 52

9.3. ASSECHEMENT DE LA FOUILLE EN PHASE TRAVAUX ET GESTION DES REJETS D'EAUX DE POMPAGE 53
9.4. MODALITE DE CONTROLE DE LA QUALITE DES DEBLAIS 53
9.4.1. CONTROLE SUR STOCK DE DEBLAIS 53
9.4.1.1. Contrôle pour évacuation hors site 53
9.4.1.2. Contrôle pour réemploi sur site 53
9.4.2. CONTROLES DE RECEPTION 53
10. CONDITIONS DE VALIDITÉ ET ÉVALUATION DES INCERTITUDES 54
10.1. CONDITIONS DE VALIDITÉ DES RÉSULTATS 54
10.2. ÉVALUATION DES INCERTITUDES 54
11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 55
ANNEXES 58

TABLEAUX

Tableau 1 – Contexte environnemental 14
Tableau 2 – schéma conceptuel de l'usage actuel 26
Tableau 3 - Classification des techniques de réhabilitation par famille et par type (source : quelles techniques pour quel traitement- analyse coûts-bénéfices – BRGM n°RP-57708-FR de 2010) 29
Tableau 4 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - Section Nord 40
Tableau 5 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - section Intermédiaire 41
Tableau 6 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - section Sud 42
Tableau 7 -Orientation des terres en filière hors-site - scénario défavorable 46
Tableau 8 - Valeurs de comparaison retenue dans le cadre du réemploi de déblais sur site 48
Tableau 9 - schéma conceptuel de l'usage futur 51

FIGURES

Figure 1 – Présentation du projet d'aménagement 9
Figure 2 - Planche photographique du site (octobre 2023) 10
Figure 3 - Plan synoptique du projet (07/05/2024) 11
Figure 4 - Plan de localisation du projet et des zones de compensations hydraulique 13
Figure 5 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Nord) 36
Figure 6 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Intermédiaire) 37
Figure 7 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Sud) 38

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP Alimentation en Eau Potable

ARS Agence Régionale de Santé

ASPITET Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces

BRGM Bureau de Recherches Géologique et Minières

BTEX Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes

DREAL Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

CAV Composés Aromatiques Volatils

COHV Composés Organiques Halogénés Volatils

COT Carbone Organique total

DICT Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux

HAP Hydrocarbures aromatiques Polycycliques

HCT Hydrocarbures Totaux

ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

IGN Institut Géographique National

ISDI Installation de Stockage des Déchets Inertes

ISDD Installation de Stockage des Déchets Dangereux

ISDND Installation de Stockage des Déchets Non dangereux

ISDI + Installation de Stockage des Déchets Inertes Aménagées

LQ Limites de Quantification

Métaux Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn)

MS Matière sèche

PCB Polychlorobiphényles

PCE Tétrachloroéthylène

PID Photolonization detector

SIS Secteur d'Information sur les Sols

TCE Trichloroéthylène

TGAP Taxes Générales sur les Activités Polluantes

ZNIEFF Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Dans le cadre de la réalisation d'une prolongation de 2km de la RN406 existante jusqu'au Port de Bonneuil, au droit de la route de Moulin Bateau, la DIRIF souhaite sécuriser la connaissance des sites et sols pollués au droit du tracé par une assistance en phase PRO sur la gestion des terres polluées.

Le tracé retenu s'inscrit dans le prolongement direct de la RN 406 au niveau de l'échangeur avec la RN 19 puis passe sous les voies SNCF de la grande Ceinture de Paris et deux routes communales.

Pour les besoins des études, trois secteurs ont été définis sur le site : Secteur Nord, Secteur intermédiaire et Secteur Sud.

Synthèse des études antérieures

Le site d'étude a fait l'objet de plusieurs diagnostics environnementaux dont :

- Diagnostic environnemental de 2017 réalisé par le CEREMA ;
- Diagnostic initial de 2020 réalisé par ESIRIS ;
- Diagnostic complémentaire de 2025 réalisé par SOLER

Lors de ces différents diagnostics, il a été identifié une problématique d'enfouissement sauvage de Macrodéchets et il a été mis en évidence les éléments suivants :

- Sur les sols :
    - La présence de concentrations incompatibles avec une évacuation en ISDI (hydrocarbures, HAP, Métaux et Métalloïdes sur éluat) ;
    - Des teneurs diffuses en métaux, majoritairement au sein des sols superficiels ;
    - La quantification ponctuelle de concentrations en Composés aromatiques Volatiles et en Solvants Chlorés;
    - La quantification ponctuelle de concentrations en PCB au sein des terrains superficiels ;
    - La présence d'odeurs d'hydrocarbures et la coloration noire dans certains sols ;
- Sur les eaux souterraines :
    - La présence ponctuelle de teneurs en Benzène, en Chlorure de vinyle et Arsenic ;
- Sur les eaux superficielles
    - La présence de teneurs en benzène et Chlorure de vinyle dans le Ru des Marais limitrophe.

Bilan Coûts-Avantages

Au regard des aménagements projetés, il est attendu des opérations de déblais-remblais au droit du site nécessitant une gestion particulière des futurs déblais.

Les investigations menées lors des études antérieures ont permis de déterminer la qualité chimique des terres en vue des terrassements prévus dans le cadre du projet.

En raison du dépassement des valeurs seuil ISDI pour certains échantillons et de la présence de Macrodéchets enfouis, une partie des terres devront faire l'objet d'une gestion particulière car un envoi en centre ISDI et un réemploi sur site ne sera pas envisageable.

Conformément à la méthodologie, il a été étudié dans le cadre du Bilan coûts-avantage deux scénarii de gestion de ces déblais.

Au regard des différents critères étudiés, une seule solution est envisagée. Il s'agit de l'évacuation des déblais non inertes hors site et du réemploi de déblais inertes sur site en remblais de pré-chargement.

Excavation des sols et Gestion des déblais hors site

Selon les données environnementales du site d'étude, les sols analysés pourraient être orientés en cas d'évacuation hors site vers les filières suivantes :

- **ISDI** : Pour les terres inertes sans déchets ;
- **Comblement de Carrière** (filière régionale): Pour les terres présentant uniquement un dépassement en sulfate et fractions solubles;
- **ISDI Aménagée** : Pour les terres présentant des dépassements des paramètres sur éluat;
- **BIOCENTRE**: Pour les terres présentant des dépassements des seuils en hydrocarbures et HAP ;
- **ISDND (déchets non dangereux)** : Pour les terres contenant des Macrodéchets.

Réemploi de déblais sur le site

ARTELIA a proposé des critères de réemploi pour un usage en remblais sur site sans recouvrement dans la perspective d'une maitrise des impacts de ce réemploi pour la santé et l'environnement.

Selon les critères présentés, il serait envisageable de réemployer des déblais du site en remblais avec et sans recouvrement sur le site.

Recommandations

Dans le cadre de la gestion des déblais au cours des travaux, ARTELIA recommande :

- Le suivi des travaux par un prestataire indépendant spécialisé dans les sites pollués
- La réalisation d'une traçabilité exemplaire des terres gérées lors les travaux d'aménagement ;
- Le tri des déblais au fil des excavations dans la perspective d'une optimisation des volumes de déblais non inertes à gérer ;
- Le criblage des déblais contenant des Macrodéchets dans le but d'optimiser les volumes de déblais évacués en ISDND ;
- Le contrôle de la qualité des eaux d'exhaure rejetées et leur gestion appropriée sur site ;
- Une recaractérisation chimique des déblais en phase travaux dans une perspective d'optimisation des volumes évacués ;
- La réalisation de contrôle de réception des travaux dans le but de déterminer l'état résiduel des sols.

CONTEXTE – PROBLÉMATIQUE

Dans le cadre de la réalisation d'une prolongation de 2 km de la RN406 existante jusqu'au Port de Bonneuil, au droit de la route de Moulin Bateau, la DIRIF souhaite sécuriser la connaissance des sites et sols pollués au droit du tracé par une assistance en phase PRO sur la gestion des terres polluées.

La DIRIF a mandaté ARTELIA pour la réalisation d'un plan de gestion des futures terres excavées dans l'objectif de définir des modes d'action sur les éventuelles pollutions du site et pour anticiper les éventuelles modalités de gestion à prévoir dans le cadre des travaux d'aménagement.

Cette étude s'inscrit dans cadre de la phase de conception des travaux d'aménagement de la prolongation de la RN406 à Bonneuil sur Marne (94).

Les objectifs de la mission sont :

- D'analyser les données existantes sur les sols du tracé afin d'anticiper les modalités d'excavation des futurs déblais ;
- De présenter la répartition des futures terres excavées ;
- De proposer des solutions de gestion/réutilisation des terres excavées.

La méthodologie utilisée par ARTELIA est conforme à la norme AFNOR NF X31-620 spécifique aux « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués ».

D'après cette norme, la présente prestation d'études correspond à la codification « Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages (A330) ».

Par ailleurs, ARTELIA a réalisé cette étude selon les orientations préconisées par la note ministérielle du 19 avril 2017 accompagnée de deux documents : une introduction à la méthodologie destinée à tous publics et la méthodologie de gestion elle-même.

1. SOURCES DE DONNÉES CONSULTÉES

Les sources d'informations consultées pour la réalisation de la présente étude sont détaillées ci-dessous.

MODE DE CONSULTATION	SOURCE	INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES
web	Géoportail	https://www.geoportail.gouv.fr/
	Cadastre	https://cadastre.gouv.fr
bureau	Etude G2 PRO indice A– FONDASOL	IP.10.0323 du 06/12/2012
	Etude G2 PRO – CEREMA/ SEMOFI	C18PR0012 du 26/05/2020
	Diagnostic de pollution d'ESIRIS	PA19 3158-1 du 03/07/2020
	Diagnostic complémentaire de pollution de SOLER	N°027905 du 01/04/2025
	Plans géométriques du projet	Réf 3.2.1 daté du 03/02/2025
	Rapport d'état des sols sous radier – GAGNERAUD CONSTRUCTION	RN406-GAG-TSU-QUA-105-A du 15/03/2023

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU SITE

L'opération consiste en la création d'une route d'une longueur d'environ 2 km à 2 x 1 voie entre l'échangeur RN19/RN406 au sud et le port de Bonneuil au nord.

Le projet ainsi retenu peut se décomposer en trois sections :

1 – une section sud entre la RN 406 existante et le giratoire sud (inclus). Cette section sud va de la RN406 existante jusqu'à l'avenue des Orangers au nord de la ZAC des Petits Carreaux. La portion allant de la RN 406 existante et l'ouvrage d'art de franchissement ferroviaire SNCF est également concernée par le projet d'aménagement ;

2 – une section intermédiaire entre le giratoire sud (non inclus) et le giratoire intermédiaire (inclus). Cette section intermédiaire relie la ZAC des Petits Carreaux et la zone de développement du port de Bonneuil.

3 – une section nord du giratoire intermédiaire (non inclus) au giratoire nord (inclus). La section nord va de la zone sud du port de Bonneuil à la route du Moulin Bateau.

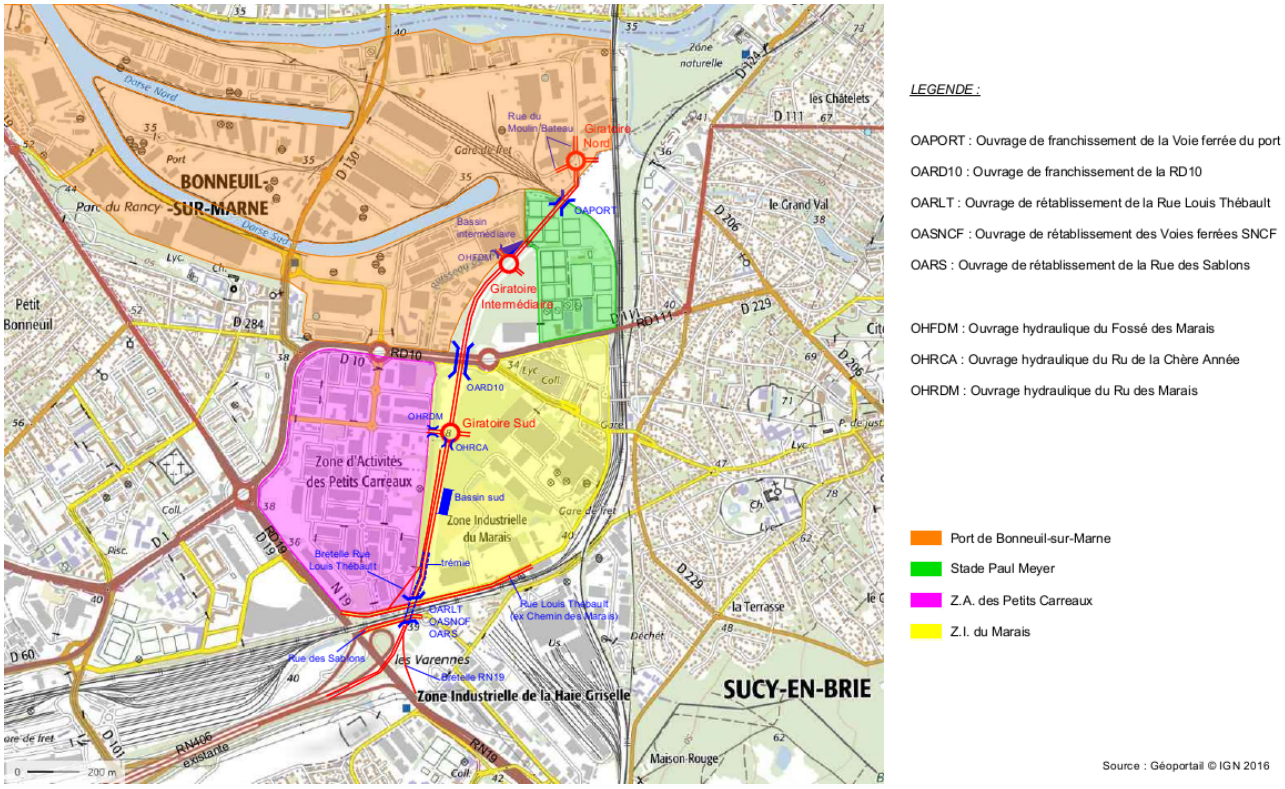


Figure 1 – Présentation du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement est situé dans la plaine alluviale de la Marne, proche de la confluence entre la Marne et la Seine. Le secteur est marqué par une topographie plane hors ouvrages anthropiques (38 m NGF au sud/ 35 m NGF au nord).

Le tracé traverse une zone anciennement marécageuse (cf. la toponymie « Grand marais de Sucy en Brie », chemin du marais, actuellement : ZI du marais) et longe sur une grande partie du tracé l'ancien ru des marais.

Le secteur concerné s'inscrit dans une zone d'anciennes exploitations de matériaux alluvionnaires sablo-graveleux sur des épaisseurs parfois importantes et souvent remblayées par des matériaux de mauvaise qualité.

L'occupation actuelle des parcelles concernées par le projet est la suivante :

- Section sud : zone en chantier au sud de la rue Louis Thébault et en friche, partiellement occupée par une zone boisée dense sur le reste de la parcelle. A noter que l'accès a été limité par la pose de GBA (voir figure ci-dessous) afin de limiter le dépôt de déchets sauvage ;
- Section intermédiaire : Présence d'une plateforme de tri des matériaux en partie et d'une zone boisée dense ;
- Section nord : Zone occupée par les équipements sportifs du stade Paul Meyer et des parcelles industrielles.

Figure 2 - Planche photographique du site (octobre 2023)

3. PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT

Le projet consiste à réaliser une section neuve, longue de 2km, permettant de prolonger la RN 406 existante jusqu'au port de Bonneuil, au droit de la route de Moulin Bateau. Cette nouvelle section comporte 3 giratoires, permettant l'échange avec le réseau local secondaire.

Le tracé retenu s'inscrit dans le prolongement direct de la RN 406 au niveau de l'échangeur avec la RN 19 puis passe sous les voies SNCF de la grande Ceinture de Paris et deux routes communales.

Le tracé se poursuit alors vers le Nord et passe au-dessus de la RD 10 sans échange avec celle-ci, puis rencontre un second carrefour giratoire assurant cette fois un échange avec la voirie interne de la zone Sud du Port. Au-delà, la voie passe au-dessus d'une voie ferrée appartenant au Port et se raccorde avec le Port via un troisième carrefour giratoire

Cette nouvelle section entre donc en interface avec plusieurs aménagements existants :

- Le passage sous les voiries SNCF, sous MOA et MOE SNCF ;
- Le passage sous les voiries rue Louis Thébault et rue des Sablons et la proximité du réseau SNCF pour la réalisation de ces ouvrages ;
- Le franchissement des voies ferroviaires du Fret ;
- Le franchissement de la RD 10 ;
- L'intervention sur la RD 19 pour la bretelle de sortie vers le Port de Bonneuil et la gestion du phasage et de l'exploitation sous chantier ;
- L'intervention sur la RN 406, dans les deux sens, pour le raccordement de la section courante à la RN 406 existante, également en termes de phasage de travaux et de la définition du mode d'exploitation sous chantier pour ces travaux.

La figure ci-dessous présente le plan synoptique du projet.

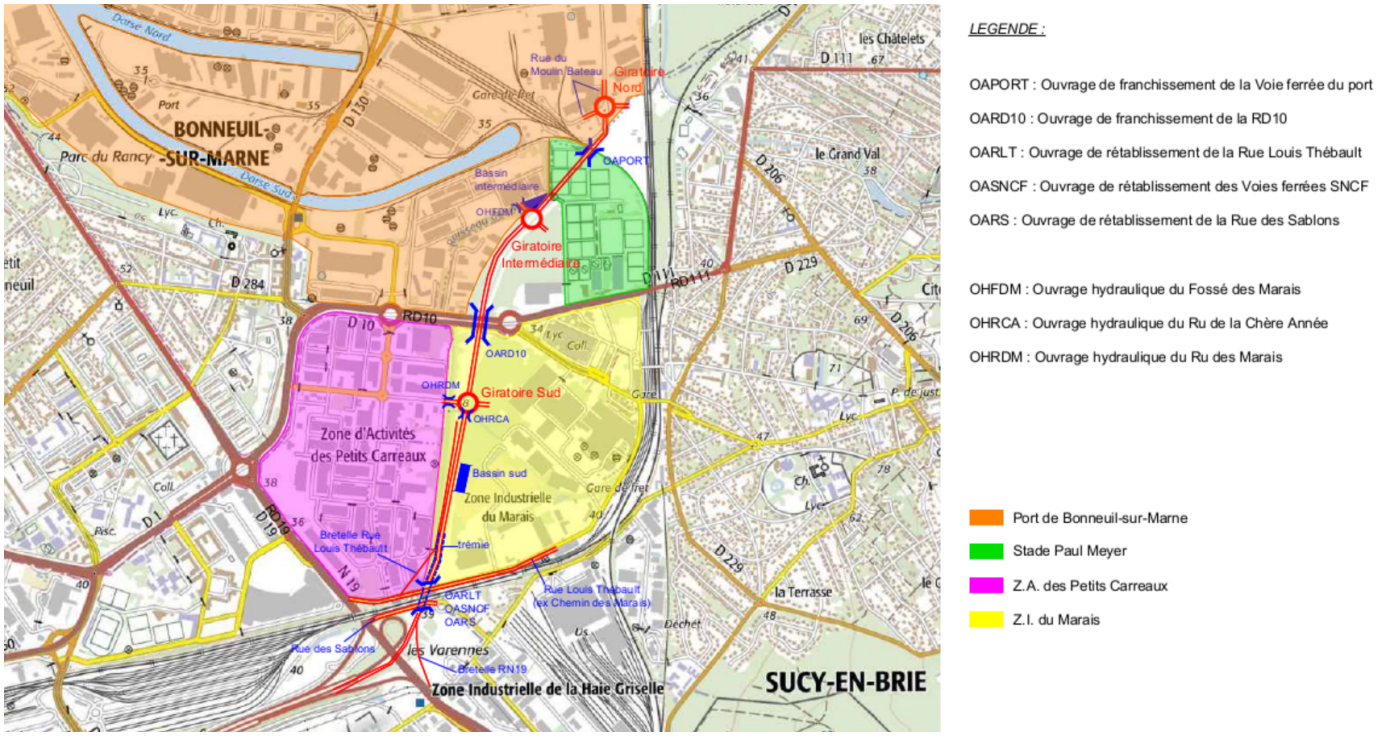


Figure 3 - Plan synoptique du projet (07/05/2024)

Certains travaux ont été réalisés, notamment les ouvrages SNCF ainsi que 90% du terrassement de la trémie Sud. A noter qu'un rabattement de nappe est toujours en cours depuis la réalisation de cette première phase de travaux.

Les eaux d'exhaure sont actuellement rejetées dans le Ru des Marais après un traitement préalable relatif à la mise en conformité des eaux de rejet avec les normes environnementales ;

D'après la note de cadrage du projet, les contraintes et les enjeux au niveau de la zone d'étude sont les suivants :

- Enjeu Zones Humides très fort : un arrêté préfectoral de 2023 précise les mesures compensatoires relatives aux zones humides ;
- Enjeu fort de remontée de nappe : Le risque inondation au droit du projet est très élevé (nappe sub-afleurante) à faible selon la section du projet. Le projet ne devra pas faire obstacle à l'écoulement des crues ;
- Enjeu Biodiversité fort : Présence d'espèces animales d'intérêt fort à très fort et d'espèce végétales protégées. Le projet devra préserver ces espèces.

L'implantation du projet en remblais en zone inondable est pénalisante pour l'écoulement et le stockage des crues (23 388 m^3 de volume de stockage perdu et effet de barrage hydraulique de l'infrastructure routière).

Des mesures de compensations hydrauliques sont prévues dans ce cadre pour permettre de compenser le volume de stockage de crue perdu et d'assurer la transparence hydraulique vers les zones de compensation.

Les zones de compensations hydrauliques figurent en bleu sur le plan du projet ci-dessous.

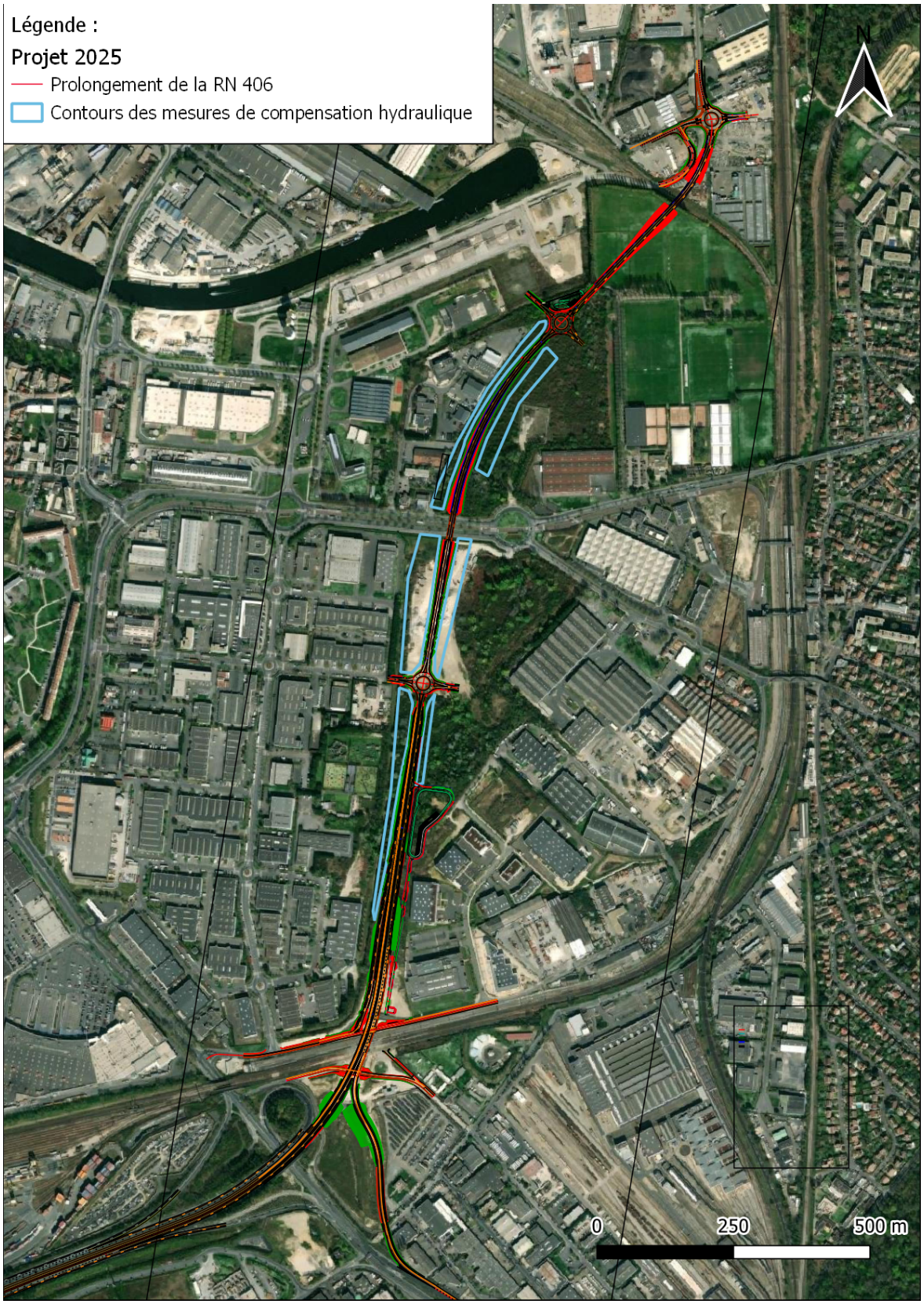


Figure 4 - Plan de localisation du projet et des zones de compensations hydraulique

4. SYNTHESE ENVIRONNEMENTALE

Le présent chapitre présente l'analyse des études antérieures retenues par ARTELIA pour la réalisation de sa mission, qui sont les suivantes :

- Etude Géotechnique G2 PRO indice A réalisée par FONDASOL le 26/05/2020 (intégration des observations de terrain uniquement) ;
- Etude Géotechnique G2 PRO réalisée par le CEREMA le 226/05/2020 (intégration des observations de terrain et des résultats d'investigations de pollution) ;
- Diagnostic de pollution du 03/07/2020 réalisé par ESIRIS ;
- Diagnostic complémentaire de pollution du 01/04/2025 réalisé par SOLER.

4.1. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le contexte environnemental est résumé dans le tableau suivant.

Tableau 1 – Contexte environnemental

Géologie	La zone d'étude repose sur les alluvions fluviatiles de la Marne, la succession lithologique attendue selon la carte géologique de Corbeil Essonne au 1/50 000ème est la suivante : ○ Remblais éventuels ; ○ Alluvions modernes ; ○ Alluvions anciennes ; ○ Marnes et Calcaires de St Ouen ; ○ Sables de Beauchamp ; ○ Marnes et Caillasses. Les investigations réalisées sur le site de 2012 à 2024 sur l'ensemble du tracé ont mis en évidence la lithologie ci-après : ■ Remblais anthropiques de nature hétérogène et d'épaisseur variable (en moyenne de 2 à 3 m et plus localement jusqu'à 1 2m). Issus du comblement d'anciennes exploitation ou de dépôts de matériaux issus des darses du port, leur nature est diverse : matériaux de démolition, limons, sables, graviers, Macrodéchets et mâchefers ; ■ Alluvions modernes globalement argileux ou sableux argileux et d'une épaisseur de l'ordre de 2 à 4 m de profondeur. Leurs caractéristiques mécaniques peuvent être faibles du fait de leur teneur en Matière organique ; ■ Alluvions anciennes d'une nature sableuse à gravelo-sableuses, leur épaisseur peut atteindre 7 à 8 mètres ; ■ Les Marnes infra-gypseuses et les sables de Monceau ; ■ Le Marno-calcaire de Saint-Ouen et le calcaire de Ducy ; ■ Les sables de Beauchamp ; ■ Les Marnes et Caillasses.

Hydrogéologie	Le site du projet se caractérise par la présence de trois nappes d'eaux souterraines : ○ La nappe superficielle, circulant préférentiellement dans les Alluvions anciennes et les remblais superficiels du sud-est vers le nord-ouest. Cette nappe est en connexion hydraulique avec la Marne, les variations de sa piézométrie sont donc dépendantes des fluctuations de niveaux de la rivière ainsi que de la pluviométrie. Le niveau piézométrique de cette nappe a été mesuré globalement entre 32 et 35 m NGF ; ○ La nappe semi-profonde du Marno-calcaire de Saint-Ouen inférieur localisée sous les alluvions, sans relation hydraulique avec la nappe superficielle du fait de la présence d'un niveau imperméable constitué par les sables de Beauchamp majoritairement argileux ; ○ La nappe profonde des Marnes et Caillasses, cette nappe peut également circuler dans les calcaires grossiers. Selon la réponse transmise par l'ARS, aucun captage AEP n'est référencé sur les communes de Bonneuil sur Marne et de Sucy en Brie et aucun captage d'eau destiné à la consommation humaine n'est situé dans un rayon de 2 km autour de la zone d'étude. La ressource hydrogéologique locale est considérée comme : ■ Vulnérable en raison de l'absence de recouvrement imperméable ; ■ Peu sensible en raison de l'absence de captages sensibles considérés comme vulnérables à une éventuelle pollution provenant de la zone d'étude dans un périmètre de 2 km.
Hydrologie	Le futur giratoire nord est situé à environ 400 m au Sud de la Marne et à 250 m du Port de Bonneuil sur Marne. On note la présence d'un ruisseau à proximité quasi immédiate à l'Ouest de la section intermédiaire et sud. Au regard de la localisation du ruisseau par rapport au site, celui-ci est susceptible d'être impacté par l'activité du site. Le tracé du projet est en grande partie situé en zone inondable selon le PPRI de la Marne. Le contexte hydrologique à proximité de la zone d'étude est considéré comme vulnérable en raison de la distance séparant le ruisseau de la zone d'étude, et peu sensible en raison l'absence d'activités halieutiques ou récréatives recensées.
Milieu naturel	D'après les informations recueillies au cours de l'étude de vulnérabilité du site, la zone d'étude n'est pas localisée dans le périmètre d'un espace naturel sensible. Aucun espace naturel protégé n'est considéré comme vulnérable à une potentielle pollution provenant de la zone d'étude.

4.2. SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES

4.2.1. ETUDE GEOTECHNIQUE – G2 PRO – FONDASOL, 2012 (Réf. IP.10.0323)

Contexte	**Dans le cadre de sa mission de type G12 au sens de la norme NFP 94-500, FONDASOL a réalisé en décembre 2010/janvier 2011, des sondages pressiométriques, des sondages carottés, des piézomètres, des essais de pénétrations dynamiques et des sondages au carottier poinçonneur selon l'implantation présentée ci-dessous.**

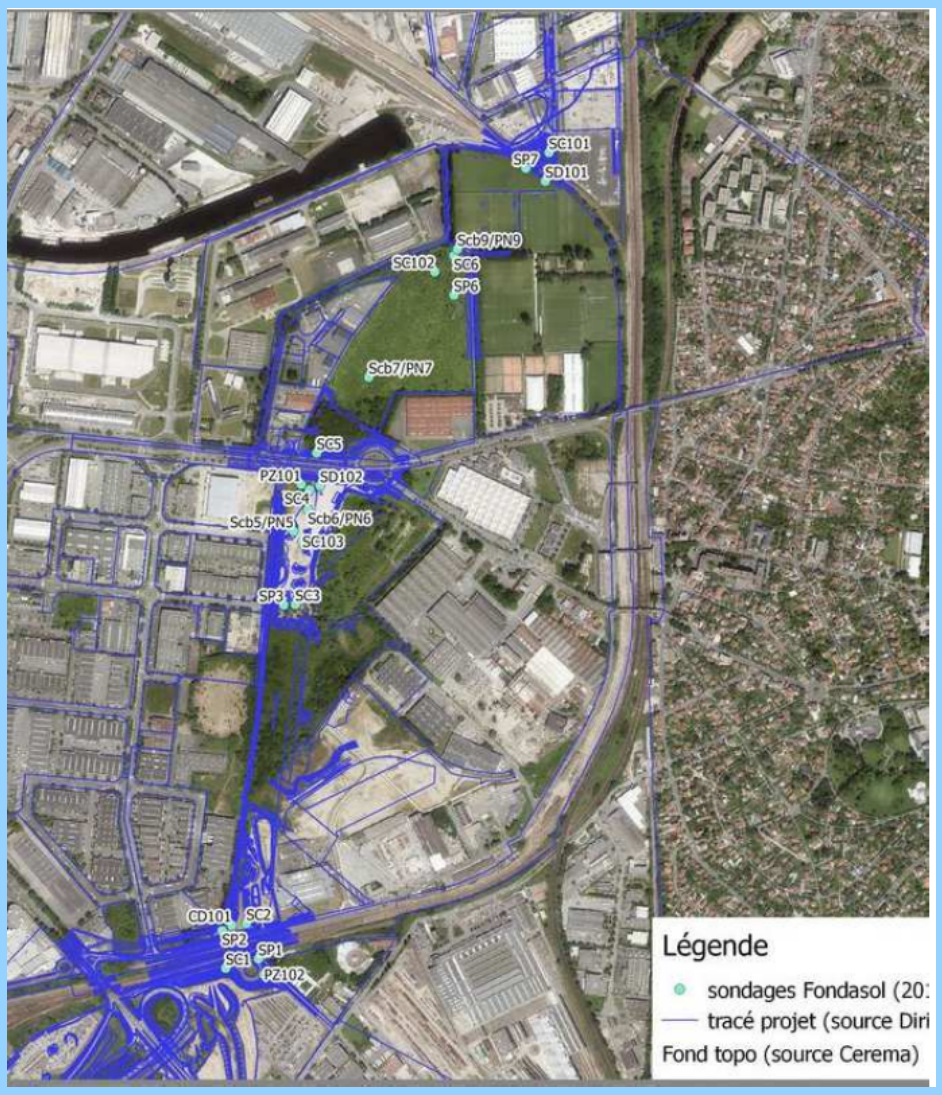
Ces sondages ont été réalisés dans le cadre d'une approche géotechnique, ils n'avaient pas pour finalité d'étudier la qualité environnementale des sols. Néanmoins les investigations réalisées ont permis de mettre en évidence des indices de pollution dans les sols et de mesurer les niveaux de piézométrie statique.

Observations de terrain	Les coupes des sondages carottés réalisés par FONDASOL traduisent la présence d'indices organoleptiques : • En partie sud, au droit du sondage SC1 (odeurs d'hydrocarbures et colorations noires de 38,4 à 37,9 mNGF, de 35,65 à 35 mNGF et de 33,9 à 33,1 mNGF) ; • En partie intermédiaire, et SC4 (coloration noire associée ou non à des odeurs d'hydrocarbures de 34,5 à 33,6 mNGF et de 31,6 à 30,9 mNGF). D'après ces coupes de sondage, la présence de Macrodéchets enfouis dans les sols est suspectée au droit des sondages : • SC1, présence de débris de terres cuites et de fayence de 39,7 à 37,9m NGF et de débris de caoutchouc de 35,65 à 35,05 m NGF ; • SC3, présence de débris d'enrobé et de débris plastiques de 36,5 à 34,8m NGF.

4.2.2. ETUDE GEOTECHNIQUE – G2 PRO – CEREMA, 2020 (Réf. C18PR0012)

Contexte	**Dans le cadre du projet d'aménagement, la DIRIF a sollicité le CEREMA IDF pour la réalisation d'une étude géotechnique de type G2 PRO et d'une synthèse de l'ensemble des études géotechniques précédentes.** **En supplément à cette étude, le CEREMA a mené des investigations de la qualité des sols conformément à la norme NF X 31-620. En mars et en décembre 2017, un total de 7 échantillons de sols a été prélevé sur les sondages SC102, SC103 et PZ101 et 6 échantillons d'eaux souterraines ont été prélevés dans les eaux de la nappe alluviale.** **En complément, deux échantillons d'eau du ru des marais ont été prélevés en amont et en aval de la future trémie Nord.**
Observations de terrain	Lors de ces investigations, plusieurs indices organoleptiques ont été constatés dans les sols au droit des sondages SC102, CD101 et PZ101. Les constats menés sur ces trois sondages indiquent la présence de : • Macrodéchets potentiels au droit de SC101 de 34,91 m à 33,91 m NGF (débris de briques et de verre) ; • D'odeurs d'hydrocarbures et potentiellement de Macrodéchets (débris de béton) au droit de SC102 de 33,917 m à 33,6 m NGF ; • D'une coloration noire associée à des odeurs d'hydrocarbures au droit de PZ101 de 36,74 m à 36,04 m NGF et 34,24 m à 33,99 m NGF. A noter également la présence de brique sur ce sondage de 36,74 m à 35,24 m NGF. A noter que de la tourbe et de la matière organique sont généralement observées sur le toit des alluvions modernes, ces éléments sont fréquemment associés à des colorations et des odeurs de décomposition pouvant être confondues avec des indices organoleptiques caractéristiques d'une pollution.

Qualité des sols superficiels	**Les prélèvements de sols pour analyses ont concerné les sondages carottés SC102, SC103 et le piézomètre Pz101. Leur localisation est présentée dans la figure ci-dessous.**



Le programme analytique comprenait le dosage des paramètres ISDI selon l'arrêté du 12 décembre 2014 et des dioxines et dibenzofuranes pour les 6 échantillons.

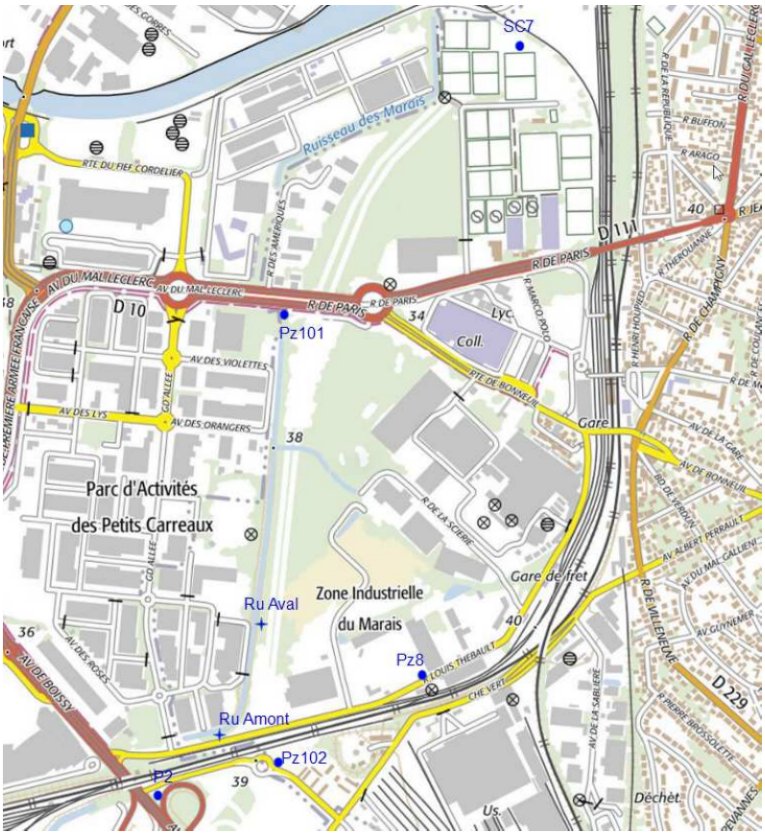
Les résultats d'analyses ont mis en évidence plusieurs dépassements des paramètres ISDI sur brut (Hydrocarbures ou HAP) et sur éluat (Fraction solubles et sulfates) :

- Pz101, Teneurs en Hydrocarbures, en Fractions solubles et sulfates supérieures aux seuils ISDI au sein de l'échantillon superficiel mais inférieures dans l'échantillon sous-jacent ;
- SC102, Absence de dépassements des seuils ISDI;
- SC103, Teneurs en HAP supérieures au seuil ISDI dans l'échantillon superficiel et inférieures au sein de l'échantillon sous-jacent. Les concentrations en Fractions solubles et sulfates dépassent en revanche les seuls ISDI dans l'échantillon profond.

A noter également la quantification de teneurs en métaux sur brut au sein de ces échantillons.

Qualité de la nappe des alluvions et du Ru des Marais

Le CEREMA a réalisé des échantillonnages en décembre 2017 au sein de 5 piézomètres (P2, Pz102, Pz8, Pz101 et SC7) et dans le Ru des Marais (Amont et Aval de la Trémie Nord). La localisation de ces investigations est présentée dans la figure ci-dessous.



L'échantillonnage a eu lieu à l'aide d'un tube préleveur à usage unique. La présence d'indices organoleptiques a été mis en évidence au droit du piézomètre P2 (Odeurs d'hydrocarbures et observation d'une phase surnageante).

L'ensemble des échantillons a été soumis en laboratoire à l'analyse des paramètres suivants :

- Hydrocarbures C5-C40 ;
- HAP ;
- BTEX ;
- COHV ;
- PCB ;
- Métaux lourds.

Les résultats de ces analyses ont permis de mettre en évidence :

- Des teneurs en HAP et Hydrocarbures (C10-C40) au droit de P2 inférieures à la Norme de Qualité Environnementale (NQE) pour les eaux souterraines ;
- Des teneurs en BTEX et chlorures de vinyles supérieures à la NQE au droit de PZ102 ;
- Des teneurs en Benzène équivalente dans le Ru amont équivalentes à la valeur guide ;
- Des teneurs en chlorure de vinyle dans le Ru Aval égales à la valeur guide.

4.2.3. DIAGNOSTIC DE POLLUTION INITIAL – ESIRIS, 2020 (Réf. PA19 3158-1)

Contexte

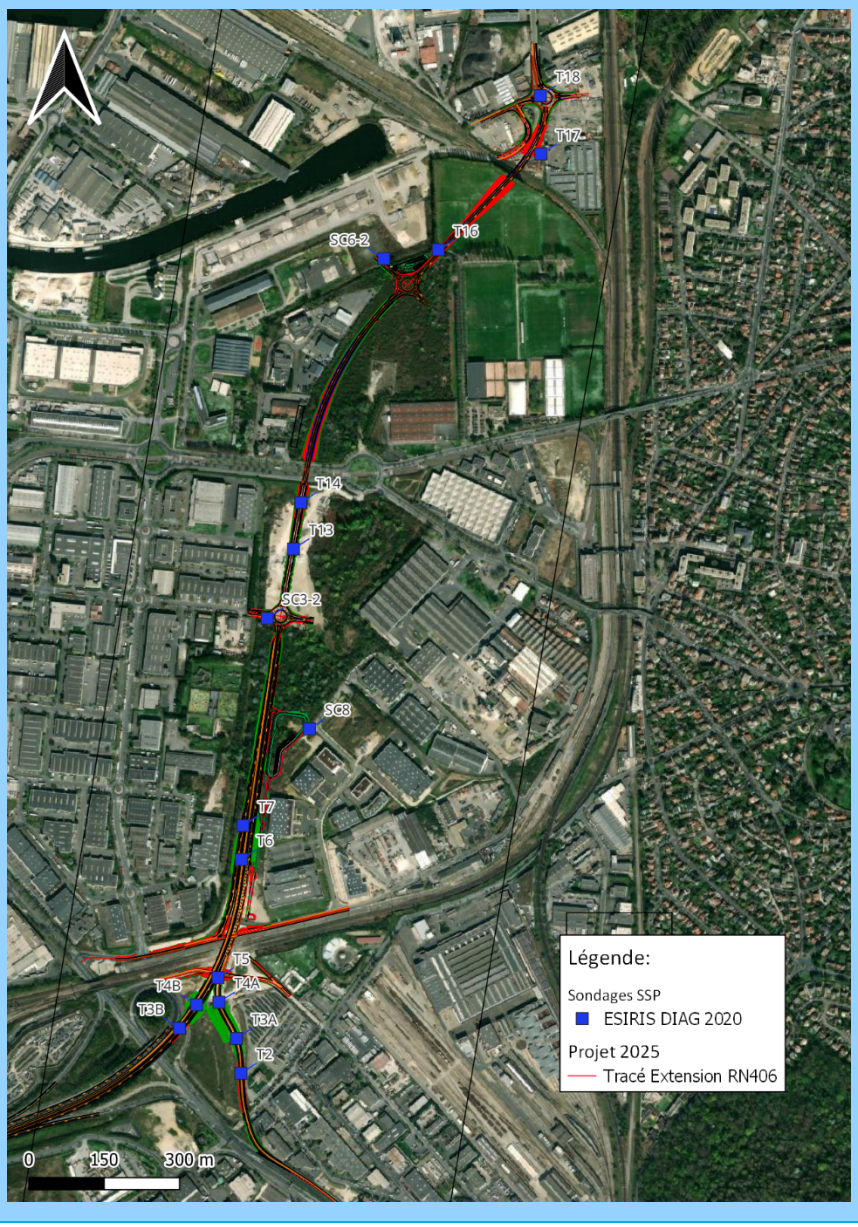
Dans le cadre du projet de prolongement de la RN406 porté par la DRIRIF, le Bureau d'étude ESIRIS a été missionné pour réaliser un diagnostic de la qualité des sols et des déblais au droit du tracé de la future infrastructure routière.

Dans le cadre de cette mission, la réalisation d'une visite de site a permis de constater le contexte industriel du secteur intermédiaire et la présence d'environnements arborés dans les secteurs Sud et intermédiaires empêchant l'accès à des engins de forage pour investiguer cette section du tracé.

Les investigations suivantes ont été réalisées en décembre 2020 :

- 4 sondages carottés de 6 à 16 m de profondeur ;
- 12 sondages à la tarière de 2 à 10 m de profondeur.

Le plan d'implantation des sondages est présenté dans la figure ci-dessous.



Observation de terrain	Les terrais rencontrés lors des sondages ont mis en évidence des indices organoleptiques : • Une coloration noire au droit des sondages T4A (41 m à 36 mNGF), T5 (40,7 m à 31,7 mNGF), T6 (34,4 m à 26,6 mNGF), T7 (33,6 m à 30,1 mNGF), T13 (36,9 m à 36,4 mNGF et 34,9 m à 33,9 mNGF), T14 (37,3 m à 34,3 mNGF), SC8 (34,2 m à 33,4 mNGF) ; • Des odeurs d'hydrocarbures au droit de T4A (41 m à 39 mNGF), T5 (37,7 m à 31,7 mNGF), et T6 (34,4 m à 30,6 mNGF). Par ailleurs des indices observés au droit du sondage SC3-2 traduisent la présence de Macrodéchets enfouis dans les sols de 38,3m à 33,8 mm de profondeur (déchets en plastiques, en verres ou débris de démolition).
Interprétation des résultats et conclusion de l'étude	**Enjeux sanitaires** Les résultats d'analyses sur les sols mettent en évidence : ○ La présence de concentrations en métaux lourds supérieures aux valeurs de référence au sein de 18 des 27 échantillons analysés, majoritairement au sein des terrains superficiels ; ○ La présence de concentrations en Hydrocarbures dépassant le seuil ISDI ; ○ La présence de concentrations en HAP dépassant le seuil ISDI ; ○ La quantification ponctuelle de concentrations en BTEX et COHV du même ordre de grandeur ou d'un ordre de grandeur supérieur aux limite de quantification ; ○ La présence de concentrations en PCB au sein des terrains superficiels ; ○ La quantification de dioxine et dibenzofuranes sur la majorité des échantillons analysés. Le schéma conceptuel de l'étude a mis en évidence l'absence d'enjeu sanitaire compte-tenu de l'absence d'exposition prolongée des cibles identifiées. De ce fait, seul l'environnement est retenu comme enjeu dans ce schéma conceptuel, notamment au regard d'une réutilisation de déblais sur site. **Enjeux pour l'évacuation des déblais** Les résultats d'analyses ont mis en évidence : – Trois dépassements du seuil ISDI en Hydrocarbures sur les 27 échantillons analysés avec une teneur maximale de 3 600 mg/kg MS ; – Un dépassement du seuil ISDI en HAP sur les 27 échantillons analysés avec une teneur maximale de 78,3 mg/kg MS ; – Deux dépassements du seuil ISDI en antimoine sur les 27 échantillons analysés avec une teneur maximale de 0,28 mg/kg MS ; – Neuf dépassements du seuil ISDI en Fractions solubles et sulfates sur les 27 échantillons analysés avec une teneur maximale de 15 000 mg/kg MS en sulfates. Du point de vue de la gestion des déblais dans le cadre du projet d'aménagement, les résultats de l'étude montrent que les déblais gérés hors site devront être évacués en partie vers des filières spécifiques. Par ailleurs l'étude préconise de ne pas réemployer les terres analysées sur site.

4.2.4. DIAGNOSTIC DE ¨POLLUTION COMPLEMENTAIRE – SOLER, 2025 (Réf. N°027905)

Contexte	Dans le cadre de son projet d'aménagement, la DIRIF a sollicité SOLER pour la réalisation d'une mission INFOS et DIAG selon la norme NF X 31-620. L'objectif de cette étude était de : – Analyser les enjeux liés à l'état de pollution du site ; – Caractériser la qualité des sols et des eaux souterraines ; – Caractériser la qualité des futurs déblais. Dans le cadre de cette mission, une étude historique documentaire et de vulnérabilité a été réalisée et des investigations sur les sols et les eaux souterraines ont été menées et sont les suivantes : – 12 sondages à la tarière mécanique de 1 à 6 m de profondeur ; – 2 sondages à la pelle mécanique à 1 m de profondeur ; – 1 piézomètre mis en place à 10 m de profondeur et échantillonné.
Conclusions de l'étude Historique	D'après les informations recueillies lors de l'étude historique et la visite de site, diverses sources potentielles de pollution ont été recensées au droit du site : 2 cuves aériennes d'huiles pour machines, plateforme de tri des matériaux, déchets divers (plastiques, bois, déchets BTP…). On note également la présence de sites Ex-BASOL à proximité quasi immédiate autour de la section Nord. Ces sites présentent une pollution des sols et de la nappe en hydrocarbures et en composés chlorés (COHV), pouvant influencer la qualité des milieux au droit de la zone d'étude.
Conclusions de l'étude de vulnérabilité	L'étude de vulnérabilité à la pollution a permis de déterminer la présence de sols perméables, d'une nappe superficielle sub-afleurante et d'un cours d'eau à proximité immédiate. Au regard de ces informations, l'étude conclut à : – Une vulnérabilité relativement forte des eaux souterraines et superficielles à une pollution dont le site d'étude est l'origine ; – Une sensibilité environnementale forte du site à la pollution.
Qualité des milieux	Les résultats d'analyses mettent en évidence dans les sols et les eaux souterraines, la présence d'impacts en métaux et en hydrocarbures. La campagne d'investigations complémentaires dans les sols réalisés en février 2025 a mis en évidence : – Des teneurs diffuses en métaux sur brut supérieures au fond géochimique local ; – Des teneurs diffuses en Hydrocarbures avec une concentration maximale de 470 mg/kg MS ; – Des teneurs diffuses en HAP avec une concentration maximale de 39,8 mg/kg MS ; – La quantification de teneur en PCB sur deux échantillons de remblais à une teneur maximale de 0,9 mg/kg MS ; – De teneurs supérieures aux seuils ISDI en Fractions solubles et sulfates (17 échantillons), en antimoine (10 échantillons) et Fluorures (2 échantillons).

	De plus des indices permettant de suspecter la présence de Macrodéchets ont été identifié au droit des sondages SC2 (briques), SC3 (briques et verres), SC6 (béton, caoutchouc, briques et mâchefers), SC11 (caoutchouc et mâchefers) et SC12 (mâchefers, briques, verres). Les résultats d'analyses des eaux souterraines réalisées en février 2025 ont montré : – La présence d'une teneur en arsenic de l'ordre de la valeur de référence ; – La présence de teneurs en HAP supérieure à la valeur de référence.
Conclusions	Au regard du projet de création d'une route nationale, il n'est pas considéré la présence d'une exposition à une pollution des sols et de la nappe, pouvant induire un risque sanitaire pour les futurs usagers de la route. Le principal enjeu considéré est un enjeu environnemental, notamment concernant la réutilisation sur site de déblais issus des excavations. Du point de vue de la gestion des terres excavées, une grande partie des déblais sera évacuée hors site dans des Installations de stockage ISDI ou en filière spécifique. Afin de réduire les volumes de déblais évacués hors site, des solutions d'optimisation seront possibles parmi lesquelles : – Réaliser un tri et un criblage des matériaux au cours des excavations ; – Réutiliser au maximum les déblais d'excavation en remblais sur site sous réserve de l'absence de risque sanitaire, et d'une validation géotechnique.

4.2.5. TRAVAUX D'EXCAVATION DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT SNCF

Dans le cadre du projet de prolongement de la RN406 au port de Bonneuil, une trémie est à créer pour traverser les voies ferrées existantes avec un passage inférieur.

Les ouvrages SNCF ont été achevés en 2021. Les travaux d'excavation menés dans le cadre de la réalisation de cette traversée ont amené à :

- La gestion de Macrodéchets enfouis dans les sols en quantité dans la zone de la Trémie SUD et au niveau du franchissement de la voie SNCF ;
- L'installation d'une unité de traitement pour le traitement des eaux d'exhaure avant leur réinjection dans le Ru des marais.

Cette unité d'une capacité nominale de 20 m^3/h a été installée afin de répondre aux enjeux de qualité des eaux et de conformité avec les normes environnementales en vigueur. Néanmoins, ce système de traitement n'a pas permis de répondre à l'ensemble des exigences notamment concernant l'azote total et ammoniacale (NH4+), les métaux et métalloïdes et les Hydrocarbures Totaux.

Concernant la problématique des Macrodéchets enfouis, leur présence est fortement suspectée dans la zone de la Trémie Nord (section Sud) et en partie dans la section intermédiaire compte-tenu des observations réalisées lors des études de sol.

5. SCHÉMA CONCEPTUEL INITIAL

Conformément à la méthodologie en vigueur, le schéma conceptuel du site doit permettre de préciser les relations entre :

- les sources de danger ;
- les voies de transfert ;
- les récepteurs potentiels.

Le schéma conceptuel permet également d'évaluer l'existence d'un enjeu sanitaire et/ou environnemental résultant du triptyque « source de danger / voies de transfert / les récepteurs potentiels ».

ARTELIA précise que les zones boisées n'ont pas été investiguées. Le schéma conceptuel suivant ne peut ainsi pas conclure sur la présence/absence d'enjeu sanitaire et/ou environnemental.

Sur la base des données disponibles, ARTELIA a identifié des enjeux sanitaires / environnementaux comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 2 – schéma conceptuel de l'usage actuel

SOURCE	MILIEU DE TRANSFERT	VOIES D'EXPOSITION	EXISTENCE D'UN ENJEU SANITAIRE	EXISTENCE D'UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL
Métaux (sols et eaux souterraines en section sud)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Oui, faible** (Non recouvrement des sols mais absence d'usage identifié)	**Oui** (présence de teneurs en métaux dans les remblais non recouverts)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Absence d'usage de la nappe des alluvions)	**Oui** (Pas de lixiviation des composés observés dans les sols mais présence de teneurs en métaux dans la nappe)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance peu volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Non** (substance peu volatiles)
Benzène et Chlorure de Vinyle (eaux souterraines et eaux superficielles)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Non** (Pas d'impact dans les sols identifiés)	**Oui** (présence de teneurs dans le Ru du Marais)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Absence d'usage de la nappe des alluvions et du Ru des Marais)	**Oui** (présence de teneurs dans la nappe des Alluvions et le Ru des Marais)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Oui, faible** (substances volatiles)
Hydrocarbures Totaux et HAP (sols et eaux souterraines)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Non** (profondeur des impacts dans les sols, recouvrement par des espaces végétalisés)	**Oui** (pas de pollution en surface mais risque de remontée de nappe)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Substance soluble mais pas d'usage sensible identifié dans de la nappe des Alluvions et le Ru des Marais)	**Oui** (substances solubles mais pas d'usage sensible identifié des eaux souterraines ou superficielles directement à l'aval du site, pas d'infiltration des eaux de pluie)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance peu volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Non** (substances peu volatiles)
Zones boisées non-investiguées (section Sud et Intermédiaire)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	Absence de données : **Enjeu sanitaire potentiel**	Absence de données : **Enjeu environnemental potentiel**
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)		
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles		

Le schéma conceptuel conclut en l'existence d'un enjeu sanitaire et environnemental pour les usagers actuels du site (travailleurs des entreprises présentes sur le site d'étude et promeneurs éventuels) et pour les espaces naturels sensibles (Zones humides, faune et flore d'importance).

6. MESURES DE GESTION POSSIBLES ET BILAN COUTS/AVANTAGES (A330)

6.1. OBJECTIF DES MESURES DE GESTION

Les travaux d'aménagement génèreront de grandes quantités de déblais pour lesquelles il est primordiale de définir une méthodologie de gestion afin d'en optimiser les volumes à évacuer et d'en assurer la bonne gestion environnementale. Cette gestion raisonnée est aujourd'hui primordiale pour assurer la traçabilité notamment vis-à-vis de l'administration.

Ce plan de gestion des déblais se propose de décrire et comparer les différentes mesures de gestion possibles des futurs déblais selon une évaluation multicritères, en tenant compte des spécificités et des enjeux du projet d'aménagement présentés en partie 3. L'objectif est d'identifier la solution de gestion des déblais la plus pertinente pour la réalisation du projet d'aménagement.

Une attention particulière sera portée sur les possibilités de réemploi des terres excavées conformément à la volonté de la DIRIF de limiter le recours à l'évacuation hors site de celles-ci.

La bonne gestion environnementale du projet doit prévoir de gérer les problématiques suivantes :

- **Maitrise/traitement des contaminations dans les sols**

D'après la méthodologie ministérielle en matière de sites et sols pollués datant d'avril 2017, toute zone source de pollution doit être maitrisée quel que soit l'usage de la zone.

Dans le cas présent, cette étude intervient dans le cadre d'un aménagement nécessitant des travaux d'excavation d'un volume important de déblais. Les différents diagnostics ont donc eu pour objectif la caractérisation préalable des futures terres excavées.

Ces études ont mis en évidence la présence de concentrations dépassant les seuils ISDI en Hydrocarbures, en HAP, en Antimoine et en Fractions solubles et sulfates. Ainsi l'excavation de ces terres et la gestion des futurs déblais répondra à la maitrise et au traitement de cet enjeu.

L'évaluation des mesures de gestion envisageables est proposée dans les chapitres ci-après.

- **Maitrise de la qualité des eaux d'exhaure**

Les enjeux spécifiques au rejet des eaux d'exhaure concernent la section Sud du projet où des ouvrages seront réalisés sous le niveau habituel de la nappe des alluvions. Un rabattement de nappe est donc à prévoir dans ce cadre, ce qui impliquera une maitrise de la qualité des eaux de rejet.

Selon la notice de traitement des eaux d'exhaure du 03/02/2025, la solution privilégiée à ce stade serait un rejet au réseau d'eau usée de la DSEA sans unité de traitement. Selon le retour de la DSEA, la qualité des eaux d'exhaure serait compatible en l'état avec un rejet au réseau.

- **Opportunités et contraintes du site**

Les principales contraintes et opportunités identifiées sur la base des connaissances actuelles et orientant la sélection de solutions envisageables sont :

➢ Opportunités :

- Le site est assez étendu pour aménager temporairement des zones de transit et de traitement ;
- L'emploi de matériaux impropres géotechniquement est prévu lors des travaux en tant que remblais de pré-chargement ;
- Le réemploi dans le cadre de technique routière est envisageable pour les déblais non-inertes sous réserve de comparaison avec les guides existants.

➢ Contraintes :

- Contrainte d'aménagement de surface planifié ;
- Mauvaise qualité géotechnique de la majorité des futurs déblais ;
- Réemploi de matériaux non inertes non envisageable en zone saturée ou en zone inondable ;
- Les délais de livraison de l'ouvrage ne paraissent pas compatibles avec la mise en œuvre de technique de réhabilitation in-situ.

6.2. PRESELECTION DES TECHNIQUES DE GESTION ENVISAGEABLES

Pour les sites présentant des sols impactés et/ou non inertes, plusieurs options de réhabilitation peuvent être envisagées selon les spécificités de la zone et les caractéristiques des pollutions, telles que :

- Extraire les zones sources à l'origine des impacts et des risques (ex. : excavation)
- Traiter les sources de pollution qui sont présentes dans les sols ou les eaux souterraines (in-situ, sur site ou hors site)
- Eloigner les cibles susceptibles d'être atteintes ou les supprimer (ex. : servitudes)
- Désactiver les voies de transfert et d'exposition (ex. : stockage par isolement)

Selon le milieu (eau, sol) et le type de polluant (organique), les techniques de réhabilitation adaptées diffèrent selon la matrice présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 - Classification des techniques de réhabilitation par famille et par type (source : quelles techniques pour quel traitement-analyse coûts-bénéfices – BRGM n°RP-57708-FR de 2010)

Réhabilitation potentielle	Milieu concerné	Polluants inorganiques					Polluants organiques						
		Métaux lourds	Non Métaux	Amiante	Cyanures	Explosifs	COV	Hydrocarbures halogénés	Hydrocarbures non halogénés	HAP	PCB	Dioxines et furanes	Pesticides et herbicides
Confinement													
Confinement - couverture	S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Confinement hydraulique	W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Confinement vertical	S, W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Excavation et enfouissement	S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Procédés biologiques													
Atténuation naturelle	W	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+
Biotertre	S	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
Bioventing	S	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Biosparging	S, W	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Landfarming	S	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
Traitement sous forme de boue	S	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	?	+
Andain	S	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
Procédés chimiques													
Oxydation chimique	S, W	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Déhalogenation chimique	S	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-
Lavage chimique	S	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Extraction par solvants	S	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Amendements en surface	S	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Procédés physiques													
Extraction multiphase	S, W	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Air sparging	W	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Venting	S	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Barrière perméable réactive	W	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lavage	S	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+
Procédés de solidification et de stabilisation													
Liants hydrauliques (ciments)	S	+	+	+	?	-	-	-	?	+	+	+	?
Vitrification	S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Procédés thermiques													
Incinération	S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Désorption thermique	S	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+

+ : envisageable
S : zone non saturée et sédiments
- : non envisageable
W : zone saturée et eaux superficielles

Les colonnes relatives aux possibilités d'application des techniques de réhabilitation pour les contaminations observées sur le site (Hydrocarbures totaux C10-C40, HAP et métaux) sont encadrées dans le tableau ci-dessus.

En tenant compte de ce tableau et de la nécessité de réaliser des excavations lors des travaux d'aménagement, il est proposé de retenir les techniques suivantes pour établir l'évaluation multicritères :

- L'excavation et enfouissement hors site combinée à du réemploi ;
- L'excavation avec un confinement sur site sous couverture ou encapsulation.

6.3. PRESENTATION DES SOLUTIONS DE GESTION DES DEBLAIS

Des terrassements en remblais et en déblais sont prévus dans le cadre des travaux de création de voiries, notamment pour le passage sous les voiries SNCF et les raccordements de au réseau routier existant.

Les excavations génèreront de fait des déblais nécessitant une gestion conforme aux enjeux identifiés. Il a été étudié dans le cadre du présent bilan coûts avantages, deux scénarios d'excavation :

- ❑ Scénario 1 : Confinement sous couverture ou encapsulation d'un volume de déblais non inertes et évacuation hors site
- ❑ Scénario 2 : Evacuation hors site et réemploi d'un volume de remblais de terres excavées inertes.

6.3.1. Scénario 1 : Excavation et confinement sous couverture ou encapsulation

La solution de gestion des matériaux excavés par confinement sous couverture ou par encapsulation consiste à confiner sur site un volume déterminé de terres excavées non inertes sous une couverture de terres végétale ou dans une capsule imperméable, puis de procéder à l'évacuation des déblais en excédent vers des filières dédiées.

Les avantages de cette technique sont :

- ❑ Un traitement alternatif à l'évacuation de l'intégralité des déblais, limitant l'empreinte carbone des travaux ;
- ❑ Technique simple et maitrisée ;
- ❑ Traitement rapide et efficace.

Les inconvénients de cette technique sont :

- ❑ La méthode ne peut pas être mise en œuvre sous voirie ou en talus de voirie du fait de la mauvaise qualité géotechnique des terres excavées ;
- ❑ La surface nécessaire pour mettre en œuvre la méthode n'est pas disponible ;
- ❑ Les matériaux confinés sous une couverture de terres végétales doivent être stockés hors zones de crue par remontée de nappe ;
- ❑ Impact environnemental négatif concernant l'évacuation hors site du volume de déblais non confinés.

6.3.2. Scénario 2 : Excavation, évacuation en filière agréées hors site et réemploi sur site

La solution de gestion des matériaux excavés consiste au réemploi d'un volume déterminé de terres excavées en qualité de remblais de pré-chargement, puis de procéder à l'évacuation des déblais en excédent vers des filières dédiées.

Les avantages de cette technique sont :

- ❑ Un réemploi d'une partie des déblais permettant de valoriser des terres destinées à un enfouissement ;
- ❑ Technique simple et maitrisée ;
- ❑ Traitement rapide et efficace.

Les inconvénients de cette technique sont :

- ❑ Du fait de la situation du site en zone inondable, seuls les déblais exempts de composés mobilisables par lixiviation peuvent être valorisés ;
- ❑ Impact environnemental négatif concernant l'évacuation hors site du volume de déblais non valorisés.

6.4. EVALUATION MULTICRITERE DES SOLUTIONS DE GESTION

L'objectif du présent chapitre est de présenter de manière synthétique les techniques présélectionnées applicables au site d'étude, sous la forme d'un bilan coûts-avantages. Cette évaluation est basée sur les aspects techniques, économiques et environnementaux et tient compte des contraintes spécifiques du site (Cf. paragraphe 6.1).

Cette évaluation n'intègre pas d'estimation volumétrique et financière à ce stade. Les volumes à considérer ne sont pas à définir à ce stade d'avancement du projet.

		Scénario 1 : Confinement sous couverture (hors zone de crue) ou encapsulation d'un volume de déblais non inertes et évacuation hors site	**Scénario 2 : Evacuation hors site et réemploi d'un volume de remblais de terres excavées inertes**
		Confinement (hors zone de crue) ou encapsulation des déblais en partie sur site et traitement de l'excédent hors site	Valorisation d'une partie des déblais et traitement de l'excédent hors site.
Critères Techniques	Efficacité*	Evacuation hors site : méthode la plus simple, les contaminations sont extraites du site (+++) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : méthodes permettant une maitrise des contaminations et des risques associés mais sans les traiter (++)	Evacuation hors site : méthode la plus simple, les contaminations sont extraites du site (+++) Valorisation sur site : réemploi en remblais de pré-chargement possible uniquement pour les déblais inertes (+++)
	Pérennité	Evacuation hors site : Méthode pérenne car elle est définitive (+++) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Méthodes pérennes sous réserve du maintien de la couverture ou du recouvrement ou de l'intégrité de la capsule (+)	Evacuation hors site : Méthode pérenne car elle est définitive (+++) Valorisation sur site : Solution définitive en remblaiement (+++)
	Adaptabilité	Evacuation hors site : Adaptable à tous les composés identifiés (+++) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Méthodes adaptées aux polluants, mobilisables ou non par lixiviation mais qui nécessite une superficie importante pour la mise en œuvre de cette méthode et/ou une modification de l'aménagement prévu (- -)	Evacuation hors site : Adaptable à tous les composés identifiés (+++) Valorisation sur site : Méthode adaptée aux composés non mobilisables par lixiviation (+)
	Durée du traitement	Evacuation hors site : Méthode la plus rapide (+++) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Méthodes relativement rapides nécessitant des mouvements de terres excavées le site (++)	Evacuation hors site : Méthode la plus rapide (+++) Valorisation sur site : Méthode relativement rapide nécessitant un stockage temporaire sur site avant réemploi (++)
	Contraintes résiduelles	Evacuation hors site : Pas de contrainte résiduelle après évacuation (+++) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Présence sur site d'un merlon de confinement à maintenir ou d'une capsule de confinement à entretenir et dont la mémoire doit être conservée (-)	Evacuation hors site : Pas de contrainte résiduelle après évacuation (+++) Valorisation sur site : Pas de contrainte résiduelle après valorisation (++)
	Suivi durant les opérations de dépollution	Evacuation hors site : Nécessite une traçabilité de l'ensemble des mouvements de matériaux. Un suivi à pied d'œuvre des travaux de terrassement par un prestataire spécialisé est recommandé. (- -) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Importance d'assurer une bonne traçabilité des terres excavées confinées en merlon. Un suivi par un prestataire spécialisé est recommandé (-)	Evacuation hors site : Nécessite une traçabilité de l'ensemble des mouvements de matériaux. Un suivi à pied d'œuvre des travaux de terrassement par un prestataire spécialisé est recommandé. (- -) Valorisation sur site : La traçabilité des terres excavées réemployées doit permettre de démontrer la compatibilité de ces terres avec une valorisation dans le DOE. Un suivi spécialisé de l'entreprise est recommandé (-)
Critères économiques	Coût de traitement	Evacuation hors site : important du fait du coût du transport ainsi que du coût d'acceptation en filière (- - -) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Inférieur ou équivalent à l'évacuation hors site respectivement pour le confinement ou l'encapsulation mais nécessite l'apport de terres saines peu perméable pour le recouvrement et une maintenance à long terme des différentes techniques(- -)	Evacuation hors site : important du fait du coût du transport ainsi que du coût d'acceptation en filière (- - -) Valorisation sur site : Modéré, les coûts sont liés aux mouvements de terre sur site avant remblaiement mais la méthode optimise les coûts d'évacuation (+)
Incidences juridiques et réglementaires		Evacuation hors site : Faible, les terres évacuées restent de la responsabilité du producteur mais aucune démarche nécessaire après réception des BSD et renseignement dans Trackdéchet (+) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Relativement élevées (code du déchet/code de l'urbanisme/loi sur l'eau (- -)	Evacuation hors site : Faible, les terres évacuées restent de la responsabilité du producteur mais aucune démarche nécessaire après réception des BSD et renseignement dans Trackdéchet (+) Valorisation sur site : Faible, le code du déchet ne s'applique pas aux terres qui ne sortent pas de leur site d'origine. Il est recommandé néanmoins de valoriser uniquement les déblais dont les concentrations sont inférieures aux valeurs de référence retenues. (++)
Critères environnementaux		Evacuation hors site : Mauvais Bilan carbone au regard du transport de terres par camion. Ce bilan peut être réduit par le recours à un transport multimodal routier/fluviatile (- - -) Confinement avec couverture (hors zone de crue) ou encapsulation : Bilan carbone modéré. La présence de terres non inertes au droit des zones de compensation n'est pas envisageable. Possibilité réduite de compenser le Volume de crue perdu du fait de la surface occupé par le confinement (- -)	Evacuation hors site : Mauvais Bilan carbone au regard du transport de terres par camion. Ce bilan peut être réduit par le recours à un transport multimodal routier/fluviatile (- - -) Valorisation sur site : Bilan carbone modéré, recours à des terres ne représentant pas un enjeu de pollution pour le site (+)

Au regard de ce bilan coût-avantage, les deux scénarii de gestion semblent globalement équivalents en termes de coût de traitement et de délais de réalisation car ils intègrent une large part d'évacuation hors site dans les deux cas.

Toutefois, le scénario 1 est peu envisageable au regard des conditions requises à la mise en œuvre d'un confinement (faible surface disponible, localisation au droit des zones de compensation non envisageable) et des contraintes relatives à l'environnement du site notamment la faible profondeur de la nappe d'eaux souterraine et le risque d'inondation au droit du site.

Le scénario 2 représente une solution plus pertinente car elle n'engendra aucune contrainte résiduelle ou surface occupée après sa mise en œuvre et qu'elle a peu d'incidences réglementaires. La mise en œuvre de ce scénario est étudiée dans le chapitre suivant.

7. PRESENTATION DE LA SOLUTION 2 : EVACUATION HORS SITE ET REEMPLOI DE SOLS INERTES

Compte-tenu des enjeux et des contraintes identifiées, la solution de gestion des déblais étudiée est la solution n°2 dont le principe repose globalement sur une évacuation hors site et sur un réemploi partiel.

Cette solution respecte la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués qui préconise de supprimer les sources de pollution. En effet, il est prévu dans la solution n°2 une excavation de l'ensemble des contaminations identifiées et la conservation sur site des déblais les plus sains pour un réemploi.

Nous rappelons que cette étude ne prend pas en considération :

- *les contraintes géotechniques dans le cadre de la réutilisation des terres sur site ;*
- *la qualité non connue des terrains arborés, en l'absence d'investigations sur ces zones.*

Parmi les contraintes identifiées figure la localisation du site d'étude en zone inondable par remontée de nappe. Le réemploi des terres excavées devra ainsi prendre en compte que la qualité des terres valorisées garantira l'absence d'enjeu environnemental.

Par ailleurs, la qualité des terres réemployées sur site devra également garantir l'absence d'enjeu sanitaire lié à ce réemploi.

La définition de la gestion des déblais implique donc la prise en considération de divers paramètres qui permettent de catégoriser les volumes de futur déblais. Parmi ces paramètres, ARTELIA a considéré les suivants : la qualité chimique des terres au regard de l'arrêté du 12 décembre 2014 mais également les indices organoleptiques de pollution relevés au cours des investigations (notamment la présence de Macrodéchets enfouis).

En intégrant ces éléments, la société ARTELIA propose la clé de répartition suivante :

- Terres valorisables : déblais dont **les paramètres physico-chimiques** répondent **aux seuils définis par l'arrêté du 12 décembre 2014** pour une évacuation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes, dont **les valeurs en composés organiques et en métaux sur brut** respectent les valeurs de référence retenues et **exempts de déchets et/ou d'indices organoleptiques**;
- Terres inertes : déblais dont les paramètres physico-chimiques répondent aux seuils définis par l'arrêté du 12 décembre 2014, pouvant être évacués hors site en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) et exempts de déchets et/ou d'indices organoleptiques ;
- Terres non inertes : déblais qui ne répondent pas aux exigences d'acceptation en ISDI définies par l'arrêté du 12 décembre 2014 et/ou présence d'indices organoleptiques. Ces déblais peuvent être évacués en ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux).

7.1. EXCAVATION DES SOLS ET GESTION DES TERRES EXCAVEES

Dans le cadre des travaux d'aménagement, les sols seront excavés et triés sur le site avant leur évacuation ou leur réemploi potentiel.

Compte-tenu des résultats analytiques vis-à-vis de l'arrêté du 12 décembre 2014 et des observations organoleptiques relevées au cours des investigations menées, les déblais qui seront excavés dans le cadre du projet pourraient être éliminés vers le type de filière mentionné ci-après :

- **ISDI** : Pour les terres répondant aux seuils définis par l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **Comblement de Carrière** (filière régionale): Pour les terres présentant uniquement un dépassement cumulatif des seuils du sulfate et des fractions solubles de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **ISDI Aménagée** : Pour les terres présentant des dépassements inférieurs à un facteur 3 des seuils des paramètres sur éluat de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **BIOCENTRE**: Pour les terres présentant des dépassements des seuils pour les paramètres hydrocarburés de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **ISDND (déchets non dangereux)** : Pour les terres présentant des dépassements des seuils définis par l'arrêté du 12/12/2014 et/ou contenant des Macrodéchets.

Malgré le respect des seuils fixés dans l'arrêté du 12/12/2014, l'aspect des terres (terres odorantes et/ou traces noirâtres) peut être un critère de refus d'acceptation en ISDI, critère subjectif sur lequel la décharge est seule à pouvoir se prononcer.

7.1.1. PROBLEMATIQUE DES DECHETS ENFOUIS

Sur la base des études de sols et de pollution réalisées dans le cadre du projet, la présence de Macrodéchets enfouis dans les sols a été mis en évidence sur certains secteurs du site d'étude ou est suspectée sur d'autres secteurs.

Précisons que des Macrodéchets ont été découverts enfouis dans les sols lors des travaux d'excavation de la Trémie Sud conduisant à un ajustement de la stratégie de travaux. Le rapport d'Etat des sols transmis par l'entreprise en charges des travaux (GAGNERAUD CONSTRUCTION) mentionne une concentration moyenne de déchets de 10 % dont la nature est listée ci-dessous (liste non-exhaustive) :

- Plastiques sous diverses formes ;
- Futs de liquides inconnues (suspicion d'hydrocarbures) ;
- Pneus de véhicules légers et lourds ;
- Câbles électriques ;
- Briques, divers matériaux de construction ;
- Ordures ménagères.

Ces déchets solides sont répartis de manière hétérogène dans les sols. Les photos ci-contre sont issues du rapport d'état des sols.

Pour rappel, les sondages réalisés sur la zone de la Trémie Sud n'ont pas permis d'appréhender la présence de ces enfouissements de déchets à l'exception du sondage carotté SC1 réalisé par FONDASOL en 2012.

Dans l'objectif d'identifier les futures zones de travaux concernées par cette problématique, ARTELIA a identifié les sondages sur lesquels des débris de déchets ont été décrits lors des sondages. Sur la base de ces observations lithologiques, la probabilité de découvrir des déchets enfouis a été évaluée soit « minime » en l'absence de description de déchets ou soit « forte » en présence de microdéchets identifiés.

Cette quotation est présentée sous la forme d'un plan de maillage de 20 m par 20 m où la présence de déchets sur un sondage est considérée comme représentative des sols de l'ensemble de la maille correspondante.

Ces cartographies sont présentées dans les figures ci-dessous.

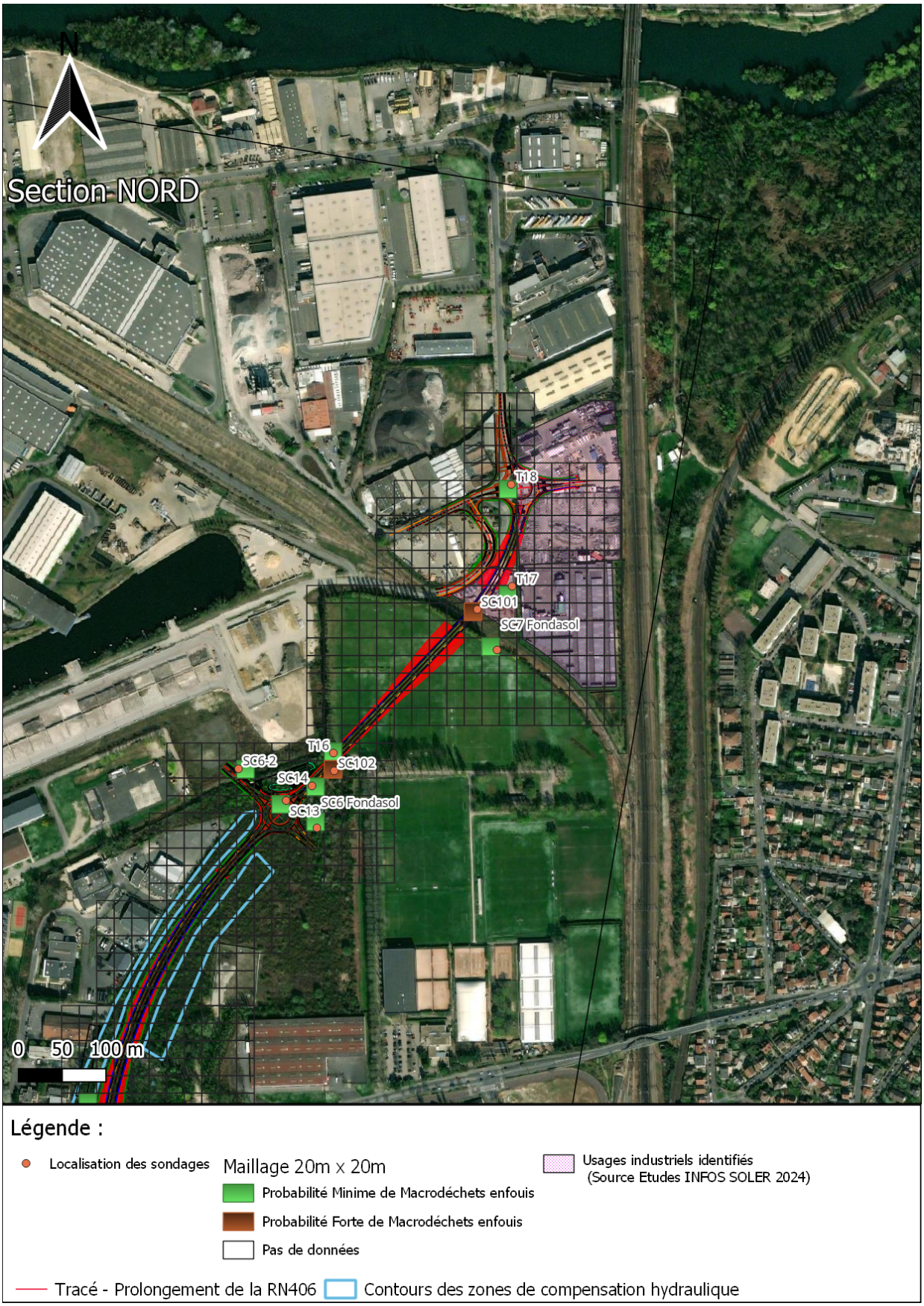


Figure 5 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Nord)

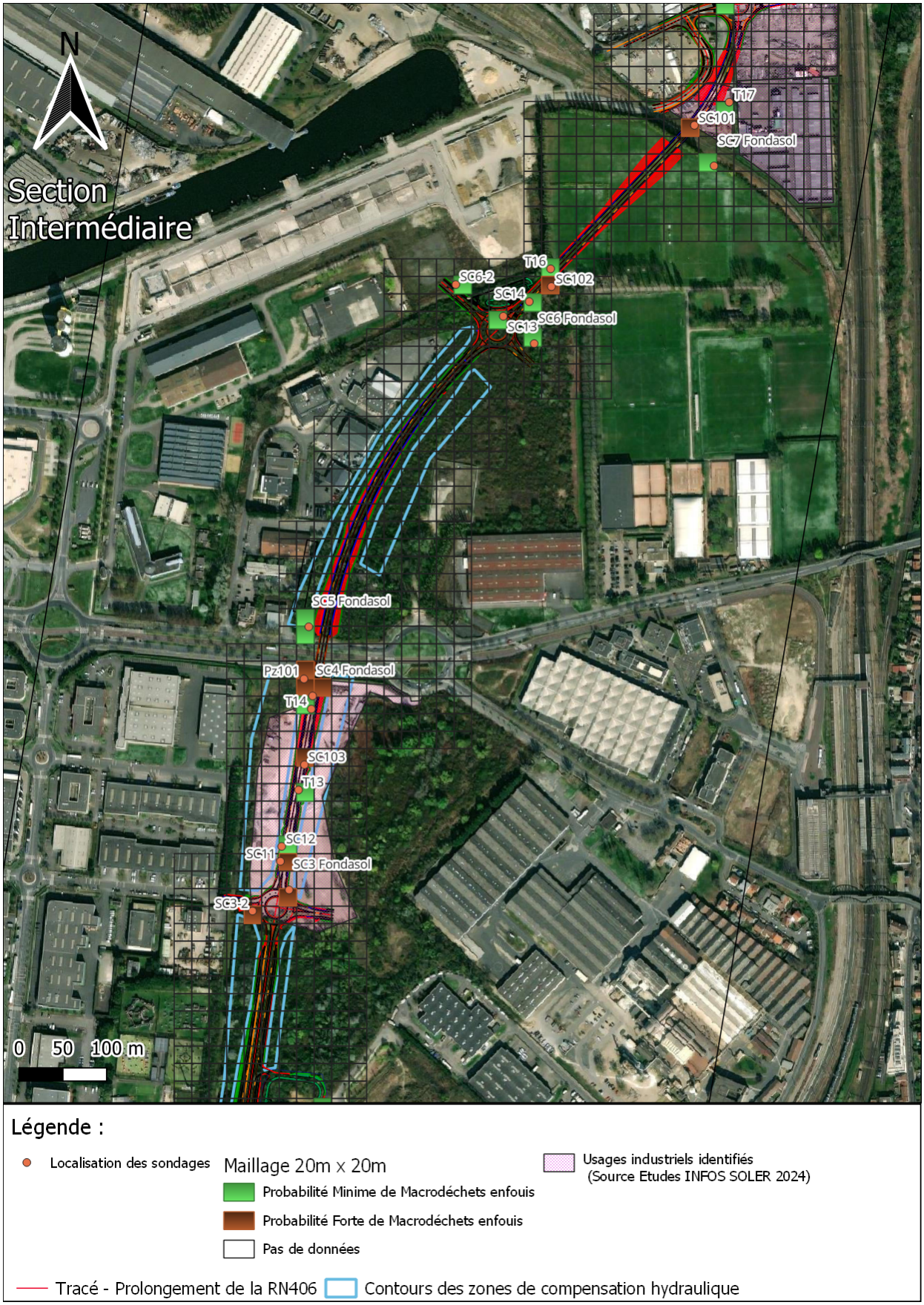


Figure 6 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Intermédiaire)

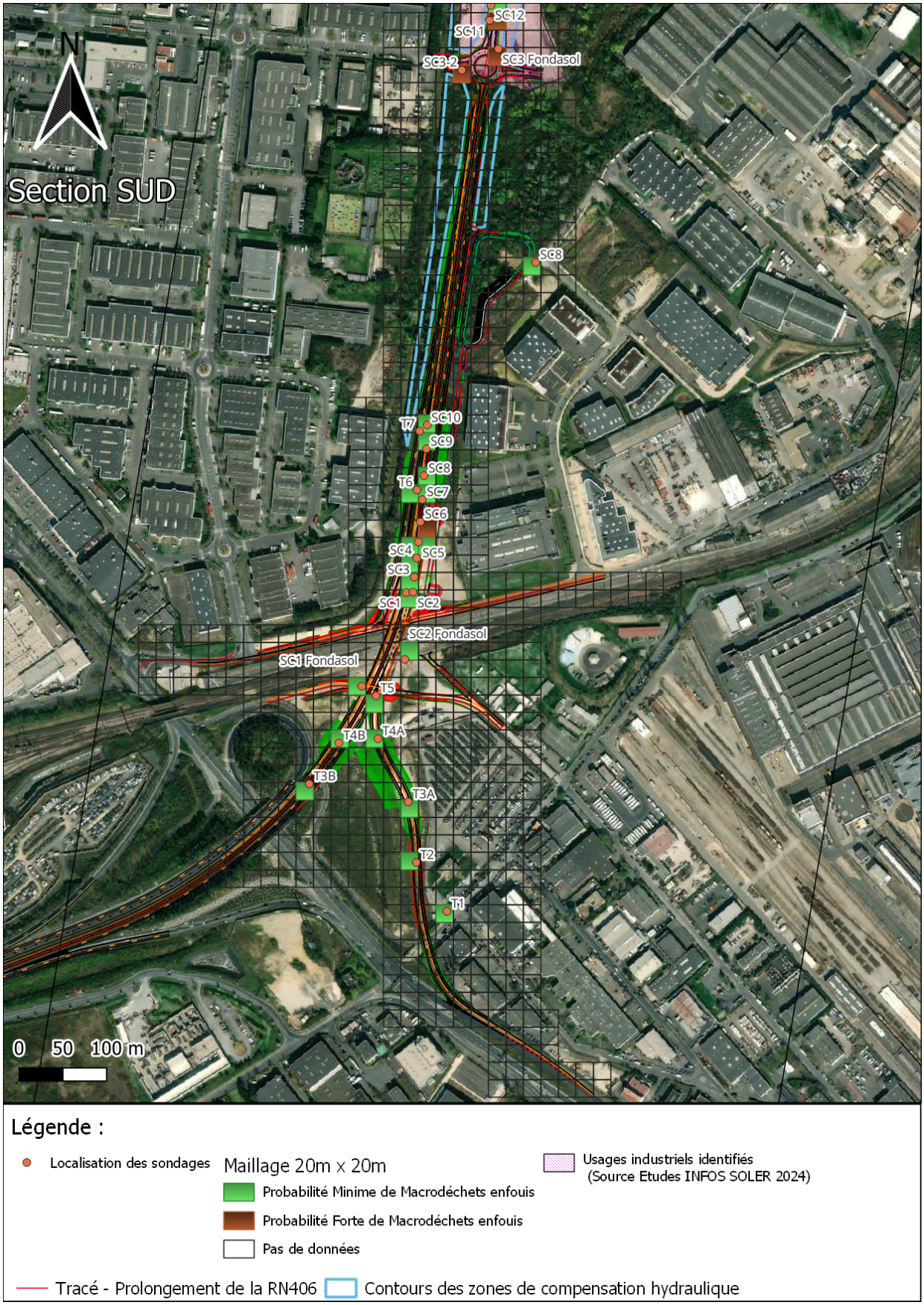


Figure 7 - Cartographie de l'aléa déchets enfouis (Section Sud)

Sur la base de ces observations, il est attendu que plusieurs zones du site d'étude présenteront une contrainte pour l'orientation des déblais en filière liée à la présence de déchets dans les sols en place.

Notons que les méthodologies de sondage destructives rendent incertaines l'identification de déchets dans les sols et que la réalisation de sondages ne permet pas d'appréhender la nature des sols de manière exhaustive. Compte-tenu de ces incertitudes, il n'est pas exclu que d'autres zones d'enfouissement de déchets ne soient pas encore connues.

7.1.2. Présentation de l'orientation des futurs déblais non inertes

Les investigations menées lors des études antérieures ont permis de déterminer la qualité chimique des terres en vue des terrassements prévus dans le cadre du projet. Au regard des résultats analytiques des analyses effectuées, les teneurs mesurées sont globalement inférieures aux seuils ISDI, à l'exception de certains paramètres dont les hydrocarbures, les HAP, l'antimoine, les sulfates, les fluorures et les fractions solubles.

En raison du dépassement des valeurs seuil pour ces paramètres sur certains échantillons, les terres devront faire l'objet d'une gestion particulière car un envoi en centre ISDI et un réemploi sur site ne sera pas envisageable.

Sur la base de l'ensemble des différents diagnostics de la qualité chimique des sols, ARTELIA a synthétisé les résultats analytiques obtenus par sondage et par profondeur (en m NGF).

Puis, en considérant également la présence de déchets et/ou d'indices de pollution (odeurs ou coloration) dans les sols, une orientation en filière agrée des déblais non inertes a été proposée selon les hypothèses suivantes:

- Une orientation en filière hors site compatible avec les seuils d'acceptation des filières considérées, dite Hypothèse Basse;
- Une orientation en filière hors site compatible tenant compte également des motifs de refus potentiels (Déchets et indices de pollution), dite Hypothèse Haute ;

Ces orientations des sols non conformes avec une évacuation en ISDI sont synthétisées dans les tableaux suivant.

Ce tableau présente uniquement la synthèse des sols dont la qualité chimique est connue. En l'absence d'analyses sur les sols au droit desquels des Macrodéchets ou des indices de pollution ont décrits, la qualité chimique de ces sols n'a pas été extrapolée.

Tableau 4 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - Section Nord

Réf sondage	Couche analysée		Épaisseur analysée	Cote concernée (m NGF)	Lithologie	Résultats analytiques		Filière compatible - Hypothèse Basse	Filière compatible - Hypothèse Haute
	Début (m NGF)	Fin (m NGF)				Sols bruts	Lixiviats		
T17	35,445	34,945	0,5 m	36-35 m	Limons sableux bruns	Conforme	FS/SO4* (6400-3200 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
SC13 (Soler)	34,38	33,38	1 m	35-34 m 34-33 m	Limon marron	Conforme	Fluorures (11 mg/kg)	ISDI aménagée	ISDI aménagée

*FS/SO4 : Fractions Solubles et Sulfates

Tableau 5 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - section Intermédiaire

Réf sondage	Couche analysée		Épaisseur analysée	Cote concernée (m NGF)	Lithologie	Résultats analytiques		Filière compatible - Hypothèse Basse	Filière compatible - Hypothèse Haute
	Début (m NGF)	Fin (m NGF)				Sols bruts	Lixiviats		
SC3-2	36,30	35,80	0,5 m	37-36 m 36-35 m	Argile marneuse sableuse beige et **déchets anthropiques**	Conforme	FS/SO4* (23000-13000 mg/kg)	Comblement de Carrière	ISDND
SC12 (ESIRIS)	37,76	37,26	0,5 m	38-37 m	Remblais argileux marneux vert/gris, **débris de brique et déchets plastiques**	Conforme	FS/SO4* (21000-13000 mg/kg)	Comblement de Carrière	ISDND
T13	36,402	35,902	0,5 m	37-36 m	Remblais graveleux **noirs**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
T14	36,777	36,277	0,5 m	37—36 m	Remblais argileux **noirs et briques**	Hydrocarbures (570 mg/kg)	FS/SO4* (16000-8000 mg/kg)	Biocentre	ISDND
PZ101	36,542	36,342	0,2 m	37-36 m	Limon bruns **noir, odeurs d'hydrocarbures** et quelques débris de brique	Hydrocarbures (9120 mg/kg)	Conforme	Biocentre	Biocentre
SC103	35,498	35,098	0,4 m	36-35 m	Remblais argileux bruns, **nombreux débris de brique**	HAP (200 mg/kg)	Conforme	Biocentre	ISDND
	34,698	34,398	0,3 m	35-34 m	Remblais argileux bruns, **débris de brique et scories industrielles**	Conforme	FS/SO4* (non transmis)	Comblement de Carrière	ISDND
SC11 (Soler)	37,19	36,19	1 m	37-36 m	Remblais Limoneux brun **noirâtre, mâchefers et débris de caoutchouc**	Conforme	FS/SO4* (11000-5600 mg/kg) Sb** (0,07mg/kg)	ISDI aménagée	ISDND
SC12 (Soler)	37,07	35,57	1,5 m	37-36 m 36-35 m	Remblais limoneux vert beige**,** quelques briques	Conforme	FS/SO4* (18000-9300 mg/kg) Sb** (0,08mg/kg)	ISDI aménagée	ISDI aménagée
	35,57	34,07	1,5 m	35-34 m	Remblais limoneux brun **noirâtre, déchets ponctuels(mâchefers, verre et brique)**	Conforme	FS/SO4* (19000-9400 mg/kg) Sb** (0,07mg/kg)	ISDI aménagée	ISDND

*FS/SO4 : Fractions Solubles et Sulfates

Tableau 6 - Tableau de répartition des sols non conformes aux critères ISDI - section Sud

Réf sondage	Couche analysée		Épaisseur analysée	Cote concernée (m NGF)	Lithologie	Résultats analytiques		Filière compatible -Hypothèse Basse	Filière compatible -Hypothèse Haute
	Début (m NGF)	Fin (m NGF)				Sols bruts	Lixiviats		
SC1 (Soler)	34,83	33,33	1,5 m	35-34 m 34-33 m	Remblais limoneux/ sableux bruns, graviers	Conforme	FS/SO4* (4400 – 1400 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
	33,33	31,33	2 m	33-32 m 32-31 m	Argile graveleuse brune	Conforme	FS/SO4* (4400 – 1300 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
SC2 (Soler)	36,44	34,94	1,5 m	37-36 m 36-35 m	Remblais limoneux/graveleux brun **noirâtre,** graviers **et briques**	Conforme	FS/SO4* (27000 – 14000 mg/kg)	Comblement de Carrière	ISDND
	34,94	33,44	1,5 m	35-34 m 34-33 m	Remblais limoneux/graveleux gris	Conforme	FS/SO4* (8800 – 3800 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
	33,44	31,94	1,5 m	33-32 m	Argile limoneuse vert brun	Conforme	FS/SO4* (7200 – 3100 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
SC3 (Soler)	36,37	34,87	1,5 m	37-36 m 36-35 m	Remblais limoneux/graveleux bruns**,** un peu de briques et un peu de verre	Conforme	FS/SO4* (16000 – 11000 mg/kg) Sb** (0,17 mg/kg)	ISDI aménagée	ISDI aménagée
	34,87	33,37	1,5 m	35-34 m 34-33 m	Remblais limoneux/argileux gris vert, **odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	Sb** (0,09 mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre
SC4 (Soler)	35,88	34,88	1 m	36-35 m	Remblais limoneux/graveleux brun vert	Conforme	FS/SO4* (8000 – 5200 mg/kg) Sb** (0,07 mg/kg)	ISDI aménagée	ISDI aménagée
SC5 (Soler)	37,89	36,39	1,5 m	38-37 m 37-36 m	Remblais limoneux/graveleux brun foncé, un peu de briques et de blocs	Conforme	Sb** (0,13 mg/kg)	ISDI aménagée	ISDI aménagée
	36,39	34,89	1,5 m	36-35 m	Remblais argileux/ graveleux **Noir foncé, odeur d'hydrocarbures**	Conforme	Sb** (0,08 mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre
SC6 (Soler)	38,47	37,47	1 m	39-38 m	Remblais sableux/limoneux brun, graviers et un peu de briques	Conforme	FS/SO4* (22000 – 14000 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
	37,47	35,97	1,5 m	38-37 m 37-36 m	Remblais limoneux/sableux brun foncé, **beaucoup de béton**	Conforme	FS/SO4* (12000 – 5800 mg/kg)	Comblement de Carrière	ISDND
	35,97	34,47	1,5 m	36-35 m	Remblais limoneux/graveleux **noir foncé, briques, mâchefers et caoutchouc**	Conforme	FS/SO4* (23000 – 15000 mg/kg) Sb** (0,1 mg/kg)	ISDI aménagée	ISDND
SC7 (Soler)	38,2	36,2	2 m	38-37 m 37-36 m	Remblais sableux gris **odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
	36,2	35,2	1 m	36-35 m	Remblais limoneux/sableux **noir**, blocs et graviers	Conforme	Sb** (0,1 mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre
SC9 (Soler)	35,74	33,74	2 m	36-35 m 35-34 m	Limon sableux gris brun, tourbe	Conforme	FS/SO4* (19000 – 13000 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
SC10 (Soler)	38,8	36,8	2 m	39-38 m 38-37 m	Remblais sableux/graveleux brun	Conforme	FS/SO4* (22000 – 14000 mg/kg)	Comblement de Carrière	Comblement de Carrière
	36,8	34,8	2 m	37-36 m 36-35 m	Remblais sableux/graveleux brun foncé, **odeur d'hydrocarbures**	Conforme	FS/SO4* (5200 – 3500 mg/kg) Fluorures (12 mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre

Réf sondage	Couche analysée		Épaisseur analysée	Cote concernée (m NGF)	Lithologie	Résultats analytiques		Filière compatible -Hypothèse Basse	Filière compatible -Hypothèse Haute
	Début (m NGF)	Fin (m NGF)				Sols bruts	Lixiviats		
T4A	40,587	40,087	0,5 m	41-40 m	Argile **noire** et caillasse **avec odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
	39,087	38,587	0,5 m	39-38 m	Argiles sableuse **noire avec odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	FS/SO4* (25000-15000 mg/kg) Sb** (0,28mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre
	36,587	36,087	0,5 m	37-36 m	Argile **Noire**	Conforme	FS/SO4* (20000-13000 mg/kg) Sb** (0,22mg/kg)	ISDI aménagée	Biocentre
T4B	45,918	45,418	0,5 m	46-45 m	Sable argileux beige avec caillasse	HAP (78,3 mg/kg)	Conforme	Biocentre	Biocentre
T5	40,192	39,692	0,5 m	40-39 m	Remblais argileux, **brique** et caillasse	Conforme	FS/SO4* (12000-6500 mg/kg)	Comblement de Carrière	ISDND
	35,692	35,192	0,5 m	36-35 m	Argiles sableuse **Noire avec odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
	33,692	33,192	0,5 m	34-33 m	Argiles sableuse **Noire avec odeurs d'hydrocarbures**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
T6	37,597	37,097	0,5 m	38-37 m	Remblais argileux gris	Hydrocarbures (3600 mg/kg)	FS/SO4* (16000-8000 mg/kg)	Biocentre	Biocentre
	34,597	34,097	0,5 m	35-34 m	Argile **noirâtre**	Conforme	Conforme	ISDI	Biocentre
T7	37,132	36,632	0,5 m	37-36 m	Sable graveleux et débris de **brique**	Hydrocarbures (700 mg/kg)	FS/SO4* (15000-7600 mg/kg)	Biocentre	ISDND

*FS/SO4 : Fractions Solubles et Sulfates **Sb : Antimoine

7.1.3. Synthèse de répartition des déblais analysés en filières

Les orientations en filière hors site de l'ensemble des terres analysées sont synthétisées par profondeur et par sondage dans le tableau ci-dessous selon un scénario Défavorable. Ce scénario repose sur les hypothèses suivantes :

- La présence d'indices organoleptiques tel que des odeurs d'hydrocarbures et/ou une coloration noire est un motif de refus en ISDI, y compris en l'absence de dépassement des seuils ISDI ;
- La présence d'indices organoleptiques tel que des odeurs d'hydrocarbures et/ou une coloration noire est un motif de refus en ISDI Aménagée, y compris en cas de respect des seuils spécifiques de la filière ;
- La présence de Macrodéchets est un motif de refus en filière de Comblement de Carrière, en ISDI Aménagée et en Biocentre ;
- Les analyses réalisées sur les échantillons de sol sont considérées comme étant représentatives de la qualité chimique des sols sur l'ensemble de la maille correspondante.

Cette synthèse repose uniquement sur la base des échantillons analysés, ainsi la présence de Macrodéchets et/ou d'indices de pollution décrite précédemment dans les sols non analysés n'est pas prise en compte.

Sur la base d'une extrapolation de ces orientations à l'ensemble des sols, la clé de répartition des sols par filière est la suivante :

Section Sud (Sondages T1 à SC8)

Sur la base de 60 échantillons analysés :

- 35% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI ;
- 20% des sols compatibles avec une évacuation en comblement de carrière ;
- 10% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI Aménagée ;
- 25% des sols compatibles avec une évacuation en Biocentre ;
- 10% des sols compatibles avec une évacuation en ISDND.

Section intermédiaire (Sondages SC3-2 à Pz101)

Sur la base de 15 échantillons analysés :

- 20% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI ;
- 13% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI Aménagée ;
- 13% des sols compatibles avec une évacuation en Biocentre ;
- 54% des sols compatibles avec une évacuation en ISDND.

Section Nord (Sondages SC6-2 à T18)

Sur la base de 12 échantillons analysés :

- 75% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI ;
- 9% des sols compatibles avec une évacuation en comblement de carrière ;
- 16% des sols compatibles avec une évacuation en ISDI Aménagée.

On observe selon les secteurs du site d'étude une hétérogénéité plus ou moins forte dans la qualité des sols analysés.

Le secteur Nord présente un taux de 75% des sols analysés compatibles avec une évacuation en ISDI, tandis que ce taux est de 20% dans le secteur intermédiaire. On constate que le secteur intermédiaire est celui où la gestion de Macrodéchets sera la plus importante, ce qui justifie le recours à l'évacuation de 54% des sols analysés vers une ISDND.

Dans l'hypothèse où les déblais seraient triés lors des excavations, le taux de déblais évacués en ISDND car contenant une quantité de déchets trop importantes pourrait être optimisé. Il en va de même si les terres contenant des déchets étaient criblées avant évacuation hors site.

Pour rappel, cette clé de répartition est basée sur un scénario défavorable quant à la présence dans les sols de Macrodéchets, d'odeurs d'hydrocarbures et de coloration noires. Ainsi il est recommandé de mettre en place une stratégie permettant d'optimiser les volumes concernés par ces problématiques tel qu'un tri visuel des matériaux et un criblage des déblais.

Les cartographies de l'orientation en filière hors site envisageable pour les terres analysées sont disponibles en Annexe pour chaque profondeur et pour chaque section du site d'étude.

Tableau 7 -Orientation des terres en filière hors-site - scénario défavorable

Société	Sondages	Filières avec profondeur (m NGF)																					
		48-47m NGF	47-46m NGF	46-45m NGF	44-43m NGF	43-42m NGF	42-41m NGF	41-40m NGF	40-39m NGF	39-38m NGF	38-37m NGF	37-36m NGF	36-35m NGF	35-34m NGF	34-33m NGF	33-32m NGF	32-31m NGF	31-30m NGF	30-29m NGF	29-28m NGF	28-27m NGF	26-25m NGF	25-24m NGF
ESIRIS DIAG 2020	T1										ISDI												
ESIRIS DIAG 2020	T2																						
ESIRIS DIAG 2020	T3A								ISDI														
ESIRIS DIAG 2020	T3B	ISDI									ISDI												
ESIRIS DIAG 2020	T4A							BIO*		BIO*		BIO*											
ESIRIS DIAG 2020	T4B			BIO			ISDI		ISDI														
ESIRIS DIAG 2020	T5								ISDND*				BIO*		BIO*								
SOLER DIAG 2025	SC1											ISDI	ISDI	Carrière	Carrière	Carrière	Carrière						
SOLER DIAG 2025	SC2											ISDND*	ISDND*	Carrière	Carrière	Carrière							
SOLER DIAG 2025	SC3											ISDI Aménagée	ISDI Aménagée	BIO*	BIO*	ISDI	ISDI						
SOLER DIAG 2025	SC4										ISDI	ISDI	ISDI Aménagée										
SOLER DIAG 2025	SC5										ISDI Aménagée		BIO*										
SOLER DIAG 2025	SC6									Carrière	ISDND*	ISDND*	BIO*										
SOLER DIAG 2025	SC7									ISDI	BIO*	BIO*	BIO*										
ESIRIS DIAG 2020	T6										BIO			BIO*									
SOLER DIAG 2025	SC8									ISDI	ISDI	ISDI											
SOLER DIAG 2025	SC9									ISDI	ISDI	ISDI	Carrière	Carrière									
ESIRIS DIAG 2020	T7											ISDND*											
SOLER DIAG 2025	SC10									Carrière	Carrière	ISDI Aménagée	ISDI Aménagée										
ESIRIS DIAG 2020	SC8												ISDI	ISDI									
ESIRIS DIAG 2020	SC3-2											ISDND*	ISDND*							ISDI	ISDI		
ESIRIS DIAG 2020	SC12										ISDND*												
SOLER DIAG 2025	SC11											ISDND*											
SOLER DIAG 2025	SC12											ISDI Aménagée	ISDI Aménagée	ISDND*									
ESIRIS DIAG 2020	T13											BIO*											
SEMOFI/CEREMA DIAG 2017	SC103												ISDND*	ISDND*									
ESIRIS DIAG 2020	T14											ISDND*											
SEMOFI/CEREMA DIAG 2017	Pz101											BIO		ISDI									
ESIRIS DIAG 2020	SC6-2														ISDI	ISDI						ISDI	ISDI
SOLER DIAG 2025	SC13													ISDI Aménagée	ISDI Aménagée								
SOLER DIAG 2025	SC14													ISDI	ISDI								
SEMOFI/CEREMA DIAG 2017	SC102															ISDI							
ESIRIS DIAG 2020	T16														ISDI								
ESIRIS DIAG 2020	T17												Carrière										
ESIRIS DIAG 2020	T18													ISDI									

*Scénario défavorable lié à la présence de déchets ou d'indices de pollution
Carrière : Comblement de Carrière pour les terres sulfatées
BIO : BIOCENTRE pour les terres noires ou en présence de concentrations en HCT/HAP

7.2. REEMPLOI DES DEBLAIS SUR SITE

La stratégie de valorisation des déblais sur site porte sur un réemploi en remblais de pré-chargement, notamment au droit des zones de compensation hydraulique.

Cette voie de valorisation porte sur une réutilisation en zones non revêtues qui n'ont pas un usage routier. Ce réemploi ne doit pas être à l'origine d'un enjeu sanitaire ou environnemental.

Ainsi, ARTELIA préconise le réemploi de déblais inertes dont les concentrations sont inférieures aux valeurs du bruit de fond géochimique et ne contenant pas de Macrodéchets ou d'indices de pollution.

7.2.1. PRESENTATION DES VALEURS DE REFERENCE RETENUES

Les terres excavées au droit du site n'entrent pas dans le statut de déchet dans le cas où celles-ci ne sont pas évacuées du site d'étude.

Par ailleurs, les différents guides de valorisation des terres excavées concernent essentiellement les voies de valorisation hors site de ces terres. Ceux-ci ne s'appliquent pas dans le cas d'un réemploi de déblais sur un même site.

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites pollués, la possibilité de réaliser ce réemploi doit être justifiée en démontrant qu'elle aura des impacts maitrisés sur l'eau, la santé et les sols.

Dans le but de définir des seuils au-dessous desquels l'impact sanitaire et environnemental des déblais réemployés sans recouvrement est maitrisé (terres valorisables), ARTELIA propose de comparer les résultats d'analyses aux valeurs :

- En métaux couramment observées dans les sols ordinaires définis par le programme ASPITET de l'INRA ;
- En PCB, HAP, HCT, BTEX et COHV de niveau 1 du Guide de valorisation hors site des terres excavées du BRGM ;
- Des paramètres sur éluats de l'arrêté ministériel du 12/12/2014 pour l'acceptation en ISDI.

Par ailleurs, les terres réemployées ne devront pas présenter de coloration ou d'odeurs suspectes et ne contiendront de Macrodéchets.

Les déblais respectant ces conditions sont jugés compatibles avec le réemploi prévu en remblais de pré-chargement sans recouvrement. Cependant, il est à noter que les déblais présentant uniquement des dépassements des valeurs de comparaison en métaux sur brut ne représenteraient pas un enjeu s'ils étaient recouverts.

Par conséquent, un réemploi sur site avec recouvrement à minima de 30 cm de terres saines est possible pour les déblais :

- Dont les valeurs en PCB, HAP, HCT, BTEX et COHV sont inférieures aux seuils de niveau 1 du Guide de valorisation hors site des terres excavées du BRGM ;
- Dont les valeurs des paramètres sur éluats sont inférieures aux seuils ISDI ;
- Ne contenant pas de Macrodéchets ou d'indices de pollution (Coloration ou odeurs suspectes).

Les valeurs seuils proposées par ARTELIA sont présentées dans le tableau –ci-dessous :

Tableau 8 - Valeurs de comparaison retenue dans le cadre du réemploi de déblais sur site

Référentiel utilisé	Famille	Substance	Valeurs seuils retenues (en mg/kg)
Gamme de valeur couramment observées dans les sols ordinaires (Programme ASPITET)	**Eléments traces métalliques sur brut**	As	1 à 25
		Cd	0,05 à 0,45
		Cr	10 à 90
		Cu	2 à 20
		Hg	0,02 à 0,1
		Ni	2 à 60
		Pb	9 à 50
		Se	0,1 à 0,7
		Zn	10 à 100
Valeurs seuils de niveau 1 du Guide de valorisation hors site des terres excavées du BRGM	**HCT C10-C40**	HCT C10-C40	50
	BTEX	Benzène	0,05
		Somme des TEX	1,5
	COHV	Tétrachloroéthylène	0,2
		Trichloroéthylène	0,1
		Cis-Dichloroéthylène	0,1
		Chlorure de Vinyle	0,1
	HAP	Naphtalène	0,1
		Somme 16 HAP	10
	PCB	Somme 7 PCB	0,1
Seuils ISDI de l'arrêté ministériel du 12/12/2014	**Métaux sur éluats**	Sb	0,06
		As	0,5
		Ba	20
		Cd	0,04
		Cr	0,5
		Cu	2
		Hg	0,01
		Pb	0,5
		Mo	0,5
		Ni	0,4
		Se	0,1
		Zn	4

7.2.2. COMPATIBILITE CHIMIQUE DES DEBLAIS AVEC LE REMPLOI SUR SITE

Dans le but d'identifier des terres valorisables en remblais de pré-chargement au droit des zones de compensation hydraulique ou sur d'autres zones, l'ensemble des échantillons de sols respectant les seuils ISDI et ne contenant pas d'indices de pollution ou de déchets ont été comparés aux valeurs seuils retenues pour le réemploi.

Le tableau ci-dessous synthétise les échantillons remplissant ces conditions et leur potentiel de réemploi.

Nom Sondage	Epaisseur analysée (m)	Cote profondeur concernée (m NGF)	Compatibilité avec le réemploi	Composé(s) discriminant(s)
T1	0,5	38 - 37	Compatible si recouvrement	Métaux sur brut
T3A	0,5	40 - 39	Compatible si recouvrement	Métaux sur brut
T4B	0,5	48 - 47	Compatible	-
T4B	0,5	42 – 41	Compatible	-
T4B	0,5	40 – 39	Non compatible	Somme HAP
SC1 Soler	1,5	37 – 36 36 – 35	Compatible	-
SC3 Soler	2	33 – 32 32 - 31	Compatible si recouvrement	Métaux sur brut
SC8 Esiris	0,5	36 – 35 35 - 34	Non compatible	Naphtalène
SC3-2	0,5	29 – 28	Compatible	-
SC6-2	0,5	34 – 33	Compatible	-
SC6-2	0,5	26 – 25 25 - 24	Compatible	-
T16	0,5	35 – 34	Compatible si recouvrement	Métaux sur brut
T18	0,5	35 – 34	Compatible si recouvrement	Métaux sur brut
SC4 Soler	2	38 – 37 37 - 36	Non compatible	Somme HAP
SC7 Soler	1	39 - 38	Non compatible	HCT C10-C40 / Métaux sur Brut
SC8 Soler	1	39 – 38	Compatible si recouvrement	Métaux sur Brut
SC8 Soler	2	38 – 37 37 - 36	Non compatible	HCT C10-C40
SC9 Soler	1	39 – 38	Compatible si recouvrement	Métaux sur Brut
SC9 Soler	2	38 – 37 37 - 36	Non compatible	HCT C10-C40
SC14 Soler	1	35 – 34 34 - 33	Compatible si recouvrement	Métaux sur Brut
SC102	0,3	33 - 32	Compatible si recouvrement	Métaux sur Brut

Sur les 21 échantillons étudiés, un total de 6 échantillons sont jugés compatibles sans recouvrement pour un réemploi sur le site d'étude sans recouvrement avec un impact sur la santé et l'environnement maitrisé.

Néanmoins, un total de 9 échantillons supplémentaires pourra faire l'objet de valorisation avec un recouvrement de terres saines du fait de teneurs respectant les valeurs de comparaison à l'exception des métaux sur brut.

La majorité des échantillons restants présentent des résultats analytiques supérieures aux valeurs couramment observées dans les sols ordinaires en métaux et/ou supérieures aux valeurs en Hydrocarbures ou HAP du guide de valorisation des terres excavées.

8. SCHÉMA CONCEPTUEL - FINAL

Conformément à la méthodologie en vigueur, le schéma conceptuel du site doit permettre de préciser les relations entre :

- les sources de danger ;
- les voies de transfert ;
- les récepteurs potentiels.

Le schéma conceptuel permet également d'évaluer l'existence d'un enjeu sanitaire et/ou environnemental résultant du triptyque « source de danger / voies de transfert / les récepteurs potentiels ».

ARTELIA précise que les zones boisées n'ont pas été investiguées. Le schéma conceptuel suivant ne peut ainsi pas conclure sur la présence/absence d'enjeu sanitaire et/ou environnemental.

Ce schéma conceptuel fait état de l'usage futur du site après la réalisation du projet, c'est-à-dire de la circulation routière avec des arrêts éventuels sur les bas-côtés et des opérations de maintenance occasionnelles.

Tableau 9 - schéma conceptuel de l'usage futur

SOURCE	MILIEU DE TRANSFERT	VOIES D'EXPOSITION	EXISTENCE D'UN ENJEU SANITAIRE	EXISTENCE D'UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL
Métaux (sols et eaux souterraines en section sud)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Non** (recouvrement des sols et Excavation des sols concernés)	**Non** (recouvrement des sols et Excavation des sols concernés)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Absence d'usage de la nappe des alluvions)	**Non** (La réalisation des excavations est susceptible de supprimer les sources éventuelles)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance peu volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Non** (substance peu volatiles)
Benzène et Chlorure de Vinyle (eaux souterraines et eaux superficielles)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Non** (Pas d'impact dans les sols identifiés)	**Oui** (présence de teneurs dans le Ru du Marais)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Absence d'usage de la nappe des alluvions et du Ru des Marais)	**Oui** (présence de teneurs dans la nappe des Alluvions et le Ru des Marais)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Oui, faible** (substances volatiles)
Hydrocarbures Totaux et HAP (sols et eaux souterraines)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	**Non** (Evacuation des sols concernés dans le cadre du projet)	**Oui** (pas de pollution en surface mais risque de remontée de nappe)
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)	**Non** (Substance soluble mais pas d'usage sensible identifié dans de la nappe des Alluvions et le Ru des Marais)	**Oui** (substances solubles mais pas d'usage sensible identifié des eaux souterraines ou superficielles directement à l'aval du site, pas d'infiltration des eaux de pluie)
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles	**Non** (substance peu volatiles, effet de dilution en milieu extérieur)	**Non** (substances peu volatiles)
Zones boisées non-investiguées (section Sud et Intermédiaire)	Sol	Contact cutané, ingestion et inhalation de poussières de sols	Absence de données : **Enjeu sanitaire potentiel**	Absence de données : **Enjeu environnemental potentiel**
	Eaux souterraines et superficielles	Usage des eaux souterraines (AEP, AEI, agricole, puits privé, baignade, pêche,...)		
	Air du sol et air ambiant	Inhalation de substances volatiles		

9. RECOMMANDATION SUR LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES TRAVAUX

Le projet d'aménagement présenté en partie 3 nécessite de recourir à des opérations de déblais/ remblais sur le site d'étude dans le cadre de la réalisation de la mise en place des sous-couches routières, des bassins d'eaux pluviales, des ouvrages d'art et des zones de compensations hydrauliques.

Au regard des contaminations dans les sols et les eaux souterraines mises en évidence lors des diagnostics environnementaux réalisés sur le site, une gestion particulière est attendue lors des travaux afin de prendre en compte ces enjeux.

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, la mise en œuvre d'un suivi apparait nécessaire pour contrôler au fur et à mesure de leur avancement que les mesures de gestion préconisées sont réalisées conformément aux dispositions prévues. Ce suivi doit être réalisé par un prestataire indépendant spécialisé dans les sites pollués.

9.1. TRACABILITE DES MOUVEMENTS DE TERRE

Pour rappel, suite au bilan coûts/avantages, ARTELIA a proposé comme meilleure solution de gestion des déblais une évacuation des déblais hors site et un réemploi des déblais inertes respectant des valeurs seuils définies notamment dans des guides spécifiques.

Tous les déblais issus du site (y compris les déblais présents en stock) devront faire l'objet d'une traçabilité afin de conserver leur origine et leur nature. Dans le cadre de leur évacuation hors site, ils seront orientés vers les filières de traitement agrées présentées en partie 7.1.2. .

Dans le cadre de l'évacuation de déblais hors –site, une traçabilité sera réalisée par l'intermédiaire du téléservice Trackdéchet sur lesquels seront générés des Bons de suivi de déchets. Le registre national des terres excavées et des sédiments sera renseigné via Trackdéchet également.

Dans le cas de la réutilisation sur site des déblais, la traçabilité des déblais réutilisés doit être réalisée.

9.2. TRI DES DEBLAIS EN PHASE EXCAVATION

Il conviendra d'étudier les solutions d'optimisation des volumes évacuées hors site et/ou réutilisés en phase travaux. A titre d'exemple, les solutions possibles sont les suivantes :

- Réaliser un tri et un criblage des matériaux au moment des travaux d'excavation ;
- Réaliser des sondages de sols et des analyses complémentaires.

Le tri des déblais doit permettre d'identifier visuellement la présence ou l'absence de déchets ou d'indices organoleptiques afin d'optimiser le volume des déblais concernés par ces motifs de refus potentiels en filières.

Dans la même perspective, la mise en place d'un criblage des terres contenant une proportion importante de Macrodéchets représente une voie d'optimisation pertinente pour les déblais orientés vers une ISDND.

9.3. ASSECHEMENT DE LA FOUILLE EN PHASE TRAVAUX ET GESTION DES REJETS D'EAUX DE POMPAGE

Les eaux souterraines ont été mises en évidence à faible profondeur au droit du site, ainsi il sera nécessaire de réaliser un rabattement de la nappe dans le cadre des travaux.

Il conviendra de vérifier la qualité des eaux d'exhaure avant leur rejet au réseau de la DSEA afin de contrôler le respect des critères d'acceptation du concessionnaire.

D'après les éléments issus des travaux de la Trémie Sud, la présence d'hydrocarbures et de métaux lourds est attendue dans les eaux d'exhaure.

9.4. MODALITE DE CONTROLE DE LA QUALITE DES DEBLAIS

9.4.1. CONTROLE SUR STOCK DE DEBLAIS

9.4.1.1. Contrôle pour évacuation hors site

Dans l'hypothèse où les déblais ne seraient pas évacués directement suite aux excavations, ils seront stockés sur site de manière appropriée pour maitriser les risques de transfert des contaminations vers l'environnement.

Dans une perspective d'optimisation des volumes, ces déblais pourront faire l'objet d'une re caractérisation sur stock afin d'évaluer la possibilité d'une évacuation vers une filière hors site plus favorable.

Cette re caractérisation sera réalisée au moyen d'un échantillonnage composite des déblais d'un volume de 500 m^3 maximum conformément à la norme NF X 31-620 et d'une analyse ISDI en laboratoire accrédité COFFRAC.

9.4.1.2. Contrôle pour réemploi sur site

Dans la perspective de vérifier le potentiel de réemploi de déblais sur le site, les déblais pourront faire l'objet d'une re caractérisation sur stock selon les mêmes modalités que pour les évacuations hors site avec réalisation d'une analyse ISDI + 8 métaux sur brut + COHV.

9.4.2. CONTROLES DE RECEPTION

La réalisation d'analyses de réception au cours des travaux est recommandée dans le but de contrôler la qualité des sols en fond de fouille et en bords de fouille, notamment au droit des zones de compensation hydraulique.

Ces contrôles seront accompagnés d'un rapport de fin de travaux synthétisant l'ensemble des contrôles réalisés et permettant de conclure sur la qualité des milieux à l'issue des travaux.

10. CONDITIONS DE VALIDITÉ ET ÉVALUATION DES INCERTITUDES

10.1. CONDITIONS DE VALIDITÉ DES RÉSULTATS

Les conclusions et recommandations proposées dans le présent rapport sont fondées sur :

- Les données écrites et orales fournies au consultant par le client
- Les informations orales obtenues par le consultant lors des réunions et interviews sur le site. Ces informations sont considérées comme complètes et exactes
- Les observations faites sur le site par le consultant
- Les bases de données publiques et institutionnelles accessibles

L'approche utilisée est conforme à la pratique professionnelle en vigueur en France.

Les observations, mesures et analyses en laboratoire réalisées dans le cadre de cette étude sont situées en des points spécifiques. On ne peut pas exclure des conditions sensiblement différentes en d'autres points.

La liste des données écrites obtenues et des bases de données consultées, les visites de sites et conversation orales ayant contribué à l'information sont synthétisées dans le présent document.

Ce rapport ne tient évidemment pas compte des données non-fournies ou fournies postérieurement à sa date d'émission.

10.2. ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Il existe une incertitude concernant le repositionnement exact des anciennes installations recensées sur le site et des précédentes investigations réalisées, ces dernières ayant été repositionnées depuis un plan non géoréférencé sur le plan du projet d'aménagement. Des repères communs (tels que les limites cadastrales ou des bâtiments existants) ont été utilisés pour repositionner ces informations. L'incertitude sur le positionnement des installations et sondages est estimé de l'ordre du mètre et n'est pas considérée comme susceptible de remettre en cause les conclusions de la présente étude.

Chaque sondage a jugé être représentatif de la maille à l'intérieur de laquelle il se situe. Toutefois, les sondages ponctuels ne peuvent être exhaustifs. Aussi, la présence d'une pollution non reconnue à ce jour ne peut être exclue.

Les installations de stockage pour matériaux inertes (ISDI et ISDI+) se réservent le droit de refuser des terres si ces dernières présentent des indices organoleptiques de pollution (odeur, couleur) ou un aspect jugé suspect et ce, même si les résultats d'analyses sont inférieurs aux seuils d'acceptation existants. Par exemple, la présence de mâchefers ou de déchets ou débris de démolition en proportion significative engendre généralement un refus auprès de ces centres, et ce, même si les composés métalliques présents ne sont pas lixiviables.

Les filières définies par maille ont été choisies sur la base de l'ensemble des analyses réalisées.

11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre de la réalisation d'une prolongation de 2km de la RN406 existante jusqu'au Port de Bonneuil, au droit de la route de Moulin Bateau, la DIRIF souhaite sécuriser la connaissance des sites et sols pollués au droit du tracé par une assistance en phase PRO sur la gestion des terres polluées.

Le tracé retenu s'inscrit dans le prolongement direct de la RN 406 au niveau de l'échangeur avec la RN 19 puis passe sous les voies SNCF de la grande Ceinture de Paris et deux routes communales. Pour les besoins des études, trois secteurs ont été définis sur le site d'étude : Secteur Nord, Secteur intermédiaire et Secteur Sud.

Synthèse des études antérieures

Le site d'étude a fait l'objet de plusieurs diagnostics environnementaux dont :

- Diagnostic environnemental de 2017 réalisé par le CEREMA ;
- Diagnostic initial de 2020 réalisé par ESIRIS ;
- Diagnostic complémentaire de 2025 réalisé par SOLER

Lors de ces différents diagnostics, il a été identifié une problématique d'enfouissement sauvage de Macrodéchets et il a été mis en évidence les éléments suivants :

- Sur les sols :
    - La présence des dépassements des paramètres ISDI sur brut (hydrocarbures ou HAP) et sur éluat (Antimoine, fluorures, Fractions solubles et sulfates) ;
    - Des teneurs diffuses en métaux sur brut supérieures au fond géochimique local, majoritairement au sein des sols superficiels ;
    - La quantification ponctuelle de concentrations en BTEX et COHV du même ordre de grandeur ou d'un ordre de grandeur supérieur aux limite de quantification ;
    - La présence ponctuelle de concentrations en PCB au sein des terrains superficiels ;
    - La présence d'odeurs d'hydrocarbures et la coloration noire dans certains sols ;
- Sur les eaux souterraines :
    - La présence ponctuelle de teneurs en Benzène, en Chlorure de vinyle et Arsenic dépassant la valeur de comparaison ;
- Sur les eaux superficielles
    - La présence de teneurs en benzène et Chlorure de vinyle dépassant la valeur de comparaison dans le Ru des Marais limitrophe.

Bilan Coûts-Avantages

Au regard des aménagements projetés, il est attendu des opérations de déblais-remblais au droit du site nécessitant une gestion particulière des futurs déblais.

Les investigations menées lors des études antérieures ont permis de déterminer la qualité chimique des terres en vue des terrassements prévus dans le cadre du projet. Les teneurs mesurées lors de ces diagnostics sont globalement inférieures aux seuils ISDI, à l'exception de certains paramètres dont les hydrocarbures, les HAP, l'antimoine, les sulfates, les fluorures et les fractions solubles.

En raison du dépassement des valeurs seuil pour ces paramètres sur certains échantillons, les terres devront faire l'objet d'une gestion particulière car un envoi en centre ISDI et un réemploi sur site ne sera pas envisageable.

De plus la présence de Macrodéchets enfouis dans les sols est jugée probable sur l'ensemble des secteurs du site d'étude. L'enfouissement de Macrodéchets de nature hétérogène a été vérifiée lors des travaux d'excavation de la Trémie Sud (Secteur Sud) réalisé à 90%.

La présence de mâchefers, de Macrodéchets ou de débris de démolition en proportion significative engendre généralement un refus auprès des filières autre que les filières de déchets Non-dangereux, et ce, même si les sols concernés sont compatibles avec les seuils spécifiques de la filière.

Conformément à la méthodologie, il a été étudié dans le cadre du plan de gestion deux scénarii de gestion de ces déblais comprenant une évacuation hors site des déblais avec encapsulation de déblais non inertes et l'évacuation de déblais hors sites avec le réemploi de déblais inertes sur site.

Au regard des différents critères étudiés, une seule solution est envisagée. Il s'agit de l'évacuation des déblais non inertes hors site et du réemploi de déblais inertes sur site en remblais de pré-chargement.

Excavation des sols et Gestion des déblais hors site

Selon les données environnementales du site d'étude, les sols analysés pourraient être orientés en cas d'évacuation hors site vers les filières suivantes :

- **ISDI** : Pour les terres répondant aux seuils définis par l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **Comblement de Carrière** (filière régionale): Pour les terres présentant uniquement un dépassement cumulatif des seuils du sulfate et des fractions solubles de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **ISDI Aménagée** : Pour les terres présentant des dépassements inférieurs à un facteur 3 des seuils des paramètres sur éluat de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **BIOCENTRE**: Pour les terres présentant des dépassements des seuils pour les paramètres hydrocarburés de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- **ISDND (déchets non dangereux)** : Pour les terres présentant des dépassements des seuils définis par l'arrêté du 12/12/2014 et/ou contenant des Macrodéchets.

ARTELIA a produit une synthèse de de l'orientation envisageable en filière agrées des sols analysés, selon un scénario défavorable relatif à la présence de Macrodéchets ou d'indices de pollution (odeurs ou colorations suspectes).

Selon cette répartition, la présence de Macrodéchets semble impacter plus ou moins défavorablement certains secteurs du site. Un taux approximatif de 54% des sols analysés seraient à évacuer en ISDND dans le secteur intermédiaire compte-tenu de la présence de ces Macrodéchets.

Réemploi de déblais sur le site

La réutilisation de terres excavées au sein de leur site d'origine ou de la même zone d'aménagement, n'entre pas dans le cadre du code des déchets ou des différents guides relatifs à la valorisation des terres excavées. En l'absence de guide de valorisation adapté, la possibilité de valoriser des terres doit être justifiée en démontrant qu'elle aura des impacts maitrisés sur l'eau, la santé et les sols

ARTELIA a ainsi proposé des critères de réemploi pour un usage en remblais sur site sans recouvrement basé sur :

- L'absence de Macrodéchets et d'indices de pollution ;
- Le respect des valeurs du programme ASPITET de l'INRA pour les métaux sur brut ;
- Le respect des valeurs guide pour la valorisation de terres excavées hors site ;
- Le respect des valeurs seuils d'acceptation en ISDI pour les paramètres sur éluats.

Concernant les déblais qui respecteraient ces critères à l'exception des valeurs en métaux sur brut, il est considéré envisageable de les réemployer en remblais recouvert de 30 cm de terres saines.

Recommandations

Dans le cadre de la gestion des déblais au cours des travaux, ARTELIA recommande :

- Le suivi des travaux par un prestataire indépendant spécialisé dans les sites pollués
- La réalisation d'une traçabilité exemplaire des terres gérées lors les travaux d'aménagement ;
- Le tri des déblais au fil des excavations dans la perspective d'une optimisation des volumes de déblais non inertes à gérer ;
- Le criblage des déblais contenant des Macrodéchets dans le but d'optimiser les volumes de déblais évacués en ISDND ;
- Le contrôle de la qualité des eaux d'exhaure rejetées et leur gestion appropriée sur site ;
- Une recaractérisation chimique des déblais en phase travaux dans une perspective d'optimisation des volumes évacués ;
- La réalisation de contrôle de réception des travaux dans le but de déterminer l'état résiduel des sols.

ANNEXES

ANNEXE 1

PLANS DE MAILLAGE DE L'ORIENTATION HORS SITE DES DEBLAIS