

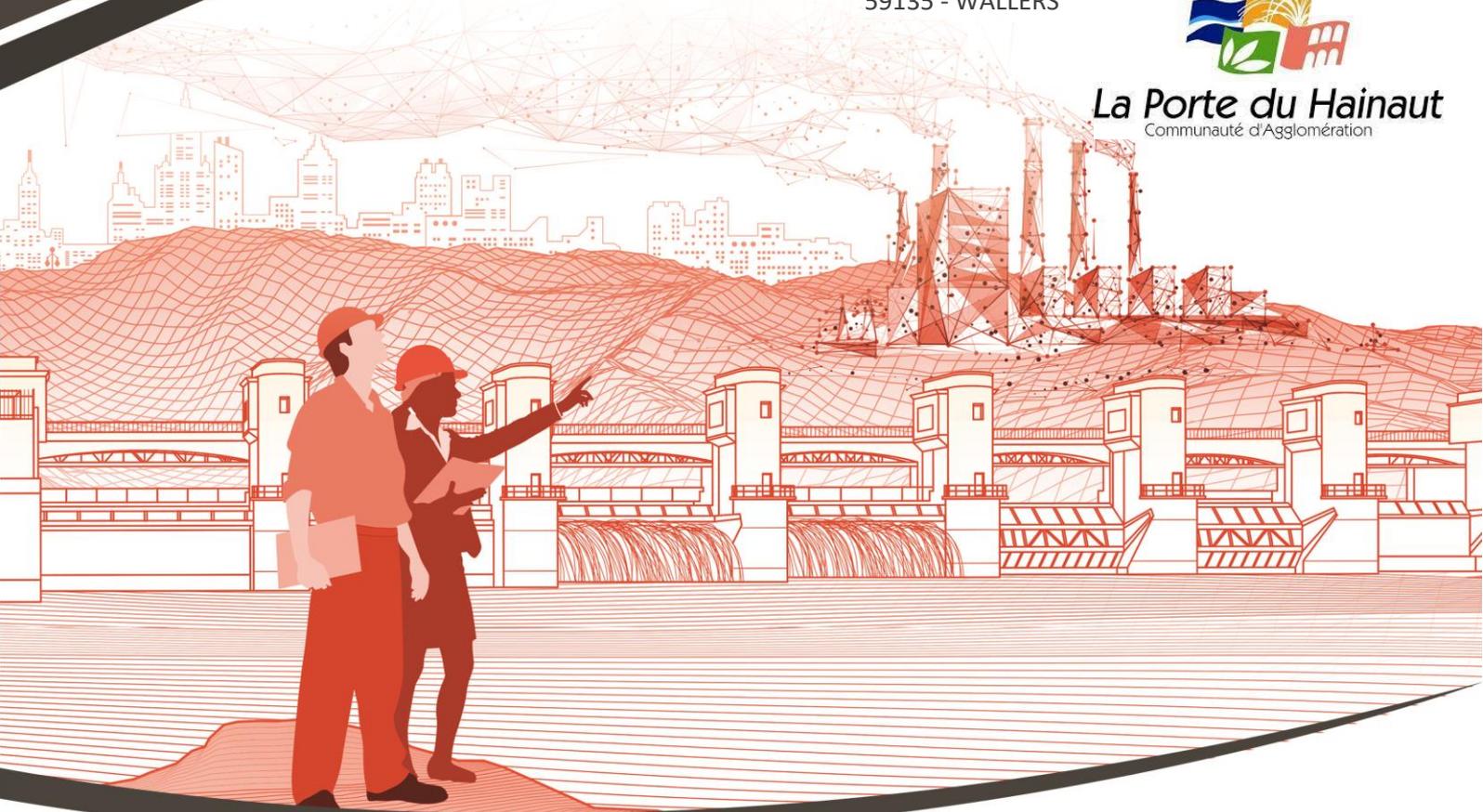


Communauté d'Agglomération
de la Porte du Hainaut

BP 59 Av. Michel Rondet
59135 - WALLERS



La Porte du Hainaut
Communauté d'Agglomération



Requalification et aménagement des espaces publics et de la friche minière du quartier Schneider – Phase 2 ESCAUDAIN, LOURCHES et RŒULX (59)

Plan de gestion

Prestation globale : PG / Prestations élémentaires : A100 - A320 - A330



RAPPORT N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	VÉRIFICATEUR	APPROBATEUR	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS
C.24.OR.137_PG	A	25/10/2024	Aurore LECIGNE Chef de Projet	Céline GREGORSKI Chef de Projet	Éric CHARDIGNY Superviseur	Version initiale

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
RÉSUMÉ NON TECHNIQUE	6
RÉSUMÉ TECHNIQUE	7
1. INTRODUCTION	9
1.1. INTERVENANTS	9
1.2. DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	9
1.3. CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET PROJET	10
1.4. MISSIONS	13
2. RAPPEL DU PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE	14
2.1. LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE	14
2.2. VISITE DE SITE (A100)	16
3. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES	18
4. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (A320)	21
4.1. OBJECTIFS.....	21
4.2. DONNEES DU PROJET	21
4.3. MODELISATIONS REALISEES	21
4.4. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES.....	22
5. MESURES DE GESTION (A330)	24
5.1. PROBLEMATIQUE DU PLAN DE GESTION.....	24
5.2. DEFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION DES POLLUTIONS CONCENTREES DANS LES SOLS	25
5.3. DEFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION DES POLLUTIONS DIFFUSES DANS LES SOLS	27
5.4. GESTION DU RISQUE DANS LE CADRE DE LA REALISATION DE TRAVAUX	29
5.4.1. <i>Préconisations spécifiques à la gestion des pollutions concentrées et diffuses</i>	29
5.4.2. <i>Préconisations générales</i>	29
5.4.3. <i>Préconisations relatives à la gestion des déblais inertes</i>	30
5.4.4. <i>Préconisations relatives à la gestion des déblais non inertes</i>	30
5.4.5. <i>Mesures en cas de découverte d'une contamination non-identifiée à ce jour</i>	31
5.5. MESURES DE CONTROLE DE L'APPLICATION DES MESURES DE GESTION PROPOSEES.....	31
5.6. CONSERVATION EN MEMOIRE DES MESURES MISES EN PLACE.....	33
6. SCHÉMA CONCEPTUEL APRÈS MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE GESTION	34
6.1. IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION DIFFUSES ET/OU RESIDUELLES	34
6.2. IDENTIFICATION DES CIBLES	34
6.3. IDENTIFICATION DES VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION	34
7. LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ÉCARTS	37
7.1. INCERTITUDES LIEES AUX CALCULS DE RISQUES.....	37
7.2. AUTRES LIMITES OU INCERTITUDES.....	37
7.3. JUSTIFICATION DES ECARTS	37
8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	38
8.1. REMARQUES GENERALES.....	38
8.2. RECOMMANDATIONS	38
9. ANNEXES	43

Liste des annexes

ANNEXE 1 : ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)
ANNEXE 2 : DETAIL DES CALCULS DES MODELISATIONS
ANNEXE 3 : MESURES DE GESTION
ANNEXE 4 : GRILLE DE CODIFICATION DES PRESTATIONS

Liste des figures

FIGURE 1 : PLAN MASSE DU PROJET SUR LES ZONES « TERRIL » ET « TERRAINS EN FRICHE » (SOURCE : CAPH)	11
FIGURE 2 : PLAN MASSE DU PROJET SUR LA ZONE « VOIRIES ET TROTTOIRS » (SOURCE : CAPH).....	12
FIGURE 3 : LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE (SOURCE : WWW.GEOPORTAIL.GOUV.FR).....	15
FIGURE 4 : VUE AERIENNE DU SITE D'ÉTUDE (SOURCE : WWW.GEOPORTAIL.GOUV.FR)	15

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES ERI ET QD MODELISES – INGESTION DE SOLS ET INHALATION DE POUSSIÈRES – MODELISATION 1	22
TABLEAU 2 : SYNTHÈSE DES ERI ET QD MODELISES – INGESTION DE SOLS ET INHALATION DE POUSSIÈRES – MODELISATION 2	23
TABLEAU 3 : SYNTHÈSE DES MESURES DE GESTION PROPOSÉES POUR LE TRAITEMENT DES POLLUTIONS CONCENTRÉES.....	26
TABLEAU 4 : SYNTHÈSE DES MESURES DE GESTION GLOBALES DES SOURCES DIFFUSES	28
TABLEAU 5 : MESURES DE SUIVI ET DE CONTRÔLES À METTRE EN ŒUVRE	32
TABLEAU 6 : SOURCES DE POLLUTION DIFFUSES ET/OU RÉSIDUELLES AU DROIT DU SITE	34
TABLEAU 7 : VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION AVEC MESURES DE GESTION (1/2)	35
TABLEAU 8 : VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION AVEC MESURES DE GESTION (2/2)	36

*

* *

GLOSSAIRE

ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BSD	Bordereau de Suivi des Déchets
BTEX	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques : Benzène – Toluène – Ethylbenzène – Xylènes
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CADD	Current Average Daily Dose (Dose quotidienne moyenne instantanée)
CAP	Certificat d'Acceptation Préalable
CAPH	Communauté d'agglomération de la Porte du Hainaut
CEREMA	Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CM	Centimètre
COFRAC	Comité Français d'Accréditation
COHV	Composés Organo-Halogénés Volatils
COT	Carbone Organique Total
COV	Composés Organiques Volatils
CTS	Centre de Traitement Spécifique
EP	Eaux Pluviales
EPI	Équipement de Protection Individuelle
EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ETM	Éléments Traces Métalliques
FNADE	Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HAS	Haute Autorité de Santé
HCSP	Haut Conseil de la Santé Publique
HCT	Hydrocarbures Totaux C10-C40
HCV	Hydrocarbures Volatils C5-C10
IGN	Institut National de l'information Géographique et forestière
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
InVS	Institut de Veille Sanitaire
ISA	Ecole d'ingénieur agroalimentaire
ISD	Installation de Stockage des Déchets
ISDD	Installation de Stockage des Déchets Dangereux
ISDI	Installation de Stockage des Déchets Inertes
ISDI+	Installation de Stockage des Déchets Inertes Spécifiques
ISDND	Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux
LADD	Lifetime Average Daily Dose (Dose quotidienne moyenne sur la durée d'exposition)
LNE	Laboratoire National de métrologie et d'Essais
LQ	Limite de Quantification
M	Mètre

MES	Matières En Suspension
MS	Matière Sèche
NGF	Nivellement Général de la France
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OPPBTP	Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics
PCB	PolyChloroBiphényles
PID	Détecteur par Photolonisation
PPM	Partie par million
PPSPS	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
QD	Quotient de Danger
R	Remblais
SSP	Sites et Sols Pollués
TA	Terrain Actuel
TEX	Terres excavées
TEX	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques : Toluène – Ethylbenzène – Xylènes
TN	Terrain Naturel
TPH	Hydrocarbures Pétroliers Totaux
TPHCWG	Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series
USEPA	United States - Environmental Protection Agency
VCI	Valeurs de Constat d'Impact
VTR	Valeurs Toxicologiques de Références
ZPC	Zone de Pollution Concentrée

*

* *

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Dans le cadre de la requalification et de l'aménagement des espaces publics et de la friche minière du quartier Schneider, situé sur les communes d'ESCAUDAIN, LOURCHES et RŒULX (59), la CAPH a sollicité le bureau d'études GÉAUPOLE pour la réalisation d'un plan de gestion conforme à la méthodologie nationale en vigueur et à la norme NF X31-620-2 de décembre 2021, intitulée « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigences dans le domaine d'études, d'assistance et de contrôle ».

Les Évaluations Quantitatives des Risques Sanitaires réalisées pour le cas de l'ingestion de sols et l'inhalation de poussières ont mis en évidence des risques inacceptables.

Les mesures de gestion recommandées comprennent :

- le traitement des trois sources de pollution concentrée ;
- la maîtrise du risque par contact direct par la mise en place d'un confinement des terrains restants en place et la matérialisation des espaces boisés pour en limiter l'accès ;
- la vérification des teneurs résiduelles après terrassement et l'ancrage dans le terrain naturel des ouvrages d'infiltration, avec une attention particulière à apporter aux secteurs S2 et S15 et dans les secteurs où la couche de remblais excède 2,00 m de profondeur ;
- la réalisation d'un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (fruits) pour vérifier l'absence de risque de bioaccumulation et donc d'ingestion de fruits contaminés pour les futurs usagers du site et la mise en place de mesures de gestion complémentaires le cas échéant ;
- la maîtrise des risques liés à l'usage des eaux souterraines en proscrivant leur usage au droit du site.

Sur la base des résultats d'analyses issus des investigations de terrain, des résultats des modélisations et du projet de requalification du quartier Schneider, le bureau d'études GÉAUPOLE recommande de maintenir un usage pour lequel le présent plan de gestion a été établi et de suivre l'ensemble des recommandations émises dans le rapport pour la bonne gestion de la pollution et assurer la compatibilité du site avec l'usage projeté.

*

* *

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Intitulé de la mission	Plan de Gestion
Prestation globale	PG
Prestations élémentaires	A100 – Visite du site A320 – Analyse des enjeux sanitaires A330 – Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages
Client	Communauté d'Agglomération de la Porte du Hainaut (CAPH)
Localisation du projet	Quartier Schneider – ESCAUDAIN, LOURCHES et RÈULX (59)
Superficie du site d'étude	Environ 25 hectares
État actuel du site	Le site se compose : <ul style="list-style-type: none"> • du terriil Schneider au Nord-Est ; • de terrains en friche en partie Est, anciennement occupés par la fosse Schneider ; • des voiries et trottoirs du quartier en partie Ouest et en bordure Est.
Projet futur	La phase 2 du projet de requalification et d'aménagement de la cité minière Schneider consiste en : <ul style="list-style-type: none"> • la création possible d'une voirie « Voie Nouvelle » entre le terriil et le quartier résidentiel au Nord ; • la création d'un parc à l'interface entre le quartier Schneider, le parc des Soufflantes et la friche Marigny ; • la requalification des voiries et trottoirs du quartier via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales.
Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires	Les Évaluations des Risques Sanitaires (EQRS) ont mis en évidence des sommes des Excès de Risque Individuel (ERI) et des Quotients de Danger (QD) supérieures ou faiblement inférieures aux seuils de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués (ERI < 10-05 et QD < 1), pour les cibles vis-à-vis des voies d'exposition quelque soit le scénario retenu. Ainsi, suite au retrait des trois zones de pollution concentrée mises en évidence sur le site dans le cadre du diagnostic pollution et sur la base du scénario et des hypothèses pris en compte dans notre étude, des mesures constructives spécifiques et / ou des mesures de gestion complémentaires seront malgré tout nécessaires d'un point de vue sanitaire pour la réalisation du projet.
Mesures de gestion	<p>Établissement des mesures de gestion des sources concentrées :</p> <p><u>Zone de pollution concentrée ZPC1 :</u> La réalisation d'un bilan coûts-avantages n'est pas pertinente. GÉauPole recommande de réaliser un diagnostic complémentaire de la qualité des sols puis de mettre en place une surveillance environnementale des eaux souterraines.</p> <p><u>Zone de pollution concentrée ZPC2 :</u> Le bilan coûts-avantages fait ressortir deux scénarii de gestion tous deux adaptés au site, au projet et aux caractéristiques des polluants identifiés : <ul style="list-style-type: none"> • scénario 1 : excavation et élimination en centre de stockage des déchets (hors site) des matériaux ; • scénario 2 : dépollution par inertage in-situ et confinement par couverture et étanchéification (in-situ). Afin de maîtriser les risques liés à la pollution résiduelle, il est recommandé de confiner les terrains restants en place via l'apport d'une couche de terre végétale saine.</p> <p><u>Zone de pollution concentrée ZPC3 :</u> La réalisation d'un bilan coûts-avantages complet n'est pas pertinente. GÉauPole recommande de purger la ZPC3 puis de vérifier les teneurs résiduelles après terrassement via la réalisation de prélèvements et analyses en bords et fond de la fouille constituée.</p> <p>Établissement des mesures de gestion des sources diffuses :</p> <p><u>Maîtrise du risque par contact direct :</u> Le projet prévoit la mise en place d'un recouvrement d'épaisseur et de qualité suffisante pour la plupart des aménagements. Ainsi, seules les zones non recouvertes dans le cadre du projet devront être confinées via la mise en place de terre végétale d'apport saine sur une épaisseur minimale de 30 cm après tassement, accompagnée d'un géotextile à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport. A noter qu'aucune mesure de gestion n'est proposée dans les boisements en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces mais il est conseillé de matérialiser ces espaces pour en limiter l'accès.</p>

Mesures de gestion	<p><u>Maîtrise du risque par ingestion de végétaux autoproduits :</u> En présence d'arbres fruitiers sur le site il est recommandé la réalisation d'un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (fruits) pour vérifier l'absence de risque de bioaccumulation et donc d'ingestion de fruits contaminés pour les futurs usagers du site. En cas d'impact constaté sur les fruits échantillonnés, des mesures de gestion complémentaires seront à considérer Par ailleurs, toute plantation d'arbres fruitiers en pleine terre est à proscrire au droit du site d'étude (uniquement arbres d'ornement).</p> <p><u>Maîtrise des risques liés à l'infiltration des eaux pluviales :</u> Les terrassements prévus au niveau des sondages S2 et S15 dans le cadre de la création des ouvrages d'infiltration devront atteindre respectivement 1,30 et 1,00 m de profondeur minimum. Il conviendra de vérifier les teneurs résiduelles afin de s'assurer la compatibilité avec une infiltration. Dans les secteurs des sondages S5 à S13, S17 à S19, S31 et S53 à S55, l'infiltration des eaux pluviales ne sera possible qu'après une purge des remblais et la réalisation d'analyses en laboratoire sur le terrain naturel attestant de la compatibilité chimique (contrôle des lixiviats) avec l'infiltration. Pour le reste du quartier Schneider, l'infiltration des eaux pluviales est possible sous réserve d'ancrer les ouvrages d'infiltration dans le terrain naturel après purge des remblais résiduels et vérification des teneurs résiduelles.</p> <p><u>Maîtrise du risque par inhalation de substances volatiles :</u> Non retenu en extérieur (circulaire du 8 février 2007).</p> <p><u>Maîtrise des risques liés à l'usage des eaux souterraines :</u> Il est recommandé de proscrire l'usage des eaux souterraines au droit du site.</p> <p><u>Maîtrise du risque pour les canalisations d'eau potable :</u> Le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations eau potable.</p>
Schéma conceptuel – après application des mesures de gestion	<p>Les voies d'exposition pour les cibles retenues sont, après mise en place des mesures de gestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> • désactivée ou acceptable pour l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec les sols, les particules de sols ou matières en suspension contaminées du fait du confinement des terres restants en place ou du couvert végétal dense et de l'accès limité dans les boisements ; • acceptable pour l'inhalation de composés volatils depuis les sols et les eaux souterraines en l'absence de bâtiment sur site en l'état actuel et dans le cadre du projet ; • désactivée pour l'ingestion et le contact cutané avec les eaux du robinet car le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations eau potable ; • désactivée pour l'ingestion et le contact direct avec les eaux souterraines, sous réserve de proscrire l'utilisation des eaux souterraines. <p>Ainsi, seule la voie d'exposition par ingestion de fruits contaminés ne peut pas être écartée à ce stade du fait de la présence d'arbres fruitiers sur le site.</p>
Recommandations	<p>Sur la base des résultats issus des modélisations et du projet de requalification envisagé sur le quartier Schneider, les recommandations suivantes peuvent être émises :</p> <ul style="list-style-type: none"> • maintenir un usage pour lequel le présent plan de gestion a été établi ; • appliquer strictement les mesures de gestion préconisées pour le traitement des zones de pollution concentrée ; • appliquer strictement les mesures de gestion préconisées pour maîtriser les pollutions diffuses ; • gérer l'excavation et l'évacuation hors site des matériaux conformément aux recommandations du plan de gestion ; • réaliser un suivi de la bonne application des mesures de gestion préconisées ; • gérer de manière spécifique les matériaux en cas de découverte d'une pollution non identifiée ; • être vigilant à la possibilité de présence de matériaux amiantés dans les remblais du site.
Intervenants GÉAUPOLE	
Rédacteur	Aurore LECIGNE, Chef de projet
Vérificateur	Céline GREGORSKI, Chef de Projet
Approbateur	Éric CHARDIGNY, Superviseur

*

* *

1. INTRODUCTION

1.1. Intervenants

Dans le cadre de la requalification et de l'aménagement des espaces publics et de la friche minière du quartier Schneider, situé sur les communes d'ESCAUDAIN, LOURCHES et RŒULX (59), la CAPH a sollicité le bureau d'études GÉAUPOLE pour la réalisation d'un plan de gestion conformément aux recommandations formulées suite au diagnostic pollution (mission DIAG référencée : C.24.OR.137_DIAG).

La présente étude a été réalisée par **Aurore LECIGNE**, Chef de Projet en Sites et Sols Pollués avec les contrôles externes de **Céline GREGORSKI** et **Éric CHARDIGNY**, Chef de Projet et Superviseur en Sites et Sols Pollués.

1.2. Documents reçus et hypothèses

Les documents et renseignements suivants ont été fournis pour l'élaboration de la présente proposition :

- document de présentation générale du projet établi en septembre 2020 par le groupement PAYSAGES – BLAU – QUALIVIA INGENIERIE – ALFA ENVIRONNEMENT (sans référence – 4 pages) ;
- plan masse du projet établi par le groupement PAYSAGES – BLAU – QUALIVIA INGENIERIE – ALFA ENVIRONNEMENT en février 2021 (référence : 2-2021 02 19 Plan masse PRO-PLAN 1500) ;
- plan des travaux – secteur sud établi par le groupement PAYSAGES – BLAU – QUALIVIA INGENIERIE – ALFA ENVIRONNEMENT en juin 2021 (référence : SCH-PG3.2-TRAVAUX_SUD+perméa) ;
- document de présentation du projet établi par la CAPH et présenté lors du COFIL restreint en janvier 2024 (sans référence – 18 pages) ;
- plan masse d'ensemble établi par le groupement PAYSAGES – BLAU – QUALIVIA INGENIERIE – ALFA ENVIRONNEMENT en octobre 2024 (référence : 2024 10 17 Plan masse-PLAN 1000) ;
- renseignements concernant le projet transmis par email et/ou téléphone entre le 28/08/2024 et le 07/10/2024 et lors de la réunion du 01/10/2024.

Nous nous sommes également basés sur les études environnementales menées par nos soins dans le cadre de la phase 1 du projet :

- rapport d'études «Diagnostic pollution » mené sur l'ensemble du quartier Schneider, daté du 23/01/2024 (référence : C.23.OR.087-INFOS/DIAG Quartier Schneider-VB) – 226 pages ;
- rapport d'études «Plan de Gestion » mené sur le terrain vague (future placette), daté du 24/01/2024 (référence : C.23.OR.207-PG Placette-VB) – 125 pages ;
- rapport d'études «Plan de Gestion » mené sur l'aire de jeux (futur square), daté du 24/01/2024 (référence : C.23.OR.207-PG Square-VB) – 118 pages ;
- rapport d'études «Diagnostic complémentaire » mené sur les voiries et trottoirs du quartier, daté du 29/12/2023 (référence : C.23.OR.239-DIAG Voiries) – 174 pages ;
- rapport d'études «Plan de Gestion » mené sur les voiries et trottoirs du quartier, daté du 20/02/2024 (référence : C.23.OR.239-PG Voiries-VB) – 98 pages ;

ainsi que sur les études environnementales menées par nos soins dans le cadre de la phase 2 du projet :

- rapport d'études «Étude historique, documentaire et de vulnérabilité », daté du 19/03/2024 (référence : C.24.OR.073_INFOS Phase 2) – 101 pages ;
- rapport d'études «Diagnostic pollution », daté du 24/08/2024 (référence : C.24.OR.137_DIAG Phase 2) – 566 pages.

Aucun autre document et / ou plan concernant le site d'étude ou le projet ne nous a été communiqué par les responsables du projet, pour l'élaboration du présent rapport.

1.3. Contexte de l'étude et projet

La phase 2 du projet de requalification et d'aménagement de la cité minière Schneider porté par la CAPH consiste en :

- la création possible d'une voirie « Voie Nouvelle » entre le terril et le quartier résidentiel au Nord ;
- la création d'un parc à l'interface entre le quartier Schneider, le parc des Soufflantes et la friche Marigny via :
 - au Nord : l'aménagement du parc du terril dans une démarche de renouvellement de l'image du quartier tout en préservant les milieux écologiques particuliers et la couronne de bosquets et de clairières ;
 - au centre : l'aménagement de l'entrée principale du parc ainsi que la création d'une aire de jeux à l'ambiance « nature » et d'un pump track ;
 - au Sud : l'aménagement de l'entrée secondaire du parc, la restructuration des prairies et leurs franges boisées destinées à de l'éco-pâturage ainsi que la création d'une aire de jeux plus « urbaine » accompagnée d'une structure sportive et de terrains de pétanque ;
- le réaménagement des cheminements existants ;
- la requalification des voiries et trottoirs du quartier via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales.

Selon le décret n°2022-1588 du 19/12/2022 relatif à la définition des types d'usages dans la gestion des sites et sols pollués, les usages du site sont les suivants :

- l'usage actuel correspond à un « autre usage » : terril, terrains en friche sans usage et espaces publics de type voiries et trottoirs ;
- l'usage futur correspond :
 - pour le parc, à un « usage récréatif de plein air, correspondant notamment aux parcs, aux aires de jeux, aux zones de pêche récréative ou de baignade » ;
 - pour les voiries et trottoirs, à un « autre usage ».

Le projet implique donc un **changement d'usage**.

Les plans masse du projet envisagé sont présentés sur les figures en pages suivantes.

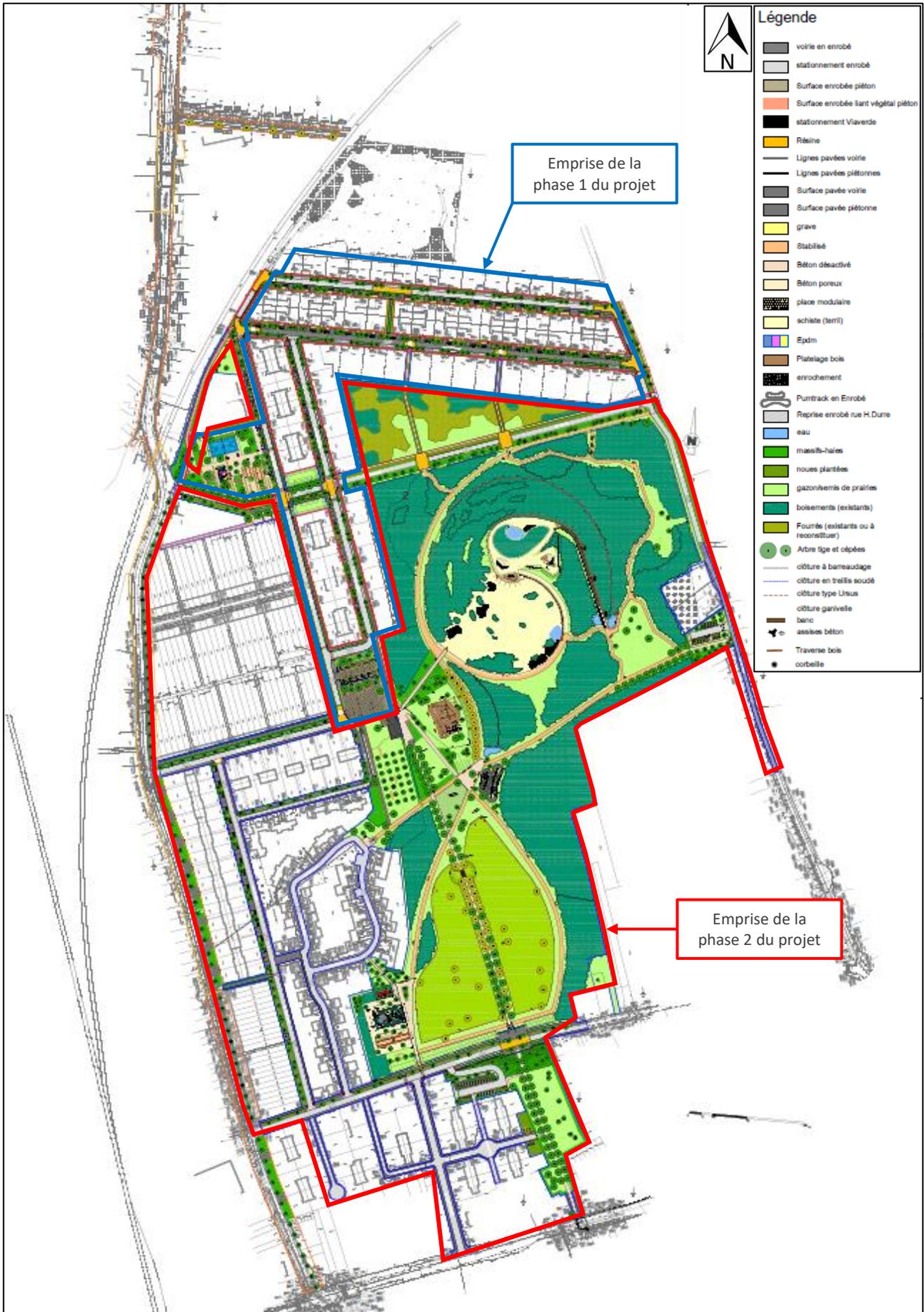


Figure 1 : Plan masse du projet sur les zones « terril » et « terrains en friche » (source : CAPH)

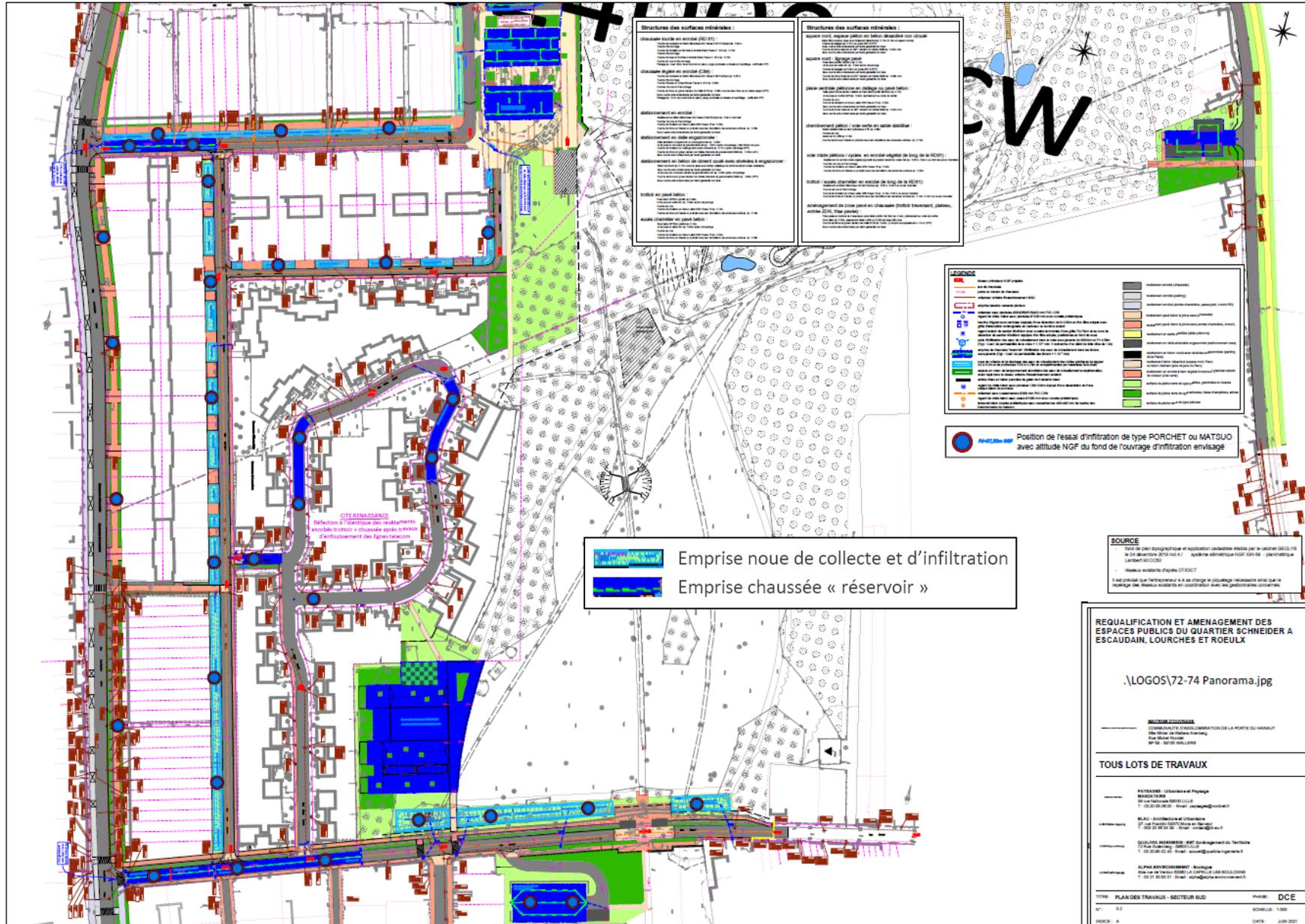


Figure 2 : Plan masse du projet sur la zone « voiries et trottoirs » (source : CAPH)

1.4. Missions

La mission demandée consiste en la réalisation d'un **Plan de Gestion** conforme :

- à la méthodologie nationale décrite par le Ministère en charge de l'Environnement dans son guide « Gestion de sites (potentiellement) pollués – version 2017 » ;
- à la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux « sites et sols pollués – mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 » ;
- à la prestation globale PG et aux prestations élémentaires correspondantes A100, A320 et A330 conformes à la norme NF X31-620-2 de décembre 2021, intitulée « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigences dans le domaine d'études, d'assistance et de contrôle ».

Ainsi, l'étude proposée a pour finalité d'accompagner la CAPH sur les problématiques environnementales liées au projet de requalification et d'aménagement des espaces publics et de la friche minière du quartier Schneider. Cette étude a pour objectifs dans le cadre de la prestation globale PG de réaliser :

- une visite de site (A100), permettant de constater si le site a évolué depuis l'étude antérieure, de recueillir les informations relatives à l'occupation actuelle du site et ses environs et de relever les éventuelles sources ou indices pouvant être à l'origine d'un impact sur l'environnement ;
- une Étude Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) (A320) en vue de déterminer la compatibilité ou non du site en phase définitive avec son futur usage au vue de la pollution identifiée : existence ou non d'un risque sanitaire pour les futurs usagers du quartier (adultes et enfants) ;
- un bilan coûts/avantages (A330) pour la gestion de la pollution reconnue et des terres à excaver, en fonction des conclusions des étapes précédentes ;
- la mise à jour du schéma conceptuel sur la base des mesures de gestion à prendre en compte suite aux prestations A320 et A330 ;
- une présentation des limites et incertitudes liées à la mission.

On précisera que notre étude traite uniquement de la gestion des pollutions chimiques. Elle ne s'applique pas aux sites pollués par :

- des substances radioactives ;
- des agents pathogènes ou infectieux ;
- l'amiante.

De même, la gestion des engins pyrotechniques est exclue du champ d'application de la présente étude.

La prestation PG se termine à la remise du présent rapport.

*

* *

2. RAPPEL DU PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

2.1. Localisation du site d'étude

Le quartier Schneider est localisé sur les communes d'ESCAUDAIN, LOURCHES et RŒULX (59). Son emprise est d'approximativement 25 hectares.

L'emprise de la phase 2 du projet se compose :

- du terriil Schneider au Nord-Est ;
- de terrains en friche en partie Est, anciennement occupés par la fosse Schneider ;
- des voiries et trottoirs du quartier en partie Ouest et en bordure Est.

Les voiries concernées par le projet sont les suivantes :

- rue Paul Bert ;
- rues Cité Paul Schneider ;
- rue Jean Baptiste Lebas (D81) ;
- rue Germain Pilon ;
- rue François Rabelais ;
- rue Paul Hencke ;
- rue Jean Clouet ;
- rue Pierre Lescot ;
- rue Jean Goujon ;
- rue Paul Schneider ;
- rue Blanqui ;
- cité Schneider Allées A, B, C et D ;
- rue Henri Dure.

A noter que notre étude ne porte pas sur les logements du quartier qui ne font pas partis du projet.

Un extrait de la carte IGN du secteur d'étude et une vue aérienne du site sont présentés sur les figures en page suivante.

Le site d'étude s'inscrit dans un contexte mixte à dominance résidentiel.

En dehors de la zone du terriil, la topographie du site varie environ entre +33 et +40 m NGF. La cote altimétrique du point haut du terriil est de l'ordre de + 54 m NGF. Un profil altimétrique du site est présenté sur la figure 3.

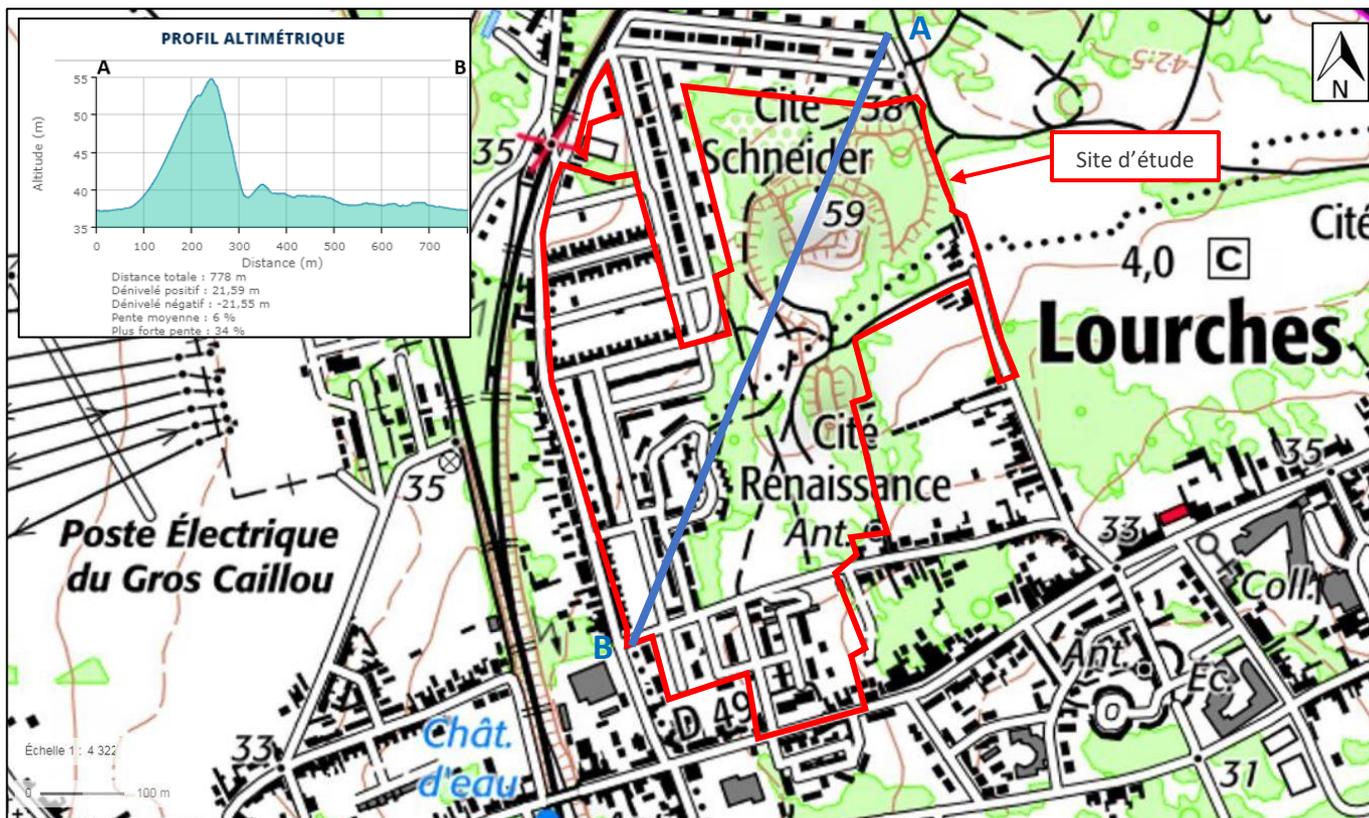


Figure 3 : Localisation du site d'étude (source : www.geoportail.gouv.fr)

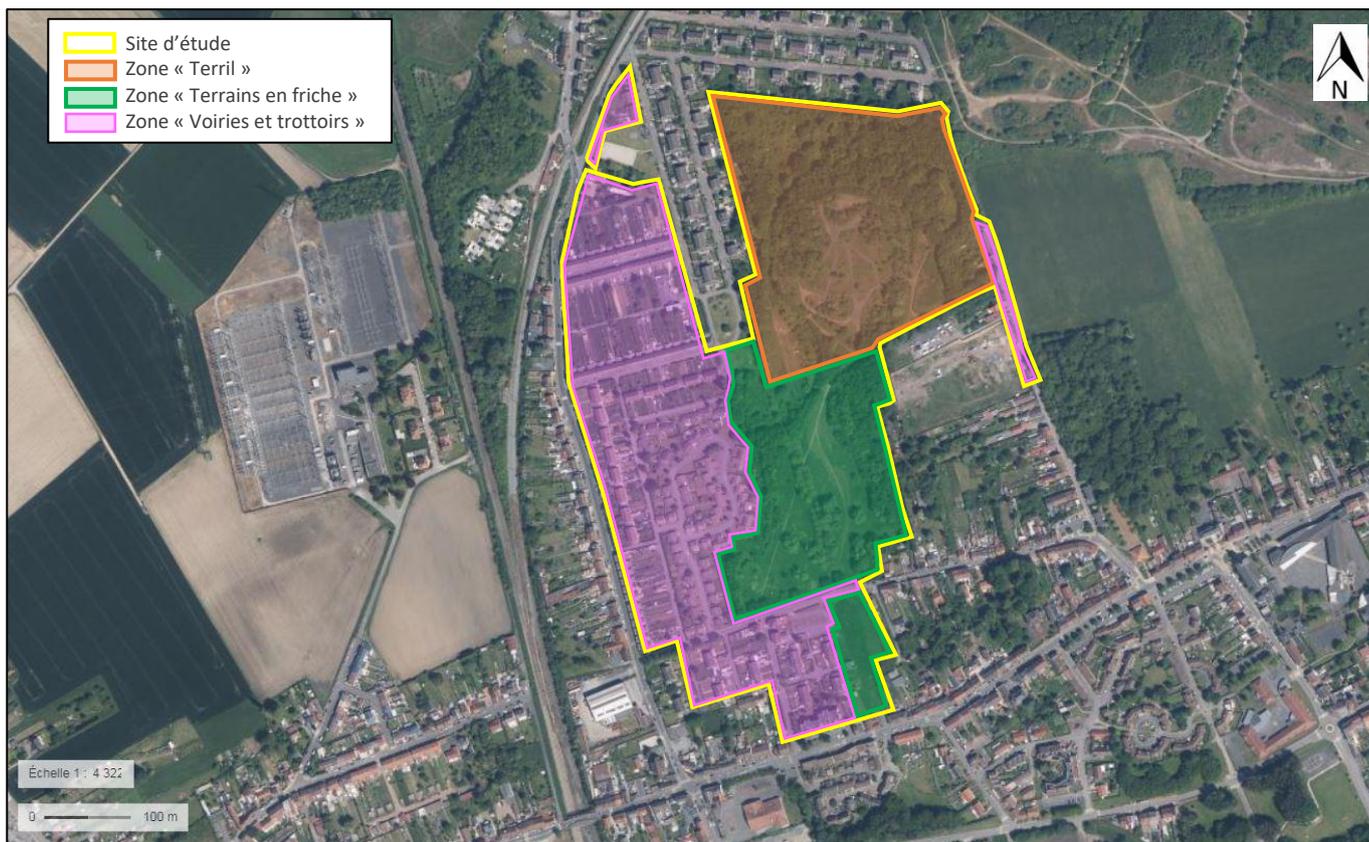


Figure 4 : Vue aérienne du site d'étude (source : www.geoportail.gouv.fr)

2.2. Visite de site (A100)

Dans le cadre de la présente mission, une visite de site a été effectuée par Aurore LECIGNE, Chef de Projet Sites et Sols Pollués, en l'absence des responsables du projet, le 22 août 2024 sur l'ensemble de la zone d'étude et ses environs.

La visite de site a permis de constater que le site d'étude et ses environs n'ont pas évolué depuis les études antérieures (mission INFOS référencée C.24.OR.073 et datée du 19/03/2024 et mission DIAG référencée C.24.OR.137_DIAG et datée du 24/08/2024).

Ainsi aucune mesure d'urgence n'est à considérer suite à la visite.

Description générale du site

Le site d'étude se divise en trois parties distinctes. Il se compose :

- du terril Schneider au Nord-Est. Le terril, en partie végétalisé dispose de plusieurs cheminements menant jusqu'à son sommet. Il est entouré par des espaces densément végétalisés et/ou arborés. Le terril est accessible depuis :
 - le quartier Schneider au Nord (rue de Maubeuge) via des cheminements piétons. A noter que les cheminements mènent à des zones densément arborées rendant l'accès au terril difficile. Des dépôts sauvages ont été observés en limite de site au bout des cheminements ;
 - la rue Henri Dure via un cheminement piéton dont l'accès est interdit aux véhicules par des enrochements ;
 - les terrains en friche au Sud via des cheminements piétons ;
- de terrains en friche en partie Est, anciennement occupés par la fosse Schneider. Ces espaces présentent de vastes zones enherbées et/ou boisées traversées par des cheminements piétons. Un merlon arboré est également présent en bordure Est de cette partie du site. Des arbres fruitiers sont présents sur cette partie du site. Ces terrains en friche sont accessibles depuis :
 - le quartier Schneider au Nord-Ouest (rue de Valenciennes) via des cheminements piétons. Des dépôts sauvages ont été observés en bordure Nord au niveau de la future placette prévue en phase 1 du projet ;
 - la rue Henri Dure via un cheminement piéton dont l'accès est interdit aux véhicules par des enrochements ;
 - la rue Blanqui par des cheminements piétons dont l'accès est interdit aux véhicules par des enrochements, des poteaux en bois et un fossé ;
- des voiries et trottoirs du quartier en partie Ouest et en bordure Est.

Le site d'étude correspondant à des espaces publics, est librement accessible et ne fait pas l'objet d'une surveillance. Le terril et les terrains en friche sont fréquemment utilisés comme lieux de promenade et les voiries et trottoirs sont quotidiennement utilisés par les piétons et automobilistes empruntant ces voies de circulation.

Environnement immédiat du site d'étude

Les alentours du quartier Schneider (rayon de 300 m), sont constitués :

- au Nord, par une partie du quartier Schneider (phase 1 du projet) ;
- au Nord-Est, par une friche industrielle (USINOR - Parc des Soufflantes) ;
- à l'Est, par des terrains agricoles, un terrain utilisé pour du stockage divers et un quartier résidentiel ;
- au Sud-Est et au Sud, par un quartier résidentiel et quelques commerces puis une centrale solaire photovoltaïque ;
- au Sud-Ouest, par un quartier résidentiel et la gare ferroviaire de LOURCHES ;
- à l'Ouest, par des voies ferrées, puis un poste source RTE et des terrains agricoles ;
- au Nord-Ouest, par un quartier résidentiel puis une zone tertiaire.

*

* *

3. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES

Ce chapitre porte sur le rapport « Diagnostic pollution » établi le 24/08/2024 et référencé C.24.OR.137_DIAG (566 pages).

Intitulé de la mission	Diagnostic pollution (Prestation globale : DIAG)
Prestations élémentaires	<ul style="list-style-type: none"> • A200 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols ; • A210 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines ; • A270 : Interprétation des résultats des investigations.
Client	Communauté d'Agglomération de la Porte du Hainaut (CAPH)
Localisation du site	Quartier Schneider – ESCAUDAIN, LOURCHES et ROEULX (59)
Superficie du site	Environ 25 hectares
État actuel du site	<p>Le site se compose :</p> <ul style="list-style-type: none"> • du terril Schneider au Nord-Est ; • de terrains en friche en partie Est, anciennement occupés par la fosse Schneider ; • des voiries et trottoirs du quartier en partie Ouest et en bordure Est.
Projet futur	<p>La phase 2 du projet de requalification et d'aménagement de la cité minière Schneider consiste en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la création possible d'une voirie « Voie Nouvelle » entre le terril et le quartier résidentiel au Nord ; • la création d'un parc à l'interface entre le quartier Schneider, le parc des Soufflantes et la friche Marigny ; • la requalification des voiries et trottoirs du quartier via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales.
Investigations réalisées	<p>Milieu sol :</p> <p>Zone « voiries et trottoirs » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 17 sondages à la tarière mécanique, notés S1 à S17, menés à des profondeurs comprises entre 0,80 (refus) et 2,00 mètres / Terrain Actuel (TA) du 24 au 26 juin 2024 ; • 2 fouilles à la pelle mécanique, notées S18 et S19, menées à des profondeurs comprises entre 4,00 et 5,00 mètres / Terrain Actuel (TA) les 19 et 20 juin 2024. <p>Zone « terril » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 18 sondages à la tarière manuelle, notés S20 à S37, menés à des profondeurs comprises entre 0,30 (refus) et 1,00 mètre / Terrain Actuel (TA) les 06 et 10 juin 2024 et les 16 et 17 juin 2024. <p>Zone « terrains en friche » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 28 fouilles à la pelle mécanique, notées S18 et S19 et S40 à S65, menées à des profondeurs comprises entre 1,00 (refus) et 5,00 mètres / Terrain Actuel (TA) du 19 au 21 juin 2024 ; • 2 sondages à la tarière manuelle, notés S38 et S39, menés à des profondeurs comprises entre 0,40 (refus) et 1,00 mètre / Terrain Actuel (TA) le 18 juin 2024. <p>Milieu eau souterraine :</p> <p>3 ouvrages piézométriques additionnels nommés PZ4 à PZ6 ont été posés dans le cadre de la phase 2 du projet pour compléter le réseau de surveillance initial posé dans le cadre de la phase 1 (PZ1 à PZ3).</p> <p>Ces ouvrages ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons d'eau souterraine (hormis PZ2 qui a été détruit durant la phase chantier en cours sur la phase 1).</p> <p>1 piézomètre existant (PZC4) appartenant au BRGM a également fait l'objet d'un prélèvement.</p>

<p>Résultats des investigations</p>	<p>Milieu sol :</p> <p>Géologie : présence en tête d'un revêtement de surface (terre végétale, enrobé ou gravier) puis d'une couche de remblais très hétérogène et d'épaisseurs variables recouvrant le terrain naturel (limon recouvrant la craie).</p> <p>Hydrogéologie : arrivées d'eau constatées sur deux fouilles menées dans la zone « terrains en friche ».</p> <p>Observations organoleptiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • présence d'une couleur noire suspecte sur 18 sondages réalisés ; • présence d'une odeur suspecte sur 4 sondages réalisés ; • présence de débris anthropiques divers sur 50 des 65 sondages réalisés. <p>Mesures in-situ : présence de composés volatils au droit des sondages S5, S9, S57 et S59.</p> <p>Milieu eau souterraine :</p> <p>La nappe présente au droit du site, à savoir la nappe de la craie, a été mesurée à une profondeur comprise entre 6,57 et 8,91 m/sol, soit à une cote altimétrique comprise entre + 30,070 et + 30,841 m NGF. Le sens d'écoulement estimé de la nappe au droit du site est globalement orienté vers le Nord Nord-Ouest.</p>
<p>Programme analytique réalisé</p>	<p>Milieu sol :</p> <p>148 analyses pour l'évaluation des niveaux de polluants présents vis-à-vis des seuils d'admissibilité en Installation de Stockage des Déchets (ISD) conformes à l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014. Ces analyses ont été complétées par la recherche sur brut des Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV), des Hydrocarbures volatils C5-C10 (HCV), des 12 métaux lourds (antimoine, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium et zinc) et des cyanures.</p> <p>Milieu eau souterraine :</p> <p>6 analyses portant sur la recherche des composés suivants : Hydrocarbures volatils C5-C10 (HCV), Hydrocarbures Totaux C5-C40 (HCT), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX), Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV), polychlorobiphényles (PCB) et 12 métaux lourds (antimoine, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium et zinc).</p>
<p>Résultats et interprétations – milieu sol</p>	<p>Caractérisation des sols sur l'ensemble du site :</p> <ul style="list-style-type: none"> • zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S27, S29 et S30 réalisés dans la zone « terril » ; • zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S57, S44 et S49 réalisés dans la zone « terrains en friche » ; • zone de pollution concentrée en PCB au niveau du sondage S2 réalisé dans la zone « voiries et trottoirs » ; • pollution diffuse et forte en HCT, HAP et métaux lourds, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ; • pollution diffuse et modérée en BTEX et PCB, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ; • impact localisé en COHV, au niveau du sondage S17 réalisé dans la zone « voiries et trottoirs » ; • impact localisé en cyanures au niveau du sondage S57 réalisé sur la zone « terrains en friche ». <p>Les deux zones de pollution concentrées en HCT, en HAP et métaux lourds peuvent être corrélées aux anciennes activités pratiquées sur le site par le passé, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la zone de pollution concentrée autour des sondages S27, S29 et S30 peut être corrélée à la zone remaniée en partie Nord-Est de la zone « terril » ; • la zone de pollution concentrée autour des sondages S57, S44 et S49 peut être corrélée avec les anciens bâtiments et installations de la fosse Schneider en partie Sud-Ouest de la zone « terrains en friche ». <p>Valorisation des matériaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • seuls 35% des échantillons analysés mettent en évidence des résultats compatibles avec une valorisation selon le niveau 1 défini dans le guide de valorisation hors site des terres excavées dans des projets d'aménagements d'avril 2020 (DGPR) ; • 63% des échantillons analysés respectent les critères du guide d'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs en technique routière de janvier 2016 (CEREMA) pour des usages de type 1, 2 ou 3 en considérant les terres comme des produits mixtes. Ils sont donc réutilisables moyennant certaines précautions conformément au guide précité.

<p>Résultats et interprétations – milieu sol</p>	<p>Gestion des matériaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 58% des échantillons respectent les critères de l’arrêté ministériel du 12/12/2014 et sont donc définis comme étant acceptables en Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI) ; • 31% des échantillons respectent les critères de l’annexe 6 de l’arrêté ministériel du 12/12/2014 et sont donc définis comme étant acceptables en Installation de Stockage des Déchets Inertes Spécifiques (ISDI+) ; • 11 % des échantillons ne respectent les critères de l’arrêté ministériel du 12/12/2014. 8 % des échantillons sont définis comme étant acceptables en Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), 2 % des échantillons sont définis comme acceptables en Installation de Stockage des Déchets Dangereux (ISDD) et 1 % des échantillons doit faire l’objet d’un traitement spécifique avant envoi en ISD. <p>Possibilités d’infiltration des eaux pluviales :</p> <p>Le terrain naturel constitué de limon est reconnu pollué et présente un risque de mobilisation de polluants au droit des sondages S2 et S15.</p> <p>Le terrain naturel constitué de limon est cependant considéré comme exempt de pollution et ne présente pas de risque de mobilisation de polluants pour les 9 autres sondages menés sur la zone « voiries et trottoirs » au droit desquels du terrain naturel a été mis en évidence et a pu faire l’objet d’analyses en laboratoire (sous réserve que les eaux infiltrées soient saines).</p>
<p>Résultats et interprétations – milieu eau souterraine</p>	<p>Caractérisation de la pollution :</p> <ul style="list-style-type: none"> • impact en métaux lourds sur l’ensemble des ouvrages ; • impact en HAP (chrysène) au droit du PZ4.
<p>Schéma conceptuel post-investigations</p>	<p>Dans l’état actuel ou dans le cadre du projet, et au vu et des caractéristiques des polluants identifiés dans les sols et les eaux souterraines suite au diagnostic de pollution, les voies d’exposition suivantes ne peuvent pas être écartées et peuvent constituer un risque pour les usagers du site :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l’inhalation, l’ingestion et contact dermique avec les sols, particules de sols ou matières en suspension contaminées ; • l’ingestion de fruits et/ ou légumes contaminés ; • le contact cutané et l’ingestion d’eau de distribution contaminée.
<p>Recommandations</p>	<p>Suite au diagnostic environnemental mené sur le site et au vu du projet d’aménagement envisagé par la CAPH, le bureau d’études GÉauPole recommande la réalisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • d’une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS – A320) afin de valider la compatibilité du site avec le projet ; • d’un Plan de Gestion (PG – A330) afin de proposer des mesures de gestion de la pollution.

*

* *

4. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (A320)

4.1. Objectifs

L'objectif de cette étude est de quantifier les risques sanitaires en fonction de la qualité des milieux (sols) et des caractéristiques du projet d'aménagement (maîtrise du risque par ingestion de sols et ingestion de poussières contaminées en extérieur).

Le projet prévoit des surfaces revêtues (voiries et trottoirs) mais également des **surfaces enherbées (bosquets, clairières et prairies) et des surfaces non revêtues (noues paysagères)**.

Le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiments et d'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur. Aussi, le risque par inhalation de composés volatils en intérieur n'est pas retenu.

Sur la base des résultats du diagnostic, des calculs de risques sanitaires ont été réalisés en tenant compte :

- des zones de pollution concentrée en hydrocarbures, métaux lourds ou PCB mises en évidence sur le site ;
- de l'impact diffus en hydrocarbures, métaux lourds, PCB ou composés volatils (BTEX) généralisé à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ;
- de la présence ponctuelle de composés volatils (COHV) ou de cyanures.

Ces calculs ont été réalisés sur la base des teneurs maximales mesurées dans le cadre des investigations menées par nos soins en juin et juillet 2024 (C.24.OR.137_DIAG).

4.2. Données du projet

Les données du projet sont rappelées dans le chapitre 2.1. (usage futur) de l'**annexe 1**.

4.3. Modélisations réalisées

Dans le cadre de cette étude, il a été réalisé deux modélisations « risques en extérieur » qui sont les suivantes :

- **modélisation 1** : modélisation en extérieur réalisée en considérant l'ensemble des teneurs maximales dans les sols sur la totalité du site quelque soit le prélèvement concerné ;
- **modélisation 2** : modélisation en extérieur réalisée en considérant l'ensemble des teneurs maximales dans les sols sur la totalité du site en dehors des trois zones de pollution concentrée mises en évidence suite au diagnostic de pollution (référence : C .24.OR.137_DIAG). Dans le cadre de cette modélisation, les teneurs quantifiées sur les sondages S2, S27, S29, S30, S44, S49 et S57 ne sont pas prises en compte.

Le détail des modélisations réalisées est précisé dans les chapitres 2.2. (Scénario retenu pour les modélisations), 2.3. (Cibles potentielles selon les usages) et 3.1 (Sélection des substances) de l'**annexe 1**.

4.4. Évaluation quantitative des risques sanitaires

Les calculs de risque sanitaire ont été réalisés en tenant compte des hypothèses de travail basées sur l'état actuel constaté lors de la campagne d'investigations menée par nos soins entre juin et juillet 2024, ainsi que sur les données du projet fournies (cf. chapitre 1.2).

Les principales hypothèses retenues, détaillées dans l'**annexe 1**, sont les suivantes :

- la création ou le réaménagement de voiries, trottoirs et places de stationnement ainsi que la création et l'aménagement d'un parc avec des aires de jeux, des espaces naturels et des cheminements ;
- le facteur volontairement majorant de l'addition des expositions ;
- les cibles en extérieur pour un usage récréatif :
 - un adulte usager du parc et des espaces publics du quartier Schneider pendant 2 heures par jour, à raison de 365 jours par an et sur une durée de 30 ans ;
 - un enfant usager du parc et des espaces publics du quartier Schneider pendant 2 heures par jour, à raison de 365 jours par an et sur une durée de 6 ans ;
- avec en données d'entrée, la démarche majorante de considérer les teneurs maximales observées dans les sols ;
- la démarche majorante d'additionner les risques non cancérigènes sans tenir compte des organes cibles ;
- les incertitudes avec la prise en compte d'hypothèses réalistes ou majorants le risque, détaillées dans l'**annexe 1**.

L'Évaluation des Risques Sanitaires (EQRS) a mis en évidence les Excès de Risque Individuel (ERI) et les Quotients de Danger (QD) présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 1 : Synthèse des ERI et QD modélisés – ingestion de sols et inhalation de poussières – modélisation 1

Cible		Ingestion de sol	Inhalation de particules	Somme des voies d'exposition	Seuil
Adulte usager	ERI	4,8.10⁻⁰⁵	5,6.10 ⁻¹⁷	4,8.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	1,2	2,9.10 ⁻¹¹	1,2	1
Enfant usager	ERI	8,2.10⁻⁰⁵	1,1.10 ⁻¹⁷	8,2.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	10	2,9.10 ⁻¹¹	10	1
Cumul	ERI	1,3.10⁻⁰⁴	6,6.10 ⁻¹⁷	1,3.10⁻⁰⁴	10⁻⁰⁵

Tableau 2 : Synthèse des ERI et QD modélisés – ingestion de sols et inhalation de poussières – modélisation 2

Cible		Ingestion de sol	Inhalation de particules	Somme des voies d'exposition	Seuil
Adulte usager	ERI	1,8.10⁻⁰⁵	3,7.10 ⁻¹⁷	1,8.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	5,1.10 ⁻⁰¹	9,3.10 ⁻¹²	5,1.10 ⁻⁰¹	1
Enfant usager	ERI	3,0.10⁻⁰⁵	7,4.10 ⁻¹⁸	3,0.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	4,3	9,3.10 ⁻¹²	4,3	1
Cumul	ERI	4,7.10⁻⁰⁵	4,5.10 ⁻¹⁷	4,7.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵

L'Évaluation des Risques Sanitaires (EQRS) a mis en évidence des sommes des Excès de Risque Individuel (ERI) et des Quotients de Danger (QD) supérieures ou faiblement inférieures aux seuils de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués (ERI < 10⁻⁰⁵ et QD < 1), pour les cibles vis-à-vis des voies d'exposition.

Les résultats détaillés dans l'**annexe 1** mettent en évidence que ce sont notamment les teneurs en arsenic et en plomb qui entraînent les dépassements des seuils ERI et QD de la méthodologie.

Ainsi, suite au retrait des trois zones de pollution concentrée mises en évidence sur le site dans le cadre du diagnostic de pollution (référence : C.24.OR.137_DIAG) et sur la base du scénario et des hypothèses pris en compte dans notre étude, des mesures constructives spécifiques et / ou des mesures de gestion complémentaires seront malgré tout nécessaires d'un point de vue sanitaire pour la réalisation du projet.

Les paramètres retenus pour l'approche des risques sanitaires sont fournis en **annexe 1**.

Le détail des calculs de risques sanitaires menés dans le cadre de notre Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est fourni en **annexe 2**.

*

* *

5. MESURES DE GESTION (A330)

La proposition de mesures de gestion est un processus progressif, itératif, évolutif et interactif, qui pourra être modifié au cours du projet de réaménagement, en cas d'évolution de ce dernier ou en cas d'obtention d'informations complémentaires relatives à la qualité des milieux.

Les paragraphes suivants prennent en considération un usage récréatif (parc et espaces publics).

Dans ce chapitre, il ne sera présenté que les points essentiels et les conclusions. Afin de prendre connaissance de l'ensemble du détail des mesures de gestion, il conviendra de se reporter à l'**annexe 3**.

5.1. Problématique du plan de gestion

Suite au diagnostic pollution mené sur le site sur le milieu sol (référence : C.24.OR.137), deux types de pollution ont été mises en évidence sur le site :

- des sources de pollution concentrées, localisées sur certaines zones du site ;
- des anomalies de concentration pouvant être qualifiées de « pollution diffuse » et généralisées à l'ensemble du site.

En présence d'une pollution concentrée, la mise en place de mesures de gestion spécifiques est jugée nécessaire.

En présence d'une pollution diffuse, la mise en place de mesures de gestion spécifiques est nécessaire uniquement si les modélisations EQRS montrent un risque inacceptable. Ce qui est le cas dans le cadre de la présente étude puisque le risque d'ingestion de sols et de poussières contaminées en extérieur n'est pas acceptable (cf. chapitre 4). **La mise en place de mesures de gestion spécifiques pour la pollution diffuse est donc également nécessaire.**

La suite du Plan de Gestion permettra de définir la compatibilité entre les usagers, l'environnement et les mesures constructives de gestion mises en œuvre dans le cadre des aménagements afin de maîtriser les pollutions concentrées et diffuses.

A noter toutefois que les enjeux sanitaires sont maîtrisés pour :

- l'inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant ;
- l'usage des eaux souterraines ;
- l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec de l'eau de distribution contaminée ;
- le contact direct, l'ingestion et/ou l'inhalation de particules de sols contaminées dans les boisements présents sur la friche minière.

5.2. Définition et application des mesures de gestion des pollutions concentrées dans les sols

Le présent chapitre vise à proposer des mesures de gestion spécifiques à chaque zone de pollution concentrée mise en évidence dans les sols sur le site.

Pour rappel, 3 zones de pollution concentrée (ZPC) ont été mises en évidence sur le site :

- une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S27, S29 et S30 réalisés sur la zone « terril » (nommée ZPC1) ;
- une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S57, S44 et S49 réalisés sur la zone « terrains en friche » (nommée ZPC2) ;
- une zone de pollution concentrée en PCB au niveau du sondage S2 réalisé sur la zone « voiries et trottoirs » (nommée ZPC3).

Le détail des mesures de gestion proposées pour chaque zone de pollution concentrée est présenté dans les chapitres 3, 4 et 5 de l'**annexe 3**. Les points essentiels et les conclusions sont présentés dans le tableau en page suivante.

Tableau 3 : Synthèse des mesures de gestion proposées pour le traitement des pollutions concentrées

Caractéristiques de la ZPC	Localisation	Délimitation horizontale	Délimitation verticale	Projet	Mesures de gestion proposées
ZPC1					
Zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds	Autour des sondages S27, S29 et S30 réalisés sur la zone « terril »	Délimitée partiellement par des sondages relativement éloignés	Non délimitée	<ul style="list-style-type: none"> réaménagement des cheminements piétonniers ; conservation des boisements existants. 	La réalisation d'un bilan coûts-avantages n'est pas pertinente. GÉauPole recommande la réalisation d'un diagnostic complémentaire de la qualité des sols puis de mettre en place une surveillance environnementale des eaux souterraines.
ZPC2					
Zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds	Autour des sondages S57, S44 et S49 réalisés sur la zone « terrains en friche »	Délimitée totalement mais avec certains sondages relativement éloignés	Délimitée à 1,50 m de profondeur	<ul style="list-style-type: none"> aménagement de deux zones de prairie pour de l'éco-pâturage ; création d'un cheminement central séparant les deux zones de prairie ; réaménagement des cheminements piétonniers périphériques. 	<p>Le bilan coûts-avantages fait ressortir deux scénarii de gestion tous deux adaptés au site, au projet et aux caractéristiques des polluants identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>scénario 1</u> : excavation et élimination en centre de stockage des déchets (hors site) des matériaux ; <u>scénario 2</u> : dépollution par inertage in-situ et confinement par couverture et étanchéification (in-situ). <p>ZPC2 = <u>21 600 tonnes</u> de matériaux à traiter. <u>Coût du scénario 1</u> : 2 892 000 euros HT pour l'envoi en Biocentre des terres à excaver pour traiter la ZPC2. ⇒ Alternatives possibles pour les filières d'évacuation et la mise en place de terres de substitution. <u>Coût du scénario 2</u> : 3 744 000 euros HT pour dépolluer la ZPC2 par inertage. <u>Pollutions résiduelles après traitement de la source</u> : confinement des terrains via l'apport d'une couche de terre végétale saine.</p>
ZPC3					
Zone de pollution concentrée en PCB	Sous la couche de forme du sondage S2 réalisé sur la zone « voiries et trottoirs » (rue Cité Paul Schneider)	Délimitée totalement	Délimitée à 1,30 m de profondeur	<ul style="list-style-type: none"> requalification des voiries et trottoirs via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales. 	<p>La réalisation d'un bilan coûts-avantages complet n'est pas pertinente. GÉauPole recommande de purger la ZPC3 puis de vérifier les teneurs résiduelles après terrassement via la réalisation de prélèvements et analyses en en bords et fond de la fouille constituée.</p> <p>ZPC3 = <u>1 170 tonnes</u> de matériaux à traiter. <u>Coût de gestion</u> : 127 650 euros HT pour l'envoi en Biocentre des terres à excaver pour traiter la ZPC2. ⇒ Alternatives possibles pour les filières d'évacuation et la mise en place de terres de substitution.</p>

5.3. Définition et application des mesures de gestion des pollutions diffuses dans les sols

Le présent chapitre vise à maîtriser les impacts potentiels liés à la présence d'anomalies diffuses de polluants dans les sols.

Pour rappel, des pollutions diffuses ont été mises en évidence sur le site :

- une pollution diffuse et forte en HCT, HAP et métaux lourds (notamment en arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc), généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ;
- une pollution diffuse et modérée en BTEX et PCB, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées.

Le tableau en page suivante expose les différentes préconisations, émises sur la base des informations en notre possession au stade du présent rapport, afin de maîtriser les différentes typologies de risque générés par la présence de traces diffuses de polluants au droit du site étudié. Le détail des explications est fourni au chapitre 6 de l'annexe 3.

Tableau 4 : Synthèse des mesures de gestion globales des sources diffuses

Risque	Niveau de risque	Mesures de gestion proposées
Contact direct (contact et ingestion) et/ou par inhalation de particules	Acceptable	<u>Boisements</u> : Aucune mesure de gestion proposée en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces (hors zone de pollution concentrée ZPC1). A noter toutefois qu'il est conseillé de bien matérialiser les cheminements piétonniers pour limiter d'avantage l'accès à ces secteurs.
	Non acceptable	<u>Surfaces engazonnées ou prairiales, massifs plantés et fosses d'arbre</u> : Les zones non recouvertes dans le cadre du projet devront être confinées via la mise en place de terre végétale d'apport saine sur une épaisseur minimale de 30 cm après tassement, accompagnée d'un geotextile à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport.
	Désactivé	<u>Reste du site</u> : Le projet prévoit la mise en place d'un revêtement d'épaisseur et de qualité suffisante au droit des chaussées, chaussées réservoir, parkings, accès charretier, trottoirs, aires de jeux, cheminements et noues d'infiltration.
Ingestion de végétaux autoproduits	Non déterminé	En présence d'arbres fruitiers sur le site il est recommandé la réalisation d'un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (fruits) pour vérifier l'absence de risque de bioaccumulation et donc d'ingestion de fruits contaminés pour les futurs usagers du site. En cas d'impact constaté sur les fruits échantillonnés, des mesures de gestion complémentaires seront à considérer. Par ailleurs, toute plantation d'arbres fruitiers en pleine terre est à proscrire au droit du site d'étude (uniquement arbres d'ornement).
Infiltration des eaux pluviales (uniquement si faisabilité de l'infiltration vérifiée)	Non acceptable	<u>Secteurs des sondages S2 et S15</u> : Les secteurs des sondages S2 et S15 devront faire l'objet d'une attention particulière en phase travaux avec des sur-profondeurs de purge prévisibles. Les terrassements prévus au niveau de ces sondages dans le cadre de la création des ouvrages d'infiltration devront atteindre : <ul style="list-style-type: none"> • 1,30 m de profondeur minimum dans le cadre de la purge de la pollution concentrée ZPC3 (sondage S2) ; • 1,00 m de profondeur minimum au droit du sondage S15 ; Il conviendra de vérifier les teneurs résiduelles afin de s'assurer de teneurs compatibles avec une infiltration.
	Non déterminé	<u>Secteurs des sondages S5 à S13, S17 à S19, S31 et S53 à S55</u> : L'infiltration des eaux pluviales ne sera possible qu'après une purge des remblais et la réalisation d'analyses en laboratoire sur le terrain naturel attestant de la compatibilité chimique (contrôle des lixiviats) avec l'infiltration.
	Acceptable	<u>Reste du quartier</u> : Compte-tenu de la qualité environnementale du terrain naturel, l'infiltration des eaux pluviales est possible sous réserve d'ancrer les ouvrages d'infiltration dans le terrain naturel après purge des remblais résiduels. Si la purge totale des remblais résiduels n'est pas possible pour des raisons techniques, l'infiltration ne pourra être envisagée que si les analyses réalisées en laboratoire sur des échantillons en attestent la compatibilité chimique (contrôle des lixiviats). De manière générale, nous conseillons de contrôler la qualité chimique des sols conservés après décaissement à la cote projet.
Inhalation de substances volatiles	Acceptable	D'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur.
Usage des eaux souterraines	Non acceptable	Il est recommandé de proscrire l'usage des eaux souterraines au droit du site.
Canalisations d'eau potable	Acceptable	Le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations eau potable. A noter toutefois que des canalisations sont présentes au niveau des voiries et trottoirs du quartier.

5.4. Gestion du risque dans le cadre de la réalisation de travaux

5.4.1. Préconisations spécifiques à la gestion des pollutions concentrées et diffuses

La présence et la manipulation de terres polluées (ou potentiellement) nécessitent la prise de précaution vis-à-vis des travailleurs et des personnes pouvant être en contact (direct ou non) avec les sols pollués pendant la phase de travaux.

Les mesures élémentaires de prévention de la santé des travailleurs sont, a minima :

- le balisage des zones de traitement ;
- le respect des règles d'hygiène (interdiction de manger, boire et fumer dans la zone de chantier, nettoyage des mains et retrait des vêtements de travail en fin de journée, ...) ;
- la rédaction, diffusion et affichage des procédures et consignes diverses ;
- le port d'équipements de protection individuelles (EPI) adaptés (gants, maques filtrants, ...) ;
- les mesures de protection collectives (contrôle des émissions de poussières, bâchage des bennes de transport, balayage des voiries, ...).

Concernant les remblais pollués au plomb présents sur le site, conformément aux recommandations de l'INRS, des mesures de prévention de la santé des travailleurs seront à mettre en place. En effet, c'est une problématique spécifique à prendre en compte pour réaliser le chantier en limitant les risques pour les travailleurs et les avoisinants.

Ces prescriptions devront être prises en compte dans le Plan Général de Coordination (PGC) et le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS).

5.4.2. Préconisations générales

L'entreprise en charge des travaux de terrassements devra impérativement assurer :

- le contrôle de la réalisation d'un tri sélectif des terres à terrasser à l'avancement respectant le maillage et les hypothèses qui auront été définis dans le cadre du plan de terrassement des matériaux à excaver mis en place par l'entreprise de terrassement en phase préparatoire et appuyé par des analyses de contrôle des matériaux ;
- la traçabilité des opérations (mouvement de terres, quantités, destinations, etc.) ;
- la réalisation d'analyses des terres à laisser en place afin de vérifier la compatibilité des teneurs résiduelles.

Toute terre excavée présentant des constats organoleptiques anormaux (odeur, couleur, traces d'huiles, etc...) devra faire l'objet d'une gestion particulière en vue d'un contrôle de la qualité des terres avant leur gestion hors-site.

5.4.3. *Préconisations relatives à la gestion des déblais inertes*

Avant toute livraison d'un déchet ayant les mêmes caractéristiques, le producteur des déchets remet à l'exploitant de l'installation de stockage de déchets inertes un document préalable indiquant l'origine, les quantités et le type de déchets (Article 8 de l'arrêté 12 décembre 2014). Ce document est signé par le producteur des déchets et les différents intermédiaires le cas échéant.

Dans le cas de terres provenant de sites contaminés, le producteur des déchets effectue une procédure d'acceptation préalable (FIP) afin de disposer de tous les éléments d'appréciation nécessaires sur la possibilité de stocker ces déchets en installations de stockage de déchets inertes. Cette procédure contient a minima une évaluation du potentiel polluant des terres par un essai de lixiviation et une analyse en contenu total (analyses réalisées dans le cadre du présent rapport).

Le transporteur en charge de l'acheminement des déblais devra être détenteur d'une autorisation de transport de déchets. De plus, il est nécessaire de bâcher les camions pour éviter toute contamination par envol de poussières.

En outre, d'après l'article 6 de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014, certaines installations de stockages de déchets inertes disposent d'une dérogation spécifique (appelées ISDI+) permettant l'acceptation de concentrations sur éluat supérieures à celles définies dans l'arrêté. Les modalités à respecter sont identiques à celles d'un déblai inerte.

Dans le cadre de la valorisation de matériaux, le stockage provisoire devra se faire selon les règles de l'art que ce soit sur site ou hors site.

5.4.4. *Préconisations relatives à la gestion des déblais non inertes*

Au cours des travaux, les déblais non inertes, au sens de l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes, nécessiteront des mesures de gestion particulières.

Ainsi, les déblais considérés comme non inertes doivent être orientés :

- vers un biocentre dans le cadre de la purge des pollutions concentrées ;
- vers une Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND) pour les autres déblais générés par le projet.

Dans le cadre de la gestion des déblais non inertes, l'entreprise en charge des travaux devra se rapprocher de la filière de gestion retenue et différentes pièces administratives devront être obtenues préalablement aux mouvements de terre, ou être réalisées pendant les travaux d'excavation et d'élimination, à savoir :

- certificat d'acceptation préalable (CAP) ;
- autorisation préfectorale de transport de terre non admissible en ISDI ;
- bordereaux de suivi des déchets (BSD).

L'ensemble de ces démarches se réalise sur le site gouvernemental Trackdéchets.

De plus, il est préconisé de bâcher les camions pour éviter toute contamination par envol de poussières.

Remarque : dans le cas où les déblais non inertes seraient évacués vers une filière belge, des démarches administratives spécifiques seront à considérer (dossiers de transfert transfrontaliers, etc..).

5.4.5. Mesures en cas de découverte d'une contamination non-identifiée à ce jour

En cas de découverte d'une contamination non-identifiée lors de notre diagnostic réalisé sur le site, l'entreprise en charge des travaux d'aménagement devra en informer dans les plus brefs délais le maître d'ouvrage.

La zone concernée devra faire l'objet d'un traitement adapté, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Le coût éventuel de gestion d'une telle découverte ne peut être chiffré dans le cadre du présent rapport.

De plus, conformément aux recommandations du guide « Interventions sur sols pollués – Prévention du risque chimique », édité par OPPBTP en janvier 2012, l'entreprise en charge des travaux d'aménagement doit :

- avertir le maître d'ouvrage ou le donneur d'ordre ;
- informer le médecin du travail, en vue d'un éventuel suivi médical des salariés ;
- baliser la zone polluée ;
- suspendre les travaux dans l'attente des résultats du diagnostic.

5.5. Mesures de contrôle de l'application des mesures de gestion proposées

Conformément à la méthodologie nationale, un suivi de la bonne application des mesures de gestion préconisées devra être réalisé par un prestataire indépendant des entreprises en charge de la réalisation des opérations de gestion de la pollution. Le tableau en page suivante présente, dans le contexte du projet objet du présent rapport, les différentes mesures de suivi à réaliser pour chaque phase.

Tableau 5 : Mesures de suivi et de contrôles à mettre en œuvre

Mesure de gestion	Contrôle
Confinement des surfaces engazonnées, prairiales, massifs plantés et fosses d'arbres (selon recommandations)	Le contrôle de la mise en place de la couverture de terre végétale saine (épaisseur respectée après compactage), accompagnée d'un géotextile (membrane étanche) à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport.
	Le contrôle de la qualité de la terre végétale apportée (prélèvements et analyses).
Confinement des surfaces sur le reste du site (selon projet)	Le contrôle de la mise en place du confinement sur des épaisseurs suffisantes.
Vérification du risque d'ingestion de fruits contaminés	Le contrôle de la réalisation d'un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (fruits) et la mise en place de mesures de gestion le cas échéant.
Restrictions d'usage pour les plantations et cultures	Le contrôle du respect de l'interdiction de mise en place de plantations d'arbres fruitiers ou de cultures en pleine terre. À défaut, la mise en place uniquement d'arbres d'ornement.
Restrictions pour l'infiltration des eaux pluviales	<u>Secteurs des sondages S2 et S15</u> : le contrôle des terrassements d'une profondeur minimale de 1,30 m de profondeur pour le secteur S2 et 1,00 m de profondeur au droit du sondage S15 <u>et</u> le contrôle des teneurs résiduelles afin de s'assurer de teneurs compatibles avec une infiltration.
	<u>Secteurs des sondages S5 à S13, S17 à S19, S31 et S53 à S55</u> : le contrôle de l'ancrage des ouvrages d'infiltration dans le terrain naturel après purge des remblais résiduels <u>et</u> le contrôle des analyses réalisées en laboratoire sur des échantillons attestant la compatibilité chimique.
	<u>Reste du quartier</u> : le contrôle de l'ancrage des ouvrages d'infiltration dans le terrain naturel après purge des remblais résiduels <u>ou</u> le contrôle des analyses réalisées en laboratoire sur des échantillons attestant la compatibilité chimique le cas échéant.
Restrictions d'usage pour les eaux souterraines	Le contrôle du respect de l'interdiction d'usage des eaux souterraines au droit du site.
Canalisations d'eau	Aucun contrôle à réaliser car le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations.
Gestion des déblais issus de la purge des sources de pollution et des terrassements généraux du projet	Le contrôle du respect des mesures de prévention pour la manipulation de terres polluées.
	Le contrôle de la réalisation d'un tri à l'avancement respectant le maillage et les hypothèses qui auront été définies dans le cadre du plan de terrassement des matériaux à excaver mis en place par l'entreprise de terrassement en phase préparatoire et appuyé par des analyses de contrôle des matériaux.
	Le contrôle analytique de la pollution résiduelle après terrassement et après purges des pollutions concentrées.
	Le suivi de la gestion des terres évacuées hors site via Trackdéchets (tonnage, filière, analyses complémentaires éventuelles pour préciser la filière d'élimination).
	En cas de valorisation, le contrôle des modalités de stockage et la réalisation des analyses en laboratoires nécessaires.

L'ensemble des mesures mises en œuvre devra être validé / consigné dans un dossier de récolement des travaux.

5.6. Conservation en mémoire des mesures mises en place

Le maintien « d’anomalies résiduelles » au droit du site nécessitera de mettre en place des mesures de gestion de conservation de la mémoire du site :

- maintien d’un usage pour lequel le présent plan de gestion a été établi ;
- nécessité d’actualiser le plan de gestion en cas d’évolution du projet (réalisation d’un plan de gestion spécifique pour chaque projet d’aménagement envisagé) ;
- nécessité de garantir le recouvrement des remblais laissés en place ou mis en merlon ;
- dispositions à respecter en cas d’élimination de terres hors site.

La qualité des sols, ainsi que les éventuels mouvements de terre, seront gardés en mémoire et annexés aux actes notariés et documents d’urbanisme.

*
* * *

6. SCHÉMA CONCEPTUEL APRÈS MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE GESTION

6.1. Identification des sources de pollution diffuses et/ou résiduelles

Après mise en place des mesures de gestion précitées, les sources de pollution résiduelles identifiées sont données dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Sources de pollution diffuses et/ou résiduelles au droit du site

Milieu	Source de pollution
Sols	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution diffuse et forte en HCT, HAP et métaux lourds (notamment en arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc), généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ; • Pollution diffuse et modérée en BTEX et PCB, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ; • Impact localisé en COHV au niveau du sondage S17 réalisé dans la zone « voiries et trottoirs ».
Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • Impact en métaux lourds sur l'ensemble des ouvrages ; • Impact en HAP (chrysène) au droit du PZ4.

6.2. Identification des cibles

En l'état actuel et dans le cadre du projet, les cibles sont les personnes (adultes et enfants) se rendant sur le quartier Schneider (personnes résidentes ou extérieures au quartier) ainsi que les travailleurs dans le cadre du chantier.

6.3. Identification des voies de transfert et d'exposition

Sur la base de l'usage du site dans son état futur, les modes de transfert et voies d'exposition potentiels synthétisés dans le tableau en pages suivantes ont été retenus.

Tableau 7 : Voies de transfert et d'exposition avec mesures de gestion (1/2)

Sources considérées	Modes de transfert possibles	Milieux d'exposition	Voies d'exposition potentielles	Pertinence		Remarque
				Sur site	Hors site	
Sols pollués	Contact direct	Sol	Contact cutané	DÉSACTIVÉE ou ACCEPTABLE	POSSIBLE	La voie d'exposition est jugée acceptable dans les boisements en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces.
	Contact direct	Sol	Ingestion			Des précautions en phase chantier devront être mises en place.
	Émissions volatiles	Air	Inhalation de vapeurs	ACCEPTABLE	POSSIBLE	Des composés volatils ont été identifiés dans les sols échantillonnés sur le site. Aucun bâtiment sur site en l'état actuel et dans le cadre du projet mais le quartier comporte des logements. D'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur.
	Envol de poussières	Poussières	Inhalation et ingestion	DÉSACTIVÉE ou ACCEPTABLE	POSSIBLE	La voie d'exposition est jugée acceptable dans les boisements en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces. La voie d'exposition est considérée comme désactivée sur le reste du site sous réserve du confinement des sols en place conformément aux recommandations émises. Des précautions en phase chantier devront être mises en place.
	Absorption par les fruits ou les légumes	Fruits et légumes	Ingestion de fruits et de légumes	POSSIBLE	POSSIBLE	La voie d'exposition ne peut pas être écartée du fait de la présence d'arbres fruitiers en l'état actuel sur le site. Dans le cadre du projet, toute plantation d'arbres fruitiers en pleine terre est à proscrire au droit du site d'étude (uniquement arbres d'ornement).
	Diffusion vers les canalisations	Eau de distribution	Inhalation, ingestion et contact cutané	NON	POSSIBLE	Le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations eau potable. A noter toutefois que des canalisations sont présentes au niveau des voiries et trottoirs du quartier.

Tableau 8 : Voies de transfert et d'exposition avec mesures de gestion (2/2)

Sources considérées	Modes de transfert possibles	Milieux d'exposition	Voies d'exposition potentielles	Pertinence		Remarque
				Sur site	Hors site	
Nappe ou eau de surface polluée	Contact direct	Eau	Contact cutané	NON	POSSIBLE	La voie d'exposition n'est pas retenue sous réserve d'application stricte de l'interdiction d'utilisation des eaux souterraines au droit du site.
	Contact direct	Eau	Ingestion	NON	POSSIBLE	La voie d'exposition n'est pas retenue sous réserve d'application stricte de l'interdiction d'utilisation des eaux souterraines au droit du site.
	Émissions volatiles	Air	Inhalation de vapeurs	DÉSACTIVÉE	POSSIBLE	Les concentrations en composés volatils sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire dans les eaux souterraines analysées. Aucun bâtiment sur site en l'état actuel et dans le cadre du projet mais le quartier comporte des logements. D'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur.
	Aspersion de fruits et légumes	Fruits et légumes	Ingestion	NON	POSSIBLE	La voie d'exposition n'est pas retenue sous réserve d'application stricte de l'interdiction d'utilisation des eaux souterraines au droit du site.
	Bioaccumulation (eau de surface)	Poissons	Ingestion	NON	POSSIBLE	Voie non retenue sur site mais est possible hors site. À noter toutefois que le projet n'a pas d'impact pénalisant sur cette voie d'exposition (si respect des recommandations pour l'infiltration).

*

* *

7. LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ÉCARTS

7.1. Incertitudes liées aux calculs de risques

Les incertitudes liées aux calculs de risques sanitaires sont présentées en annexe 1.

7.2. Autres limites ou incertitudes

Cette étude a été réalisée suivant la méthodologie nationale des sites et sols pollués et conforme aux pratiques et normes en vigueur dans le domaine.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les conditions du site telles qu'observées lors de la visite de site et des investigations et sur les informations fournies par les responsables du projet. Les informations obtenues sont supposées être exactes.

Les calculs de cubature et de tonnage sont soumis à de fortes incertitudes en lien avec le foisonnement, la pollution, les techniques de terrassement, etc...

Les remarques sur la faisabilité chimique de l'infiltration sont tributaires des incertitudes sur la faisabilité physique de cette infiltration (cf. remarque du paragraphe 6.5 de l'annexe 3).

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. Une utilisation erronée qui pourrait en être faite suite à une diffusion ou reproduction partielle ne saurait engager la société GÉauPole.

7.3. Justification des écarts

La présente étude a été conduite et élaborée sans écart majeur par rapport à la mission décrite dans la proposition technique et financière D.24.OR.166.

*
* * *

8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

8.1. Remarques générales

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

- les données fournies par le client ;
- les observations faites sur le site dans le cadre de nos différentes interventions ;
- les résultats issus des investigations et des analyses chimiques effectuées dans le cadre de l'ensemble des études environnementales menées sur le site.

Les observations et mesures ont été réalisées en accord avec les responsables du projet, en des points spécifiques précisées dans nos précédentes études ; ceci s'accommodant des disponibilités, des prescriptions et des conditions d'accès au site au moment de nos interventions, et dans les limites périmétriques et volumétriques de la zone d'étude définie préalablement.

On précisera que la représentativité des analyses et des résultats ne peut s'appliquer à l'ensemble du site étudié, compte tenu de la non-reconnaissance dans sa totalité. Ainsi, les données et résultats obtenus sont applicables uniquement au droit des investigations réalisées et des analyses en découlant.

Ce rapport reflète l'état au moment de nos investigations et ne tient pas compte des données fournies ultérieurement à sa date d'émission.

8.2. Recommandations

Sur la base des résultats issus des modélisations et du projet de requalification envisagé sur le quartier Schneider, les recommandations suivantes peuvent être émises :

- **maintenir un usage pour lequel le présent plan de gestion a été établi.** En cas d'évolution du projet par rapport aux hypothèses prises en compte dans le présent rapport (et notamment des plans transmis pour l'étude), une nouvelle analyse des risques sanitaires devra être réalisée afin d'actualiser le plan de gestion ;
- **appliquer strictement les mesures de gestion préconisées pour le traitement des zones de pollution concentrée,** à savoir :
 - pour la gestion de la ZPC1 : réaliser un diagnostic complémentaire de la qualité des sols puis mettre en place une surveillance environnementale des eaux souterraines ;
 - pour la gestion de la ZPC2 : excaver et éliminer hors site les matériaux impactés ou dépolluer la zone par inertage puis confiner les terrains restant en place ;
 - pour la gestion de la ZPC3 : purger les matériaux impactés puis vérifier les teneurs résiduelles après terrassement ;
- **appliquer strictement les mesures de gestion préconisées pour maîtriser les pollutions diffuses,** à savoir :
 - matérialiser les espaces boisés pour en limiter l'accès ;

- confiner les sols en place via les revêtements prévus au projet ou la mise en place de terre végétale d'apport ;
- réaliser un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (fruits) et considérer des mesures de gestion complémentaires le cas échéant ;
- proscrire la plantation d'arbres fruitiers sur le site et privilégier les arbres d'ornement ;
- purger les remblais et contrôler la qualité chimique des sols conservés après décaissement pour confirmer la possibilité d'infiltrer les eaux pluviales dans le terrain naturel ;
- proscrire l'usage des eaux souterraines sur le site ;
- **gérer l'excavation et l'évacuation hors site** des matériaux conformément aux recommandations du plan de gestion ;
- **réaliser un suivi** de la bonne application des mesures de gestion préconisées ;
- **gérer de manière spécifique** les matériaux en cas de découverte d'une pollution non identifiée ;
- être vigilant à la possibilité de présence de matériaux amiantés (non observés au droit des sondages réalisés) compte tenu de l'hétérogénéité des remblais et de la présence de déchets anthropiques. Pour rappel, la recherche d'amiante est exclue des prestations d'études, d'assistance et de contrôle en Sites et Sols Pollués. Compte tenu de la présence de déblais anthropique, il conviendra de prendre toutes les mesures de précaution vis à vis de la présence éventuelle de matériau pouvant contenir de l'amiante (fibrociment, ancien tuyau, etc.) lors des travaux d'aménagement par l'entreprise en charge des terrassements.

La qualité des sols, ainsi que les éventuels mouvements de terre, seront gardées en mémoire et annexés aux actes notariés et documents d'urbanisme.

*
* * *

Conformité avec la norme NF X31-620 : Prestations de services relatives aux sites et sols pollués

Le bureau d'études GÉauPole applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du Ministère de l'Environnement, initiée en février 2007 et exprimée dans les circulaires de 2007 et 2017. Le bureau d'études GÉauPole réalise ses prestations dans le respect de la norme AFNOR NF X31-620.

Le bureau d'études GÉauPole est certifié LNE pour des prestations de services relatives aux domaines A et D des Sites et Sols Pollués, concernant les parties de la norme NF X31-620 suivantes :

- Partie 1 : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences générales.
- Partie 2 : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Partie 5 : Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués — Exigences pour la réalisation des attestations de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement.

La codification des prestations selon le référentiel de certification des sites et sols pollués, pour le domaine A, est présentée en **annexe 4**.

*
* * *

Nous restons à la disposition des responsables du projet et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Aurore LECIGNE, Chef de Projet	Céline GREGORSKI, Chef de Projet	Éric CHARDIGNY, Superviseur
		

*
* * *

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. Toute communication ou reproduction de ce rapport et annexes ou toute interprétation dépassant les recommandations émises ne saurait engager la responsabilité de GÉauPole, sauf en cas d'accord préalablement établi.

*
* *

Limites d'utilisation d'une étude de pollution

Une étude de pollution du milieu souterrain a pour objectif de renseigner sur la qualité des milieux de type, sols, eaux, etc.. Ainsi, toute utilisation en dehors de ce contexte ne saurait engager la responsabilité de notre société.

On précisera que la représentativité des analyses et des résultats ne peut s'appliquer à l'ensemble du site étudié, compte tenu de la non-reconnaissance dans sa totalité et/ou de l'inaccessibilité de certaines zones par les investigations exécutées. Ainsi, les données et résultats obtenus sont applicables uniquement au droit des investigations réalisées et des analyses en découlant, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques collectées ou indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution.

Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel et/ou artificiel.

Cette étude reflète l'état au moment de nos investigations et ne tient pas compte des événements ultérieurs pouvant modifier la situation observée à cet instant.

*
* *

Accord de confidentialité

GÉauPole s'engage à garder strictement confidentiel et à ne pas divulguer ou communiquer à des tiers, par quelque moyen que ce soit, les documents, photos, données, savoir-faire, informations et autres renseignements qui lui seront transmis pour l'élaboration de la présente étude.

De plus, GÉauPole s'engage à ne communiquer les informations confidentielles indiquées comme telles par le client, qu'aux membres de son personnel, et si nécessaire aux sous-traitants (internes et/ou externes), dans le cadre d'un strict usage dû à l'étude.

Les informations confidentielles ne pourront être utilisées par GÉauPole que pour l'exécution de la présente mission définie dans l'offre. Toute autre utilisation sera soumise à l'autorisation écrite et préalable du Client qui les aura émises.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliqueront pas aux informations pour lesquelles GÉauPole peut prouver :

- qu'elle les possédait avant la date de communication par l'autre partie,
- que ces informations étaient du domaine public avant leur communication par l'autre partie ou qu'elles y soient entrées, par la suite, sans qu'une faute puisse être imputée à la partie qui les a reçues,
- qu'elle les ait reçues, sans obligation de secret, du client ou d'un tiers autorisé à les divulguer.

De plus, GÉauPole s'engage à ne transmettre une copie des produits finis (rapport, note, compte-rendu, etc.) qu'à son client, ou aux personnes que le client indique par écrit. En cas de sollicitation par d'autres parties pour en avoir copie, il devra faire état de cette demande au client et devra agir en stricte conformité avec les instructions du client.

Par accord de cette proposition, le client autorise GÉauPole à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. À défaut, GÉauPole s'entendra avec le client pour définir les modalités de l'usage commercial et scientifique de la référence.

*

* *

9. ANNEXES

Annexe 1

Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

1. MÉTHODOLOGIE

L'objectif d'une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est d'évaluer les risques ou les effets néfastes sur la santé humaine liés à l'exposition de substances chimiques présentes au droit d'un site en fonction des usages de celui-ci. Cela s'exprime par les deux objectifs spécifiques suivants :

- quantifier les effets liés aux substances non cancérigènes, et l'excès de risque lié aux substances cancérigènes ;
- recommander des mesures compensatoires si nécessaire.

Le risque est conditionné par la concomitance des facteurs suivants :

- une source de pollution ;
- un vecteur de transfert et de dispersion des polluants ;
- une cible.

Le calcul du risque sanitaire permet de déterminer la compatibilité entre l'état d'un site (source de pollution et vecteur de transfert) et son usage (cible) et, si besoin, de déterminer les mesures de gestion (par exemple les dispositions constructives adaptées) permettant de supprimer tout risque inacceptable.

Les niveaux de risques acceptables sont fixés par la circulaire du 8 février 2007, à savoir :

- pour les risques cancérigènes cumulatifs, un niveau de 10^{-5} , soit 1 cancer pour 100 000 personnes ;
- pour les effets toxiques, un niveau de 1, c'est-à-dire que la dose reçue est inférieure ou égale à la dose de référence.

La démarche d'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires peut être résumée en cinq étapes essentielles :

- l'identification des dangers (détermination des effets indésirables que les substances chimiques sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme) ;
- l'estimation des relations dose-réponse (estimation du rapport entre le niveau ou la dose d'exposition et l'incidence et la gravité des effets) ;
- l'estimation des expositions ;
- la caractérisation des risques sanitaires ;
- la prise en compte des incertitudes.

*

* *

2. DÉFINITION DU SCÉNARIO RETENU

2.1. Usage futur

Pour rappel, la phase 2 du projet de requalification et d'aménagement de la cité minière Schneider porté par la CAPH consiste en :

- la création possible d'une voirie « Voie Nouvelle » entre le terril et le quartier résidentiel au Nord ;
- la création d'un parc à l'interface entre le quartier Schneider, le parc des Soufflantes et la friche Marigny via :
 - au Nord : l'aménagement du parc du terril dans une démarche de renouvellement de l'image du quartier tout en préservant les milieux écologiques particuliers et la couronne de bosquets et de clairières ;
 - au centre : l'aménagement de l'entrée principale du parc ainsi que la création d'une aire de jeux à l'ambiance « nature » et d'un pump track ;
 - au Sud : l'aménagement de l'entrée secondaire du parc, la restructuration des prairies et leurs franges boisées destinées à de l'éco-pâturage ainsi que la création d'une aire de jeux plus « urbaine » accompagnée d'une structure sportive et de terrains de pétanque ;
 - le réaménagement des cheminements existants ;
- la requalification des voiries et trottoirs du quartier via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales.

2.2. Scénario retenu pour les modélisations

Le scénario retenu pour les modélisations « **risques en extérieur** » correspond à la prise en considération des teneurs maximales mesurées pour tous les polluants identifiés dans les sols sans mesure de gestion pour les voies d'exposition : inhalation de poussières et ingestion de sols.

Les modélisations sont réalisées en considérant les sols pollués directement en surface (0,0 m de profondeur).

Les revêtements actuels (enrobé ou gravier) ne sont pas pris en compte.

Les revêtements futurs ne sont pas pris en compte afin de déterminer si les surfaces enherbées du parc (bosquets, clairières, prairies pour l'éco-pâturage) ou les surfaces non revêtues (noues paysagères) nécessitent des dispositions particulières au regard de la pollution actuelle du site.

Le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiments et d'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur. Aussi, le risque par inhalation de composés volatils en intérieur n'est pas retenu.

2.3. Cibles potentielles selon les usages

Les « cibles » correspondent aux futurs usagers (adultes et enfants) du quartier Schneider (futurs espaces publics et parc).

Les caractéristiques des cibles pour l'usage considéré sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques de cibles et budget espace/temps associé – adulte usager

Paramètre	Valeur retenue	Source	Source d'information	Sensibilité vis-à-vis du risque
Caractéristiques des cibles – adulte usager				
Temps de séjour en extérieur	2 h /jour	Temps moyen de séjour quotidien en extérieur pour les déplacements et les loisirs	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante
	365 jours /an	Sortie quotidienne	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante
Durée de vie	70 ans	US EPA – Exposure factor handbook, 2011 / Human Health Evaluation Manual, Supplemental Guidance : Update of Standard Default Exposure Factors, 2014	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Durée d'exposition théorique	30 ans	Valeur retenue par l'INERIS – percentile 90 de la durée de résidence	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse majorante
Poids	70 kg	Hypothèse issue du modèle Johnson & Ettinger	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Taux d'ingestion pour le sol	50 mg/j	Valeur proposée par l'InVS et l'INERIS pour les adultes en première approche	Méthodologie nationale - avril 2017	Hypothèse réaliste
Taux d'inhalation à l'extérieur	1,6 m ³ /h	Hypothèse issue du logiciel Risc5	valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste

Tableau 2 : Caractéristiques de cibles et budget espace/temps associé – enfant usager

Paramètre	Valeur retenue	Source	Source d'information	Sensibilité vis-à-vis du risque
Caractéristiques des cibles – enfant usager				
Temps de séjour en extérieur	2 h /jour	Temps moyen de séjour quotidien en extérieur pour les déplacements et les loisirs	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante
	365 jours /an	Sortie quotidienne	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante
Durée de vie	70 ans	US EPA – Exposure factor handbook, 2011 / Human Health Evaluation Manual, Supplemental Guidance : Update of Standard Default Exposure Factors, 2014	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Durée d'exposition théorique	6 ans	Une personne est considérée enfant jusqu'à 6 ans	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Poids	15 kg	Hypothèse issue du modèle Johnson & Ettinger	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Taux d'ingestion pour le sol	91 mg/j	Valeur proposée par l'InVS et l'INERIS pour les enfants en première approche	Valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste
Taux d'inhalation à l'extérieur	1,2 m ³ /h	Hypothèse issue du logiciel Risc5	valeur bibliographique = valeur couramment admise	Hypothèse réaliste

En ce qui concerne les durées d'exposition, sur la base des justifications présentées dans les tableaux ci-avant, nous avons estimé que :

- les adultes usagers du parc et des espaces publics du quartier Schneider seraient présents tous les jours de l'année pendant 30 ans sur une durée de 2 h par jour ;
- les enfants usagers du parc et des espaces publics du quartier Schneider seraient présents tous les jours de l'année pendant 6 ans sur une durée de 2 h par jour.

2.4. Milieux et voies d'exposition

Ce paragraphe reprend en partie les éléments justifiés, dans le cadre du diagnostic pollution au stade du schéma conceptuel post-investigations (rapport C.24.OR.137_DIAG).

Le milieu d'exposition correspond à des sols non confinés. Les voies d'exposition par contact direct et inhalation de particules de sols sont prises en compte car l'aménagement futur comprend des surfaces non recouvertes. On note que ces voies d'exposition ne sont pas prises en compte au niveau des espaces confinés (gravier ou enrobé d'une épaisseur suffisante).

*

* *

3. IDENTIFICATION DES DANGERS

3.1. Sélection des substances

L'évaluation du potentiel dangereux des substances consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

La dangerosité d'une substance est évaluée selon les critères suivants :

- son comportement dans l'environnement, déterminé par ses caractéristiques physico-chimiques (solubilités, volatilités...), les substances ayant le plus de facilité, de par leurs caractéristiques physico-chimiques, à migrer ou s'accumuler dans les milieux d'expositions seront prises en compte ;
- les effets indésirables sur la santé que la substance est capable de provoquer chez l'homme, par la définition des valeurs de référence représentant la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable.

En l'état actuel et, avant tous travaux de réaménagement et/ou de dépollution, il a été considéré les teneurs maximales mesurées sur le site et ce, quel que soit le prélèvement concerné :

- pour les métaux : les teneurs supérieures aux valeurs de référence ;
- pour les paramètres organiques volatils (HCV C₅-C₁₀, BTEX et COHV) et les paramètres non volatils (HCT C₁₀-C₄₀, HAP, PCB et cyanures) : les teneurs supérieures à la limite de quantification du laboratoire.

Dans le cadre de notre étude nous avons considéré deux sélections de substances, à savoir :

- pour la modélisation 1 : l'ensemble des teneurs maximales dans les sols sur la totalité du site quel que soit le prélèvement concerné ;
- pour la modélisation 2 : l'ensemble des teneurs maximales dans les sols sur la totalité du site en dehors des trois zones de pollution concentrée mises en évidence suite au diagnostic de pollution (référence : C .24.OR.137_DIAG). Dans le cadre de cette modélisation, les teneurs quantifiées sur les sondages S2, S27, S29, S30, S44, S49 et S57 ne sont pas prises en compte.

Remarque : le molybdène n'est pas pris en compte dans les calculs de risque présentés ci-après car il n'est pas répertorié dans notre logiciel de modélisation. Toutefois, les concentrations identifiées restent modérées vis-à-vis du bruit de fond géochimique et ne représentent donc qu'un risque limité vis-à-vis des autres composés mis en évidence sur le site.

Les tableaux en pages suivantes résument les teneurs identifiées et retenues dans le cadre des modélisations réalisées.

Tableau 3 : Teneurs maximales mesurées dans les sols – modélisation 1

Source d'information		Rapport GÉauPole – C.24.OR.137_DIAG	
Composés décelés dans les sols	Unité	C _{max} mesurées dans les sols	Échantillon
Hydrocarbures totaux (HCT)			
Hydrocarbures totaux (C10-C16)	mg/kg MS	572	S27 (0,10 - 0,60 m)
Hydrocarbures totaux (C16-C22)	mg/kg MS	2350	S27 (0,10 - 0,60 m)
Hydrocarbures totaux (C22-C30)	mg/kg MS	5830	S27 (0,10 - 0,60 m)
Hydrocarbures totaux (C30-C40)	mg/kg MS	4900	S27 (0,10 - 0,60 m)
Indice hydrocarbures totaux (C10-C40)	mg/kg MS	13700	S27 (0,10 - 0,60 m)
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)			
Benzène	mg/kg MS	0,48	S60 (0,00 - 1,00 m)
Toluène	mg/kg MS	0,19	S65 (1,30 - 2,00 m)
m+p-xylène	mg/kg MS	0,78	S16 (1,00 - 2,00 m)
Composés Organo Halogénés Volatils (COHV)			
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0,22	S17 (1,60 - 2,00 m)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)			
Naphtalène	mg/kg MS	2,40	S27 (0,10 - 0,60 m)
Fluorène	mg/kg MS	12,0	S27 (0,10 - 0,60 m)
Phénanthrène	mg/kg MS	38,0	S27 (0,10 - 0,60 m)
Pyrène	mg/kg MS	36,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Benzo-(a)-anthracène	mg/kg MS	34,0	S27 (0,10 - 0,60 m)
Chrysène	mg/kg MS	33,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	24,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	7,90	S57 (0,15 - 0,60 m)
Acénaphthylène	mg/kg MS	3,00	S30 (0,05 - 0,30 m)
Acénaphène	mg/kg MS	10,0	S27 (0,10 - 0,60 m)
Anthracène	mg/kg MS	16,0	S27 (0,10 - 0,60 m)
Fluoranthène	mg/kg MS	42,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	51,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	18,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	31,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	19,0	S57 (0,15 - 0,60 m)
PolyChloroBiphényles (PCB)			
PCB totaux	mg/kg MS	29,9	S2 (0,30 - 1,30 m)
Métaux			
Antimoine	mg/kg MS	13,4	S57 (0,15 - 0,60 m)
Arsenic	mg/kg MS	29,3	S52 (0,10 - 1,10 m)
Cadmium	mg/kg MS	2,63	S65 (1,30 - 2,00 m)
Cuivre	mg/kg MS	183	S46 (0,10 - 1,10 m)
Molybdène	mg/kg MS	7,30	S61 (1,00 - 2,00 m)
Nickel	mg/kg MS	81,8	S60 (2,50 - 3,30 m)
Plomb	mg/kg MS	386	S60 (1,00 - 2,00 m)
Sélénium	mg/kg MS	4,05	S52 (0,10 - 1,10 m)
Zinc	mg/kg MS	947	S65 (1,30 - 2,00 m)
Mercure	mg/kg MS	4,13	S63 (0,20 - 1,00 m)
Cyanures			
Cyanures totaux	mg/kg MS	37,0	S57 (3,20 - 4,20 m)

Tableau 4 : Concentrations maximales mesurées dans les sols – modélisation 2 (hors zones de pollution concentrée)

Source d'information		Rapport GÉauPole – C.24.OR.137 DIAG	
Composés décelés dans les sols	Unité	C _{max} mesurées dans les sols	Échantillon
Hydrocarbures totaux (HCT)			
Hydrocarbures totaux (C10-C16)	mg/kg MS	33,7	S59 (1,00 - 1,40 m)
Hydrocarbures totaux (C16-C22)	mg/kg MS	110	S52 (0,10 - 1,10 m)
Hydrocarbures totaux (C22-C30)	mg/kg MS	230	S51 (0,10 - 1,10 m)
Hydrocarbures totaux (C30-C40)	mg/kg MS	190	S58 (0,10 - 0,40 m)
Indice hydrocarbures totaux (C10-C40)	mg/kg MS	498	S52 (0,10 - 1,10 m)
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)			
Benzène	mg/kg MS	0,48	S60 (0,00 - 1,00 m)
Toluène	mg/kg MS	0,19	S65 (1,30 - 2,00 m)
m+p-xylène	mg/kg MS	0,78	S16 (1,00 - 2,00 m)
Composés Organo Halogénés Volatils (COHV)			
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0,22	S17 (1,60 - 2,00 m)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)			
Naphtalène	mg/kg MS	0,21	S9 (0,30 - 0,80 m)
Fluorène	mg/kg MS	0,31	S60 (1,00 - 2,00 m)
Phénanthrène	mg/kg MS	3,80	S59 (1,00 - 1,40 m)
Pyrène	mg/kg MS	3,60	S18 (0,10 - 0,70 m)
Benzo-(a)-anthracène	mg/kg MS	3,50	S63 (1,00 - 2,00 m)
Chrysène	mg/kg MS	3,80	S18 (0,10 - 0,70 m)
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	3,20	S63 (1,00 - 2,00 m)
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	1,10	S61 (0,10 - 1,00 m)
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,36	S64 (0,20 - 1,20 m)
Acénaphtène	mg/kg MS	0,41	S33 (0,05 - 0,70 m)
Anthracène	mg/kg MS	1,20	S18 (0,10 - 0,70 m)
Fluoranthène	mg/kg MS	5,00	S18 (0,10 - 0,70 m)
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	7,80	S63 (1,00 - 2,00 m)
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	2,60	S63 (1,00 - 2,00 m)
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	2,60	S10 (1,00 - 2,00 m)
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	2,60	S63 (1,00 - 2,00 m)
PolyChloroBiphényles (PCB)			
PCB totaux	mg/kg MS	2,80	S48 (0,05 - 1,00 m)
Métaux			
Antimoine	mg/kg MS	7,19	S65 (1,30 - 2,00 m)
Arsenic	mg/kg MS	29,3	S52 (0,10 - 1,10 m)
Cadmium	mg/kg MS	2,63	S65 (1,30 - 2,00 m)
Cuivre	mg/kg MS	183	S46 (0,10 - 1,10 m)
Molybdène	mg/kg MS	7,30	S61 (1,00 - 2,00 m)
Nickel	mg/kg MS	81,8	S60 (2,50 - 3,30 m)
Plomb	mg/kg MS	386	S60 (1,00 - 2,00 m)
Sélénium	mg/kg MS	4,05	S52 (0,10 - 1,10 m)
Zinc	mg/kg MS	947	S65 (1,30 - 2,00 m)
Mercure	mg/kg MS	4,13	S63 (0,20 - 1,00 m)
Cyanures			
Cyanures totaux	mg/kg MS	37,0	S57 (3,20 - 4,20 m)

3.2. Sélection des Valeurs Toxicologiques de Références

Dans le cadre d'une EQRS, les éléments suivants sont recherchés :

- l'identification du potentiel dangereux des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérigènes, organes cibles ;
- l'évaluation de la relation dose-effet qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration absorbée ou administrée et l'incidence de l'effet délétère, ce qui correspond aux Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) :
 - pour les substances non cancérigènes (substances à seuil) : les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition, il est calculé le Quotient de Danger (QD);
 - pour les substances cancérigènes (substances sans seuil) : il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition, il est calculé l'Excès de Risque Individuel (ERI).

Les VTR sont établies à partir d'une analyse critique et systématique de l'ensemble des connaissances disponibles aux plans toxicologiques (études in vitro et in vivo), épidémiologiques et cliniques. Elles sont dérivées et actualisées par des instances internationales ou des structures nationales qui intègrent les avis d'experts issus de nombreuses disciplines scientifiques.

Les méthodes utilisées pour dériver une VTR peuvent varier d'une substance à l'autre. Ainsi, pour une même substance, une même voie et une même durée d'exposition, plusieurs VTR peuvent exister. La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/3017 du 31 octobre 2014, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, émise par le ministère de l'écologie, précise les directives suivantes pour la sélection des VTR :

- sélectionner la VTR construite par l'ANSES ;
- si aucune VTR n'a été construite par l'ANSES, sélectionner la VTR la plus récente émise par les bases de données suivantes : US-EPA, ATSDR et OMS ;
- si aucune VTR n'a été construite par les organismes mentionnés ci-avant, sélectionner la VTR la plus récente émise par les bases de données suivantes : Health Canada, RIVM, OEHHA et EFSA.

Cette hiérarchisation parmi les sources d'information a été respectée dans la présente étude.

Concernant les hydrocarbures totaux (HCT), les organismes présentés ci-dessus ne proposent pas de valeurs toxicologiques de référence par substance. Étant donnée la complexité de la composition des HCT, plusieurs organismes dont le TPHCWG (TPH Criteria Working Group) ont préféré une approche par fraction basée sur la toxicologie et/ou sur leur comportement environnemental (mobilité, volatilité...) à une approche globale des HCT. Cette approche est reprise par le RIVM. Dans la suite de l'étude, l'approche du TPHCWG qui définit 13 fractions (6 fractions aliphatiques et 7 fractions aromatiques) selon le concept d'Équivalent Carbone (EC) sera retenue. Les fractions analysées seront assimilées aux fractions TPH définies par le TPHCWG. Les valeurs toxicologiques indiquées par cet organisme seront donc retenues.

Remarque : aucun bilan hydrocarbures par méthode TPH n'a été réalisé sur les échantillons de sols issus des investigations menées sur le site, ainsi, dans les modélisations réalisées, il est retenu les assimilations suivantes :

- les hydrocarbures C₁₀-C₁₆ pour les TPH C₁₀-C₁₂ et C₁₂-C₁₆ ;
- les hydrocarbures C₁₆-C₂₂ pour les TPH C₁₆-C₂₁ ;
- les hydrocarbures C₂₂-C₃₀ et C₃₀-C₄₀ pour les TPH C₂₁-C₃₅.

L'hypothèse est majorante car les hydrocarbures totaux sont comptabilisés deux fois dans la modélisation : une fois pour les hydrocarbures aliphatiques et une fois pour les hydrocarbures aromatiques. En effet l'analyses des hydrocarbures par méthode TPH permet d'identifier ces deux familles ce qui n'est pas le cas dans une analyse classique.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour les différentes voies d'exposition sont présentées dans les tableaux en pages suivantes.

Remarque : Les calculs de risque sanitaire présentés dans la suite de ce document sont réalisés pour les paramètres chimiques disposant de VTR inhalation et orale à seuil ou sans seuil.

Les résultats obtenus pour le QD sont alors sous-estimés compte tenu de l'absence de VTR pour certains métaux, HAP et hydrocarbures aromatiques et aliphatiques.

Les résultats obtenus pour l'ERI sont alors sous-estimés compte tenu de l'absence de VTR pour certains métaux, hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, BTEX, COHV et cyanures.

Tableau 5 : Valeurs toxicologiques de référence – effet à seuil

VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE DES SUBSTANCES							
Paramètres	n°CAS	VTR inhalation effet à seuil (mg/m3)	Source	Date	VTR Orale effet à seuil (mg/kg/j)	Source	Date
Métaux							
Antimoine (Sn)	7440-36-0	1,00E-03	ATSDR	2019	1,00E+00	ATSDR	2019
Arsenic (As)	7440-38-2	2,00E-04	OEHHA	2008	5,00E-03	ATSDR	2007
Cadmium (Cd)	7440-43-9	3,00E-05	ATSDR	2012	5,00E-04	ATSDR	2012
Cuivre (Cu)	7440-50-8	1,00E-03	RIVM	2001	1,50E-01	EFSA	2018
Molybdène (Mo)	7439-98-7	2,00E-03	ATSDR	2020	1,00E-02	RIVM	2001
Nickel (Ni)	7440-02-0	1,80E-05	Santé canada	2021	2,80E-03	EFSA	2015
Plomb (Pb)	7439-92-1	9,00E-04	ANSES	2013	6,30E-04	ANSES	2013
Sélénium (Se)	7782-49-2	2,00E-02	OEHHA	2003	5,00E-03	US EPA	1991
Zinc (Zn)	7440-66-6	-	-	-	3,00E-01	ATSDR	2005
Mercure (Hg)	7439-97-6	3,00E-05	OEHHA	2008	6,60E-04	INERIS	2018
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)							
Naphtalène	91-20-3	3,70E-02	ANSES	2013	2,00E-02	US EPA	1998
Acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	-	-	-
Acénaphthène	83-32-9	-	-	-	6,00E-02	US EPA	1987
Fluorène	86-73-7	-	-	-	4,00E-02	US EPA	1990
Phénanthrène	85-01-8	-	-	-	4,00E-02	RIVM	2001
Anthracène	120-12-7	-	-	-	3,00E-01	US EPA	1987
Fluoranthène	206-44-0	-	-	-	4,00E-02	US EPA	1987
Pyrène	129-00-0	-	-	-	3,00E-02	US EPA	1987
Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	-	-
Chrysène	218-01-9	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	2,00E-06	US EPA	2017	3,00E-04	US EPA	2017
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	-	-	3,00E-02	RIVM	2001
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures totaux (HCT) – Aromatiques							
Fraction C10-C12	NA	2,00E-01	TPHCWG	1999	4,00E-02	TPHCWG	1997
Fraction C12-C16	NA	2,00E-01	TPHCWG	1999	4,00E-02	TPHCWG	1997
Fraction C16-C21	NA	-	-	-	3,00E-02	TPHCWG	1997
Fraction C21-C35	NA	-	-	-	3,00E-02	TPHCWG	1997
Hydrocarbures totaux (HCT) – Aliphatiques							
Fraction C10-C12	NA	1,00E+00	TPHCWG	1999	1,00E-01	TPHCWG	1997
Fraction C12-C16	NA	1,00E+00	TPHCWG	1999	1,00E-01	TPHCWG	1997
Fraction C16-C35	NA	-	-	-	2,00E+00	TPHCWG	1997
Hydrocarbures aromatiques volatils (BTEX)							
Benzène	71-43-2	1,00E-02	ATSDR	2007	5,00E-04	ATSDR	2007
Toluène	108-88-3	1,90E+01	ANSES	2017	9,70E-03	Santé Canada	2021
Xylènes totaux	1330-20-7	1,00E-01	ANSES	2020	1,30E-02	Santé Canada	2021
Composés Organo Halogénés Volatils (COHV)							
1,1,1-trichloroéthane	71-55-6	1,00E+00	OEHHA	2014	2,00E+00	US EPA	2007
Polychlorobiphényles (PCB)							
PCB (total)	1336-36-3	5,00E-04	RIVM	2001	7,00E-05	US EPA	1993
Autres paramètres							
Cyanures (libres)	57-12-5	2,50E-02	RIVM	2001	5,00E-02	ATSDR	2006

Note : - : absence de VTR

Tableau 6 : Valeurs toxicologiques de référence – effet sans seuil

VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE DES SUBSTANCES							
Paramètres	n°CAS	VTR inhalation sans seuil (mg/m ³) ⁻¹	Source	Date	VTR Orale sans seuil (mg/kg/j) ⁻¹	Source	Date
Métaux							
Antimoine (Sb)	7440-36-0	-	-	-	-	-	-
Arsenic (As)	7440-38-2	1,50E-01	ANSES	2015	1,50E+00	US EPA	2011
Cadmium (Cd)	7440-43-9	4,20E+00	Santé Canada	2021	-	-	-
Cuivre (Cu)	7440-50-8	-	-	-	-	-	-
Molybdène (Mo)	7439-98-7	-	-	-	-	-	-
Nickel (Ni)	7440-02-0	4,80E-01	OEHHA	2011	-	-	-
Plomb (Pb)	7439-92-1	1,20E-02	OEHHA	2011	8,50E-03	OEHHA	2011
Sélénium (Se)	7782-49-2	-	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	7440-66-6	-	-	-	-	-	-
Mercure (Hg)	7439-97-6	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)							
Naphtalène	91-20-3	5,60E-03	ANSES	2013	1,20E-01	OEHHA	2011
Acénaphthylène	208-96-8	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Acénaphthène	83-32-9	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Fluorène	86-73-7	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Phénanthrène	85-01-8	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Anthracène	120-12-7	6,00E-03	INERIS	2018	1,00E-02	RIVM	2001
Fluoranthène	206-44-0	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Pyrène	129-00-0	6,00E-04	INERIS	2018	1,00E-03	INERIS	2018
Benzo(a)anthracène	56-55-3	6,00E-02	INERIS	2018	1,00E-01	INERIS	2018
Chrysène	218-01-9	6,00E-03	INERIS	2018	1,00E-02	INERIS	2018
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	6,00E-02	INERIS	2018	1,00E-01	INERIS	2018
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	6,00E-02	INERIS	2018	1,00E-01	INERIS	2018
Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,00E-01	US EPA	2017	1,00E+00	US EPA	2017
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	6,00E-01	INERIS	2018	1,00E+00	INERIS	2018
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	6,00E-03	INERIS	2018	1,00E-02	INERIS	2018
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	6,00E-02	INERIS	2018	1,00E-01	INERIS	2018
Hydrocarbures totaux (HCT) – Aromatiques							
Fraction C10-C12	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C12-C16	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C16-C21	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C21-C35	NA	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures totaux (HCT) – Aliphatiques							
Fraction C10-C12	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C12-C16	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C16-C21	NA	-	-	-	-	-	-
Fraction C21-C35	NA	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures aromatiques volatils (BTEX)							
Benzène	71-43-2	2,60E-02	ANSES	2013	5,50E-02	US EPA	2000
Toluène	108-88-3	-	-	-	-	-	-
Xylènes totaux	1330-20-7	-	-	-	-	-	-
Composés Organo Halogénés Volatils (COHV)							
1,1,1-trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	-	-	-
Polychlorobiphényles (PCB)							
PCB (total)	1336-36-3	1,10E-01	Santé Canada	2017	2,00E+00	Santé Canada	2017
Autres paramètres							
Cyanures (libres)	57-12-5	-	-	-	-	-	-

Note : - : absence de VTR

*

* *

4. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS

Le scénario d'exposition retenu correspond au plus défavorable selon les hypothèses de calculs issus des chapitres 2.2. et 2.3.

Les caractéristiques des cibles, des sols et des pollutions retenues pour les calculs de risques sont présentées dans les tableaux suivants. La sensibilité des caractéristiques prises en compte dans la modélisation vis-à-vis du risque (majoration / réaliste / minoration) est également précisée. Le choix de ces paramètres et de la caractérisation de leur sensibilité vis-à-vis du risque sera discuté dans la partie consacrée aux incertitudes.

Sur la base des tableaux suivants, il est possible de noter que nos hypothèses de calculs prennent ainsi en considération des hypothèses réalistes bien que la modélisation implique des hypothèses majorantes, correspondant à un scénario d'exposition le plus réaliste possible.

Tableau 7 : Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques

Paramètre	Donnée retenue	Justification	Source d'information	Sensibilité vis-à-vis du risque
Caractéristiques des sols				
Profondeur des eaux souterraines	6,57	La nappe présente au droit du site, à savoir la nappe de la craie, a été mesurée à une profondeur comprise entre 6,57 et 8,91 m/sol, soit entre 30,07 et 30,84 m NGF.	Rapport GÉauPole – C.24.OR137_DIAG	Hypothèse réaliste
Lithologie	Sables	Remblais : sable ou limon marron à nombreux débris anthropiques. Terrain naturel : limon argileux marron recouvrant la craie. Il est retenu la lithologie la plus pénalisante, à savoir, le sable.	Rapport GÉauPole – C.23.OR.239-DIAG	Hypothèse majorante
Porosité	0,375 cm ³ /cm ³	Hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse majorante
Teneur en eau	0,053 cm ³ /cm ³	Hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse majorante
Densité	1,7 g/cm ³	D'après US EPA « User's guide for evaluation subsurface vapor intrusion into building » (2003), pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse majorante
Fraction de carbone organique	0,20%	D'après « User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into building », US EPA (2003) et hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Conductivité saturée de la zone non saturée	6,4 m/j	Hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Valeur de Van Genuchten N	2,68	Hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Taux d'infiltration	30 cm/an	Hypothèse issue du logiciel Risc5 pour un sable	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste

Tableau 8 : Caractéristiques de la pollution dans les sols

Paramètre	Donnée retenue	Source / justification	Source d'information	Sensibilité vis-à-vis du risque
Modélisation sans mesures de gestion "Ingestion et inhalation de poussières contaminées"				
Caractéristique de l'impact pour l'air extérieur				
Dimension de la « zone source »	500 x 500	Surface totale du projet	Rapport GÉauPole – C.24.OR137_PG	Hypothèse majorante
Hauteur de la boîte de modélisation	2,50 m	Hauteur classique comme dans une pièce	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante
Vitesse moyenne annuelle du vent	8,3 m/s	Selon les données climat modélisé, les vents soufflent majoritairement entre 10 et 30 km/h soit entre 2,8 et 8,3 m/s au droit de la commune d'Escaudain	www.meteoblue.com	Hypothèse réaliste
Caractéristique de l'impact pour les particules				
Taux d'émission de particules	$6,9 \cdot 10^{-14}$ g/cm ² /s	Hypothèse issue du logiciel Risc5	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Fraction du site avec bâtiment ou végétation	0,9	Estimation faite sur la base des plans fournis	Plan de masse du projet établi en février 2021	Hypothèse réaliste
Valeur seuil équivalente de la vitesse du vent	11,32 m/s	Hypothèse issue du logiciel Risc5	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Vitesse moyenne annuelle du vent	8,3 m/s	Selon les données climat modélisé, les vents soufflent majoritairement entre 10 et 30 km/h soit entre 2,8 et 8,3 m/s au droit de la commune d'Escaudain	www.meteoblue.com	Hypothèse réaliste
Fonction de répartition de la vitesse du vent	0,194	Hypothèse issue du logiciel Risc5	Hypothèse par défaut du logiciel de modélisation	Hypothèse réaliste
Caractéristique de la pollution dans les sols				
Épaisseur de la « source de pollution »	4,30	Épaisseur sur laquelle des anomalies de concentration ont été retrouvées	Rapport GÉauPole – C.24.OR137_DIAG	Hypothèse majorante
Dimension de la « zone source »	500 x 500	Surface totale du projet	Rapport GÉauPole – C.24.OR137_PG	Hypothèse majorante
Profondeur de la source de pollution	0,0 m	La pollution est considérée directement au contact sans prise en considération des revêtements actuels	Rapport GÉauPole – C.24.OR137_PG	Hypothèse majorante
Évolution du stock de polluants	0	Pas d'évolution considérée	Hypothèse arbitraire	Hypothèse majorante

*

* *

5. CARACTÉRISATION DU RISQUE

5.1. Méthodologie d'évaluation des expositions

5.1.1. Exposition par inhalation des particules en extérieur

Le calcul de la concentration moyenne inhalée a été réalisé avec l'équation générique suivante :

$$CI_j = \frac{C_j \times t_j \times T \times F}{T_m}$$

avec,

CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³)

C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)

T_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-).

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

5.1.2. Exposition par ingestion

Les quantités de polluant administrées, exprimées en dose journalière d'exposition, sont définies par l'équation générique suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_j \times T \times F}{P \times T_m}$$

avec,

DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie orale (en mg/kg/j)

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg ou mg/l)

Q_j : taux d'ingestion par la voie orale (en kg/j ou l/j)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)

P : poids corporel de la cible (kg)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

5.2. Principe de calculs des substances à seuil

Le potentiel d'effet toxique est représenté par le rapport entre la dose ou la concentration d'exposition et la valeur toxicologique de référence, soit la formule suivante :

$$QD = \frac{CI}{VTR_i} \text{ ou } \frac{DJE}{VTR_o}$$

avec,

QD : quotient de danger indice de risque pour les substances, sans unité

CI : concentration inhalée, en µg/m³

VTR_i : valeur toxicologique de référence de la substance pour les voies respiratoires, en µg/m³

DJE : dose journalière d'exposition de la substance en mg/kg/j

VTR_o : valeur toxicologique de référence de la substance pour la voie orale, en mg/kg/j

La somme des QD est calculée afin de vérifier que la valeur obtenue soit inférieure à 1.

Si la somme des quotients de danger ainsi obtenue dépasse la valeur 1, il est additionné uniquement les QD de substances qui produisent le même effet toxique sur le même organe cible par le même mécanisme d'action.

Du fait du manque de connaissance des mécanismes d'action et des interactions entre effet secondaire et effet sensible de deux substances, il est additionné les QD des substances ayant le même organe cible.

5.3. Principe de calculs des substances sans seuil

Les substances cancérigènes génotoxiques agissent sans seuil de dose, c'est-à-dire qu'à toute inhalation ou ingestion non nulle d'un toxique cancérigène correspond une probabilité non nulle de développer un effet. Cette probabilité est appelée l'Excès de Risque Individuel (ERI). Elle est calculée selon la formule suivante :

$$ERI (inhalation) = ERUi \times CI \text{ ou } ERUo \times DJE$$

avec,

ERI : Excès de Risque Individuel de cancer vie entière par voie respiratoire ou orale, sans unité

ERUi : Excès de Risque Unitaire de cancer par voie respiratoire, en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$

CI : concentration moyenne inhalée, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ERUo : Excès de Risque Unitaire de cancer par voie orale, en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$

DJE : dose journalière d'exposition, en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$

Afin de tenir compte de la possible additivité des effets cancérigènes, on additionne les ERI liés aux différentes substances et aux voies d'exposition.

Le seuil d'acceptabilité en France est fixé à un cancer pour cent mille personnes, soit un ERI de 10^{-5} .

5.4. Résultats des calculs de risques

Les résultats des calculs de risques pour les scénarii envisagés sont donnés ci-après.

À noter que les composés sont donnés par ordre décroissant de l'ERI et du QD total et ne sont pas regroupés par familles.

Légende des tableaux :

ND	Non défini
	Valeur supérieure au seuil de la méthodologie nationale
	Valeur inférieure mais proche du seuil de la méthodologie nationale

5.4.1. Modélisation 1 – teneurs maximales mesurées sur le site

Tableaux 9 : Excès de Risque Individuel (ERI) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers (modélisation 1)

Paramètre	Adulte usager			Paramètre	Enfant usager		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI		Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI
PCBs	1,8E-05	1,8E-18	1,8E-05	PCBs	3,1E-05	3,5E-19	3,1E-05
Arsenic	1,3E-05	2,6E-18	1,3E-05	Arsenic	2,2E-05	5,1E-19	2,2E-05
Benzo(a)pyrene	9,5E-06	1,1E-17	9,5E-06	Benzo(a)pyrene	1,6E-05	2,2E-18	1,6E-05
Dibenz(a,h)anthracene	2,4E-06	2,8E-18	2,4E-06	Dibenz(a,h)anthracene	4,0E-06	5,5E-19	4,0E-06
Benzo(b)fluoranthene	1,6E-06	1,8E-18	1,6E-06	Benzo(b)fluoranthene	2,6E-06	3,6E-19	2,6E-06
Benzo(a)anthracene	1,0E-06	1,2E-18	1,0E-06	Benzo(a)anthracene	1,7E-06	2,4E-19	1,7E-06
Lead	1,0E-06	2,7E-18	1,0E-06	Lead	1,7E-06	5,4E-19	1,7E-06
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	7,3E-07	8,5E-19	7,3E-07	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,2E-06	1,7E-19	1,2E-06
Benzo(k)fluoranthene	5,5E-07	6,4E-19	5,5E-07	Benzo(k)fluoranthene	9,2E-07	1,3E-19	9,2E-07
Chrysene	1,0E-07	1,2E-19	1,0E-07	Chrysene	1,7E-07	2,3E-20	1,7E-07
Naphthalene	7,0E-08	6,4E-21	7,0E-08	Naphthalene	1,4E-07	1,5E-21	1,4E-07
Benzo(g,h,i)perylene	5,8E-08	6,8E-20	5,8E-08	Benzo(g,h,i)perylene	9,7E-08	1,3E-20	9,7E-08
Anthracene	4,9E-08	5,7E-20	4,9E-08	Anthracene	8,2E-08	1,1E-20	8,2E-08
Fluoranthene	1,3E-08	1,5E-20	1,3E-08	Fluoranthene	2,2E-08	2,9E-21	2,2E-08
Phenanthrene	1,1E-08	1,3E-20	1,1E-08	Phenanthrene	1,9E-08	2,7E-21	1,9E-08
Pyrene	1,1E-08	1,3E-20	1,1E-08	Pyrene	1,8E-08	2,5E-21	1,8E-08
Fluorene	3,6E-09	4,2E-21	3,6E-09	Fluorene	6,1E-09	8,4E-22	6,1E-09
Acenaphthene	2,9E-09	3,4E-21	2,9E-09	Acenaphthene	5,1E-09	6,9E-22	5,1E-09
Acenaphthylene	8,1E-10	9,5E-22	8,1E-10	Acenaphthylene	1,5E-09	2,1E-22	1,5E-09
Benzene	1,5E-10	1,4E-22	1,5E-10	Benzene	1,3E-09	1,4E-22	1,3E-09
Nickel	ND	2,3E-17	2,3E-17	Nickel	ND	4,6E-18	4,6E-18
Cadmium	ND	6,5E-18	6,5E-18	Cadmium	ND	1,3E-18	1,3E-18
Antimony	ND	ND	ND	Antimony	ND	ND	ND
Copper	ND	ND	ND	Copper	ND	ND	ND
Cyanide	ND	ND	ND	Cyanide	ND	ND	ND
Mercury (inorganic)	ND	ND	ND	Mercury (inorganic)	ND	ND	ND
Selenium	ND	ND	ND	Selenium	ND	ND	ND
Toluene	ND	ND	ND	Toluene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Trichloroethane (1,1,1)	ND	ND	ND	Trichloroethane (1,1,1)	ND	ND	ND
Xylenes (total)	ND	ND	ND	Xylenes (total)	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND	Zinc	ND	ND	ND
TOTAL	4,8E-05	5,6E-17	4,8E-05	TOTAL	8,2E-05	1,1E-17	8,2E-05

Tableau 10 : Excès de Risque Individuel (ERI) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers cumulés (modélisation 1)

Paramètre	Adulte et enfant usagers additionnés		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI
PCBs	4,9E-05	2,1E-18	4,9E-05
Arsenic	3,6E-05	3,1E-18	3,6E-05
Benzo(a)pyrene	2,5E-05	1,3E-17	2,5E-05
Dibenz(a,h)anthracene	6,5E-06	3,4E-18	6,5E-06
Benzo(b)fluoranthene	4,2E-06	2,2E-18	4,2E-06
Benz(a)anthracene	2,8E-06	1,5E-18	2,8E-06
Lead	2,7E-06	3,3E-18	2,7E-06
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	2,0E-06	1,0E-18	2,0E-06
Benzo(k)fluoranthene	1,5E-06	7,7E-19	1,5E-06
Chrysene	2,7E-07	1,4E-19	2,7E-07
Naphthalene	2,1E-07	7,9E-21	2,1E-07
Benzo(g,h,i)perylene	1,6E-07	8,1E-20	1,6E-07
Anthracene	1,3E-07	6,8E-20	1,3E-07
Fluoranthene	3,4E-08	1,8E-20	3,4E-08
Phenanthrene	3,1E-08	1,6E-20	3,1E-08
Pyrene	2,9E-08	1,5E-20	2,9E-08
Fluorene	9,7E-09	5,0E-21	9,7E-09
Acenaphthene	8,0E-09	4,1E-21	8,0E-09
Acenaphthylene	2,3E-09	1,2E-21	2,3E-09
Benzene	1,4E-09	2,8E-22	1,4E-09
Nickel	0,0E+00	2,8E-17	2,8E-17
Cadmium	0,0E+00	7,8E-18	7,8E-18
Antimony	0,0E+00	0,0E+00	ND
Copper	0,0E+00	0,0E+00	ND
Cyanide	0,0E+00	0,0E+00	ND
Mercury (inorganic)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Selenium	0,0E+00	0,0E+00	ND
Toluene	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C16-21	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C21-35	0,0E+00	0,0E+00	ND
Trichloroethane (1,1,1)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Xylenes (total)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Zinc	0,0E+00	0,0E+00	ND
TOTAL	1,3E-04	6,6E-17	1,3E-04

Tableaux 11 : Quotients de danger (QD) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers (modélisation 1)

Paramètre	Adulte usager			Paramètre	Enfant usager		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	QD		Ingestion de sol	Inhalation de particules	QD
Lead	4,3E-01	5,9E-13	4,3E-01	Lead	3,7E+00	5,9E-13	3,7E+00
TPH Aromatic C21-35	3,1E-01	ND	3,1E-01	PCBs	2,6E+00	8,2E-14	2,6E+00
PCBs	3,0E-01	8,2E-14	3,0E-01	TPH Aromatic C21-35	2,1E+00	ND	2,1E+00
Benzo(a)pyrene	7,3E-02	2,1E-11	7,3E-02	Benzo(a)pyrene	6,2E-01	2,1E-11	6,2E-01
TPH Aromatic C16-21	5,5E-02	ND	5,5E-02	TPH Aromatic C16-21	4,7E-01	ND	4,7E-01
Nickel	2,1E-02	6,2E-12	2,1E-02	Nickel	1,7E-01	6,2E-12	1,7E-01
TPH Aromatic C12-16	1,0E-02	3,9E-15	1,0E-02	TPH Aromatic C12-16	8,5E-02	3,9E-15	8,5E-02
TPH Aromatic C10-12	9,6E-03	3,7E-15	9,6E-03	TPH Aromatic C10-12	8,2E-02	3,8E-15	8,2E-02
TPH Aliphatic C16-35	4,6E-03	ND	4,6E-03	TPH Aliphatic C16-35	3,9E-02	ND	3,9E-02
Arsenic	4,1E-03	2,0E-13	4,1E-03	Arsenic	3,5E-02	2,0E-13	3,5E-02
TPH Aliphatic C12-16	4,0E-03	7,8E-16	4,0E-03	TPH Aliphatic C12-16	3,4E-02	7,8E-16	3,4E-02
TPH Aliphatic C10-12	3,8E-03	7,4E-16	3,8E-03	TPH Aliphatic C10-12	3,3E-02	7,5E-16	3,3E-02
Zinc	2,2E-03	ND	2,2E-03	Zinc	1,9E-02	ND	1,9E-02
Copper	8,6E-04	2,5E-13	8,6E-04	Copper	7,3E-03	2,5E-13	7,3E-03
Pyrene	8,5E-04	ND	8,5E-04	Pyrene	7,2E-03	ND	7,2E-03
Fluoranthene	7,4E-04	ND	7,4E-04	Fluoranthene	6,3E-03	ND	6,3E-03
Phenanthrene	6,7E-04	ND	6,7E-04	Phenanthrene	5,7E-03	ND	5,7E-03
Selenium	5,7E-04	2,8E-16	5,7E-04	Selenium	4,8E-03	2,8E-16	4,8E-03
Benzo(g,h,i)perylene	4,5E-04	ND	4,5E-04	Benzo(g,h,i)perylene	3,8E-03	ND	3,8E-03
Mercury (inorganic)	3,0E-04	1,9E-13	3,0E-04	Mercury (inorganic)	2,6E-03	1,9E-13	2,6E-03
Fluorene	2,1E-04	ND	2,1E-04	Fluorene	1,8E-03	ND	1,8E-03
Cadmium	1,9E-04	1,2E-13	1,9E-04	Cadmium	1,6E-03	1,2E-13	1,6E-03
Acenaphthene	1,2E-04	ND	1,2E-04	Cyanide	1,1E-03	4,9E-16	1,1E-03
Cyanide	1,1E-04	4,2E-19	1,1E-04	Acenaphthene	9,9E-04	ND	9,9E-04
Naphthalene	8,0E-05	8,4E-17	8,0E-05	Naphthalene	6,8E-04	8,5E-17	6,8E-04
Benzene	5,5E-05	5,3E-18	5,5E-05	Benzene	5,4E-04	6,2E-18	5,4E-04
Anthracene	3,8E-05	ND	3,8E-05	Anthracene	3,2E-04	ND	3,2E-04
Xylenes (total)	1,4E-05	3,4E-18	1,4E-05	Xylenes (total)	1,3E-04	3,9E-18	1,3E-04
Toluene	2,0E-06	2,0E-21	2,0E-06	Toluene	2,0E-05	2,3E-21	2,0E-05
Antimony	1,4E-06	1,8E-14	1,4E-06	Antimony	1,2E-05	1,8E-14	1,2E-05
Trichloroethane (1,1,1)	4,7E-09	1,8E-20	4,7E-09	Trichloroethane (1,1,1)	4,6E-08	2,1E-20	4,6E-08
Acenaphthylene	ND	ND	ND	Acenaphthylene	ND	ND	ND
Benzo(a)anthracene	ND	ND	ND	Benzo(a)anthracene	ND	ND	ND
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND	Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND	Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND
Chrysene	ND	ND	ND	Chrysene	ND	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND	Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND
TOTAL	1,2E+00	2,9E-11	1,2E+00	TOTAL	1,0E+01	2,9E-11	1,0E+01

L'Évaluation des Risques Sanitaires (EQRS) a mis en évidence des sommes des Excès de Risque Individuel (ERI) et des Quotients de Danger (QD) supérieures aux seuils de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués ($ERI < 10^{-05}$ et $QD < 1$), pour les cibles vis-à-vis des voies d'exposition.

Tableau 12 : Synthèse des ERI et QD modélisés – modélisation 1 (teneurs maximales mesurées sur le site)

Cible		Ingestion de sol	Inhalation de particules	Somme des voies d'exposition	Seuil
Adulte usager	ERI	4,8.10⁻⁰⁵	5,6.10 ⁻¹⁷	4,8.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	1,2	2,9.10 ⁻¹¹	1,2	1
Enfant usager	ERI	8,2.10⁻⁰⁵	1,1.10 ⁻¹⁷	8,2.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	10	2,9.10 ⁻¹¹	10	1
Cumul	ERI	1,3.10⁻⁰⁴	6,6.10 ⁻¹⁷	1,3.10⁻⁰⁴	10⁻⁰⁵

Ainsi, sur la base du scénario et des hypothèses pris en compte dans notre étude des mesures constructives spécifiques et / ou des mesures de gestion complémentaires apparaissent comme nécessaires d'un point de vue sanitaire pour la réalisation du projet.

5.4.1. Modélisation 2 – teneurs maximales mesurées sur le site hors zones de pollution concentrée

Tableau 13 : Excès de Risque Individuel (ERI) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers (modélisation 2)

Paramètre	Adulte usager			Paramètre	Enfant usager		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI		Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI
Arsenic	1,3E-05	2,6E-18	1,3E-05	Arsenic	2,2E-05	5,1E-19	2,2E-05
PCBs	1,7E-06	1,7E-19	1,7E-06	PCBs	2,9E-06	3,3E-20	2,9E-06
Lead	1,0E-06	2,7E-18	1,0E-06	Lead	1,7E-06	5,4E-19	1,7E-06
Benzo(a)pyrene	7,9E-07	9,2E-19	7,9E-07	Benzo(a)pyrene	1,3E-06	1,8E-19	1,3E-06
Dibenz(a,h)anthracene	3,4E-07	3,9E-19	3,4E-07	Dibenz(a,h)anthracene	5,6E-07	7,7E-20	5,6E-07
Benzo(b)fluoranthene	2,4E-07	2,8E-19	2,4E-07	Benzo(b)fluoranthene	4,0E-07	5,5E-20	4,0E-07
Benz(a)anthracene	1,1E-07	1,2E-19	1,1E-07	Benz(a)anthracene	1,8E-07	2,5E-20	1,8E-07
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9,8E-08	1,1E-19	9,8E-08	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,6E-07	2,2E-20	1,6E-07
Benzo(k)fluoranthene	7,9E-08	9,2E-20	7,9E-08	Benzo(k)fluoranthene	1,3E-07	1,8E-20	1,3E-07
Chrysene	1,2E-08	1,4E-20	1,2E-08	Chrysene	1,9E-08	2,7E-21	1,9E-08
Benzo(g,h,i)perylene	7,9E-09	9,2E-21	7,9E-09	Benzo(g,h,i)perylene	1,3E-08	1,8E-21	1,3E-08
Naphthalene	6,2E-09	5,6E-22	6,2E-09	Naphthalene	1,2E-08	1,3E-22	1,2E-08
Anthracene	3,6E-09	4,2E-21	3,6E-09	Anthracene	6,1E-09	8,4E-22	6,1E-09
Fluoranthene	1,5E-09	1,8E-21	1,5E-09	Fluoranthene	2,6E-09	3,5E-22	2,6E-09
Phenanthrene	1,1E-09	1,3E-21	1,1E-09	Phenanthrene	1,9E-09	2,7E-22	1,9E-09
Pyrene	1,1E-09	1,3E-21	1,1E-09	Pyrene	1,8E-09	2,5E-22	1,8E-09
Benzene	1,5E-10	1,4E-22	1,5E-10	Benzene	1,3E-09	1,4E-22	1,3E-09
Acenaphthene	1,2E-10	1,4E-22	1,2E-10	Acenaphthene	2,1E-10	2,9E-23	2,1E-10
Acenaphthylene	9,8E-11	1,1E-22	9,8E-11	Acenaphthylene	1,8E-10	2,5E-23	1,8E-10
Fluorene	9,2E-11	1,1E-22	9,2E-11	Fluorene	1,6E-10	2,2E-23	1,6E-10
Nickel	ND	2,3E-17	2,3E-17	Nickel	ND	4,6E-18	4,6E-18
Cadmium	ND	6,5E-18	6,5E-18	Cadmium	ND	1,3E-18	1,3E-18
Antimony	ND	ND	ND	Antimony	ND	ND	ND
Copper	ND	ND	ND	Copper	ND	ND	ND
Cyanide	ND	ND	ND	Cyanide	ND	ND	ND
Mercury (inorganic)	ND	ND	ND	Mercury (inorganic)	ND	ND	ND
Selenium	ND	ND	ND	Selenium	ND	ND	ND
Toluene	ND	ND	ND	Toluene	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND
Trichloroethane (1,1,1)	ND	ND	ND	Trichloroethane (1,1,1)	ND	ND	ND
Xylenes (total)	ND	ND	ND	Xylenes (total)	ND	ND	ND
Zinc	ND	ND	ND	Zinc	ND	ND	ND
TOTAL	1,8E-05	3,7E-17	1,8E-05	TOTAL	3,0E-05	7,4E-18	3,0E-05

Tableau 14 : Excès de Risque Individuel (ERI) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers cumulés (modélisation 2)

Paramètre	Adulte et enfant usagers additionnés		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	ERI
Arsenic	3,6E-05	3,1E-18	3,6E-05
PCBs	4,6E-06	2,0E-19	4,6E-06
Lead	2,7E-06	3,3E-18	2,7E-06
Benzo(a)pyrene	2,1E-06	1,1E-18	2,1E-06
Dibenz(a,h)anthracene	9,0E-07	4,7E-19	9,0E-07
Benzo(b)fluoranthene	6,4E-07	3,3E-19	6,4E-07
Benzo(a)anthracene	2,9E-07	1,5E-19	2,9E-07
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	2,6E-07	1,4E-19	2,6E-07
Benzo(k)fluoranthene	2,1E-07	1,1E-19	2,1E-07
Chrysene	3,1E-08	1,6E-20	3,1E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2,1E-08	1,1E-20	2,1E-08
Naphthalene	1,9E-08	6,9E-22	1,9E-08
Anthracene	9,8E-09	5,1E-21	9,8E-09
Fluoranthene	4,1E-09	2,1E-21	4,1E-09
Phenanthrene	3,1E-09	1,6E-21	3,1E-09
Pyrene	2,9E-09	1,5E-21	2,9E-09
Benzene	1,4E-09	2,8E-22	1,4E-09
Acenaphthene	3,3E-10	1,7E-22	3,3E-10
Acenaphthylene	2,8E-10	1,4E-22	2,8E-10
Fluorene	2,5E-10	1,3E-22	2,5E-10
Nickel	0,0E+00	2,8E-17	2,8E-17
Cadmium	0,0E+00	7,8E-18	7,8E-18
Antimony	0,0E+00	0,0E+00	ND
Copper	0,0E+00	0,0E+00	ND
Cyanide	0,0E+00	0,0E+00	ND
Mercury (inorganic)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Selenium	0,0E+00	0,0E+00	ND
Toluene	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C16-21	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C21-35	0,0E+00	0,0E+00	ND
Trichloroethane (1,1,1)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Xylenes (total)	0,0E+00	0,0E+00	ND
Zinc	0,0E+00	0,0E+00	ND
TOTAL	4,7E-05	4,5E-17	4,7E-05

Tableau 15 : Quotients de danger (QD) modélisés à partir des concentrations dans les sols – adulte et enfant usagers (modélisation 2)

Paramètre	Adulte usager			Paramètre	Enfant usager		
	Ingestion de sol	Inhalation de particules	QD		Ingestion de sol	Inhalation de particules	QD
Lead	4,3E-01	5,9E-13	4,3E-01	Lead	3,7E+00	5,9E-13	3,7E+00
PCBs	2,8E-02	7,7E-15	2,8E-02	PCBs	2,4E-01	7,6E-15	2,4E-01
Nickel	2,1E-02	6,2E-12	2,1E-02	Nickel	1,7E-01	6,2E-12	1,7E-01
TPH Aromatic C21-35	1,2E-02	ND	1,2E-02	TPH Aromatic C21-35	8,4E-02	ND	8,4E-02
Benzo(a)pyrene	6,1E-03	1,8E-12	6,1E-03	Benzo(a)pyrene	5,2E-02	1,8E-12	5,2E-02
Arsenic	4,1E-03	2,0E-13	4,1E-03	Arsenic	3,5E-02	2,0E-13	3,5E-02
TPH Aromatic C16-21	2,6E-03	ND	2,6E-03	TPH Aromatic C16-21	2,2E-02	ND	2,2E-02
Zinc	2,2E-03	ND	2,2E-03	Zinc	1,9E-02	ND	1,9E-02
Copper	8,6E-04	2,5E-13	8,6E-04	Copper	7,3E-03	2,5E-13	7,3E-03
Selenium	5,7E-04	2,8E-16	5,7E-04	Selenium	4,8E-03	2,8E-16	4,8E-03
TPH Aromatic C12-16	5,7E-04	2,2E-16	5,7E-04	TPH Aromatic C12-16	4,8E-03	2,2E-16	4,8E-03
TPH Aromatic C10-12	4,9E-04	1,9E-16	4,9E-04	TPH Aromatic C10-12	4,2E-03	1,9E-16	4,2E-03
Mercury (inorganic)	3,0E-04	1,9E-13	3,0E-04	Mercury (inorganic)	2,6E-03	1,9E-13	2,6E-03
TPH Aliphatic C12-16	2,2E-04	4,3E-17	2,2E-04	TPH Aliphatic C12-16	1,9E-03	4,3E-17	1,9E-03
TPH Aliphatic C16-35	1,9E-04	ND	1,9E-04	TPH Aliphatic C16-35	1,6E-03	ND	1,6E-03
Cadmium	1,9E-04	1,2E-13	1,9E-04	Cadmium	1,6E-03	1,2E-13	1,6E-03
TPH Aliphatic C10-12	1,2E-04	2,2E-17	1,2E-04	Cyanide	1,1E-03	4,9E-16	1,1E-03
Cyanide	1,1E-04	4,2E-19	1,1E-04	TPH Aliphatic C10-12	1,1E-03	2,4E-17	1,1E-03
Fluoranthene	8,8E-05	ND	8,8E-05	Fluoranthene	7,5E-04	ND	7,5E-04
Pyrene	8,4E-05	ND	8,4E-05	Pyrene	7,2E-04	ND	7,2E-04
Phenanthrene	6,7E-05	ND	6,7E-05	Phenanthrene	5,7E-04	ND	5,7E-04
Benzo(g,h,i)perylene	6,1E-05	ND	6,1E-05	Benzene	5,4E-04	6,2E-18	5,4E-04
Benzene	5,5E-05	5,3E-18	5,5E-05	Benzo(g,h,i)perylene	5,2E-04	ND	5,2E-04
Xylenes (total)	1,4E-05	3,4E-18	1,4E-05	Xylenes (total)	1,3E-04	3,9E-18	1,3E-04
Naphthalene	7,0E-06	7,4E-18	7,0E-06	Naphthalene	6,0E-05	7,4E-18	6,0E-05
Fluorene	5,4E-06	ND	5,4E-06	Fluorene	4,6E-05	ND	4,6E-05
Acenaphthene	4,8E-06	ND	4,8E-06	Acenaphthene	4,0E-05	ND	4,0E-05
Anthracene	2,8E-06	ND	2,8E-06	Anthracene	2,4E-05	ND	2,4E-05
Toluene	2,0E-06	2,0E-21	2,0E-06	Toluene	2,0E-05	2,3E-21	2,0E-05
Antimony	7,6E-07	9,8E-15	7,6E-07	Antimony	6,4E-06	9,8E-15	6,4E-06
Trichloroethane (1,1,1)	4,7E-09	1,8E-20	4,7E-09	Trichloroethane (1,1,1)	4,6E-08	2,1E-20	4,6E-08
Acenaphthylene	ND	ND	ND	Acenaphthylene	ND	ND	ND
Benzo(a)anthracene	ND	ND	ND	Benzo(a)anthracene	ND	ND	ND
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND	Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND	Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND
Chrysene	ND	ND	ND	Chrysene	ND	ND	ND
Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND	Dibenz(a,h)anthracene	ND	ND	ND
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	ND
TOTAL	5,1E-01	9,3E-12	5,1E-01	TOTAL	4,3E+00	9,3E-12	4,3E+00

L'Évaluation des Risques Sanitaires (EQRS) a mis en évidence des sommes des Excès de Risque Individuel (ERI) et des Quotients de Danger (QD) supérieures ou faiblement inférieures aux seuils de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués (ERI < 10⁻⁰⁵ et QD < 1), pour les cibles vis-à-vis des voies d'exposition.

Tableau 16 : Synthèse des ERI et QD modélisés – modélisation 2 (teneurs maximales mesurées sur le site hors zones de pollution concentrée)

Cible		Ingestion de sol	Inhalation de particules	Somme des voies d'exposition	Seuil
Adulte usager	ERI	1,8.10⁻⁰⁵	3,7.10 ⁻¹⁷	1,8.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	5,1.10 ⁻⁰¹	9,3.10 ⁻¹²	5,1.10 ⁻⁰¹	1
Enfant usager	ERI	3,0.10⁻⁰⁵	7,4.10 ⁻¹⁸	3,0.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵
	QD	4,3	9,3.10 ⁻¹²	4,3	1
Cumul	ERI	4,7.10⁻⁰⁵	4,5.10 ⁻¹⁷	4,7.10⁻⁰⁵	10⁻⁰⁵

Ainsi, suite au retrait des trois zones de pollution concentrée mises en évidence sur le site dans le cadre du diagnostic de pollution (référence : C .24.OR.137_DIAG) et sur la base du scénario et des hypothèses pris en compte dans notre étude, des mesures constructives spécifiques et / ou des mesures de gestion complémentaires seront malgré tout nécessaires d'un point de vue sanitaire pour la réalisation du projet.

*

* *

6. DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est basée sur des informations traitées comportant des incertitudes et imprécisions, notamment vis-à-vis des données utilisées et des interprétations.

Les paragraphes suivants détaillent les incertitudes identifiées lors de notre modélisation du risque ainsi que les parades mises en œuvre pour tenter de compenser leur influence sur les calculs de risque. Ainsi, globalement, nous nous sommes attachés à prendre en considération les hypothèses les plus proches de la réalité de terrain (hypothèse « réaliste ») ou permettant de majorer le risque (hypothèse « majorante »).

6.1. Incertitudes liées à l'exhaustivité des données de terrain

Les investigations menées dans la cadre de notre étude précédente (C.24.OR.137_DIAG) ont été réalisées au droit du site d'étude, mais il est possible que toutes les sources potentielles de pollution n'aient pas été mises en évidence. De plus, la présente étude a été menée avant le réaménagement du site, de ce fait, aucune information n'a pu être recueillie au niveau du milieu récepteur direct : sol (après terrassement) ou l'air ambiant (particules en extérieur).

La démarche adoptée a consisté à retenir pour la **modélisation « risques en extérieur »** : toutes les teneurs pour les substances analysées supérieures aux valeurs de référence ou significatives et anormalement élevées dans les milieux investigués lors des diagnostics de la qualité des milieux (sol) sur l'ensemble du site. La modélisation a été réalisée à partir des teneurs mises en évidence dans les sols.

→ Hypothèse majorante

La succession d'étapes (prélèvements, conditionnement, transport, analyses en laboratoire, traitement des données numériques) est susceptible de comporter des incertitudes difficilement quantifiables.

Afin de composer avec ces incertitudes, il a été retenu les teneurs maximales identifiées dans l'ensemble des échantillons confectionnés au cours de la campagne d'investigations menée entre juin et juillet 2024 et ce, quel que soit la localisation du sondage sur l'emprise du projet.

→ Hypothèse majorante

Le choix d'assimiler les hydrocarbures totaux à la fois aux hydrocarbures aromatiques et aux hydrocarbures aliphatiques en l'absence d'analyse par méthode TPH.

→ Hypothèse majorante

6.2. Incertitudes liées à l'évaluation des expositions

Le modèle utilisé considère une source infinie de pollution, ne variant pas dans le temps. Ainsi les phénomènes de dégradation des polluants ou de migration des polluants, conduisant à la baisse des concentrations au droit du site, n'ont pas été pris en compte.

→ Hypothèse majorante

Dans le cadre du projet d'aménagement, nous n'avons pas pris en compte la réalisation des travaux de terrassement préalables aux réaménagements

→ Hypothèse majorante

Les scénarii d'exposition ont été choisis de manière à majorer le risque.

→ Hypothèse majorante

Prise en compte de la dimension de la « source de pollution » par rapport à la surface du site et sur l'épaisseur de la zone non saturée.

→ Hypothèse majorante

6.3. Incertitudes liées aux calculs de risques

De nombreuses incertitudes sont liées à l'étape de modélisation. En effet, cette dernière repose sur de nombreux facteurs (type de sol, caractéristiques des polluants, caractéristiques du bâtiment, paramètres d'exposition...). Ces incertitudes sont difficilement quantifiables. Les facteurs ayant théoriquement la plus forte influence sur les résultats de notre modélisation sont détaillées ci-après.

Nature du sol

Aucune analyse granulométrique n'a été réalisée. Nous avons considéré que la nature de sol présente au droit du site consiste uniquement en un sable. C'est cette nature du sol qui a été utilisée dans le modèle mathématique pour le calcul de l'exposition. Ce type de sol tend plutôt à favoriser les phénomènes de transfert, il serait donc majorant.

Les paramètres de modélisation relatifs à la nature des sols correspondent à des valeurs communément admises au regard de la lithologie prise en considération (le sable) :

- porosité totale : 0,375 (cm³/cm³) ;
- teneur en eau : 0,054 (cm³/cm³) ;
- fraction de matière organique : 0,002 (mg/mg).

→ Hypothèse majorante

Durée d'exposition

La durée d'exposition est définie par le scénario étudié.

Pour information, dans le cadre d'un usage non sensible soit un scénario industriel, l'INERIS « Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols », Novembre 2001, retient pour le calcul des Valeurs de Constat d'Impact une durée d'exposition de 220 jours par an (déduction faite des jours de week-ends et de congés) pendant 40 ans (durée de travail en France, passée depuis à 42 ans). Dans le cadre d'un usage sensible, soit un scénario résidentiel, la durée d'exposition utilisée par l'INERIS est alors de 365 jours par an pendant 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants. La durée de vie globale est prise égale à 70 ans.

L'USEPA recommande de retenir 30 ans comme temps de résidence pour le scénario résidentiel (la durée moyenne de résidence étant de 9 ans) et une fréquence d'exposition de 350 jours par an (la fréquence d'exposition suivrait selon Smith une distribution triangulaire avec des valeurs minimales et maximales respectivement égales à 180 et 365 jours, la valeur la plus probable étant 345 jours).

Concernant la durée d'occupation du poste de travail, une étude de Carey (1988) montre que celui-ci s'échelonne entre 1,9 ans pour les travailleurs les plus jeunes à 21,9 ans pour les travailleurs les plus âgés (hommes et femmes confondus), la moyenne étant de 6,6 ans. La représentativité de cette étude reste toutefois limitée à la population américaine.

Concernant les temps de séjour en extérieur, aucune étude ne permet d'obtenir des durées d'exposition exploitables.

Dans le cadre de notre étude, il a été retenu pour les temps de séjour en extérieur (déplacements et loisirs) les durées d'exposition suivantes :

- un adulte usager : 2 heures par jour à raison de 365 jours par an et sur une durée de 30 ans ;
- un enfant usager : 2 heures par jour, à raison de 365 jours par an et sur une durée de 6 ans.

→ Hypothèse majorante

Masse corporelle

La valeur de la masse corporelle correspond à la masse moyenne relative à la période d'exposition.

L'USEPA recommande les valeurs de 70 kg pour l'adulte, 15 kg pour un enfant de 0 à 6 ans ou 35 kg pour un enfant de 0 à 16 ans. Ces valeurs sont reprises par l'INERIS pour le calcul des VCI où l'enfant est assimilé à un individu d'âge inférieur à 6 ans ayant un poids moyen de 15 kg et l'adulte se caractérise par un poids moyen de 70 kg.

Les valeurs de 70 kg pour l'adulte et 15 kg pour l'enfant ont été retenues pour cette étude.

→ Hypothèse réaliste

VTR – établissement

Les Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) sont établies par des groupes de travail reconnus. Elles sont le plus souvent établies à partir de données expérimentales chez l'animal, puis extrapolées à l'homme, en tenant compte des facteurs d'incertitudes.

Les facteurs d'incertitudes des VTR prennent en compte les paramètres suivants :

- la variabilité des espèces ;
- la différence de sensibilité inter-individus ;
- l'utilisation d'une LOAEL (niveau d'exposition le plus bas, dans une expérience, produisant un effet néfaste observé) au lieu d'un NOAEL (dose sans effet indésirable ou nocif observé) ;
- la durée sur laquelle s'appuie l'évaluation ;
- la sévérité de l'effet ;
- la fiabilité des données ;
- la voie d'absorption.

Les propriétés toxicologiques des substances sont prises individuellement et ne tiennent pas compte des effets antagonistes ou synergiques que peuvent avoir les substances entre elles.

→ Hypothèse majorante

VTR – choix

Dans le cas où une analyse a été réalisée sur un élément global et que des VTR existent pour un composé spécifique de cet élément global, il a été retenu la VTR la plus défavorable.

→ Hypothèse majorante

VTR – absence

Les calculs de risque sanitaire présentés sont réalisés pour les paramètres chimiques disposant de VTR. Les résultats obtenus pour l'ERI et le QD sont potentiellement sous-estimés compte tenu de l'absence de VTR pour l'ensemble des composés.

→ Hypothèse minorante

Représentativité

Concernant la représentativité des concentrations des substances et l'exhaustivité des substances retenues, il a été considéré, pour la réalisation des calculs de risques sanitaires, une source de pollution ne variant pas dans le temps. Ainsi les phénomènes suivants n'ont pas été pris en compte :

- le phénomène de dégradation qui peut conduire à une baisse des concentrations ;
- le phénomène de migration de la pollution (notamment dans les eaux souterraines) qui peut conduire à une baisse des concentrations sur le site.

→ Hypothèse majorante

Résultats

Les résultats des calculs de risques (ERI) ont été sommés sans prise en compte des organes cibles et sont, dans la présente étude, majoritairement supérieurs aux seuils de la méthodologie nationale.

→ Hypothèse majorante

6.4. Influence sur les risques estimés

Cette discussion sur les incertitudes a montré que la démarche générale adoptée va dans le sens d'une surestimation probable des risques.

En effet, les calculs sont basés sur des hypothèses sécuritaires et des comportements réalistes ou raisonnements majorants des récepteurs.

Il subsiste toutefois l'impossibilité de tenir compte, dans les modélisations effectuées, de certains composés en raison de l'absence de VTR à seuil et/ou sans seuil. Cette impossibilité implique un risque de sous-estimation des Excès de Risque Individuel (ERI) et des Quotients de Danger (QD), toutefois, dans les modélisations réalisées dans la présente annexe les ERI et les QD présentent des risques inacceptables. L'incertitude de sous-estimation n'est donc pas problématique dans ce cas.

*

* *

Annexe 2

Détail des calculs des modélisations

Modélisation 1 : Risques en extérieur - prise en compte des teneurs maximales

Summary of Input Data for Risk Calculation

Receptors
Adult Recreational User - Upper Percentile
Child Recreational User - Upper Percentile
Risk results ARE added for carcinogens
Roads
Location of Site
Location of Particulates
Chemicals
Acenaphthene
Acenaphthylene
Anthracene
Antimony
Arsenic
Benzo[a]anthracene
Benzo[a]pyrene
Benzo[b]fluoranthene
Benzo[k]fluoranthene
Benzo[e]pyrene
Benzo[h]perylene
Benzofluoranthene
Cadmium
Chrysene
Copper
Cyanide
Dibenz[a,h]anthracene
Fluoranthene
Fluorene
Indeno[1,2,3-cd]pyrene
Lead
Mercury (inorganic)
Naphthalene
Nickel (soluble salts)
PCBs
Phenanthrene
Pyrene
Selenium
Toluene
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C10-16
TPH Aliphatic C10-35
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C10-16
TPH Aromatic C10-21
TPH Aromatic C10-35
Trichloroethane (1,1,1)
Xylenes (total)
Zinc

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Adult Recreational User - Upper Percentile	Child Recreational User - Upper Percentile
Body weight	kg	70	16
Respiratory rate for carcinogens	m³	70	70
Exposure duration	yr	30	6

Location of Site	Units	Adult Recreational User - Upper Percentile	Child Recreational User - Upper Percentile
Exposure frequency for soil	event/yr	365	365
Exposure frequency for air	event/yr	365	365
Inhalation rate for soil	m³/yr	80	81

Inhalation of Particulates	Units	Adult Recreational User - Upper Percentile	Child Recreational User - Upper Percentile
Exposure frequency for outdoor air	event/yr	365	365
Time outdoors	hr/d	2	2
Inhalation rate outdoors	m³/hr	1.6	1.2

Absorption Adjustment Factors

Chemical	Location of Site
Acenaphthene	1
Acenaphthylene	1
Anthracene	1
Antimony	0.15
Arsenic	1
Benzo[a]anthracene	1
Benzo[a]pyrene	1
Benzo[b]fluoranthene	1
Benzo[k]fluoranthene	1
Benzo[e]pyrene	1
Benzo[h]perylene	1
Benzofluoranthene	1
Cadmium	5,00E-02
Chrysene	1
Copper	1
Cyanide	1
Dibenz[a,h]anthracene	1
Fluoranthene	1
Fluorene	1
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1
Lead	1
Mercury (inorganic)	7,00E-02
Naphthalene	1
Nickel (soluble salts)	1
PCBs	1
Phenanthrene	1
Pyrene	1
Selenium	1
Toluene	1
TPH Aliphatic C10-12	1
TPH Aliphatic C10-16	1
TPH Aliphatic C10-35	1
TPH Aromatic C10-12	1
TPH Aromatic C10-16	1
TPH Aromatic C10-21	1
TPH Aromatic C10-35	1
Trichloroethane (1,1,1)	1
Xylenes (total)	1
Zinc	1

Route Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[a]pyrene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[e]pyrene	Cadmium	Chrysene	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C10-16	TPH Aliphatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc	
Ingestion Slope Factor	(mg/kg-day)	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03
Ingestion Reference Dose	(mg/kg-day)	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	
Unit risk factor	(mg/m³)	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-07		
Reference Concentration	(mg/m³)	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00		

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Surface Soil

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[a]pyrene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[e]pyrene	Cadmium	Chrysene	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C10-16	TPH Aliphatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Carcinogens	3,33E+01	9,50E+00	2,88E+00	1,58E+01	1,32E+01	2,87E+01	3,38E+01	9,50E+03	3,08E+01	5,38E+01	1,89E+01	1,78E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,87E+00	4,17E+01	1,17E+01	2,39E+01	3,89E+02	1,50E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,74E+01	3,58E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		
Adult Recreational User - Upper Percentile	8,00E+00	9,78E+00	2,88E+00	1,57E+01	1,31E+01	2,87E+01	3,34E+01	4,47E+02	3,05E+01	5,02E+01	1,87E+01	1,77E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,77E+00	4,17E+01	1,17E+01	2,38E+01	3,89E+02	4,01E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,73E+01	3,54E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	9,78E+00	2,88E+00	1,57E+01	1,31E+01	2,87E+01	3,34E+01	4,47E+02	3,05E+01	5,02E+01	1,87E+01	1,77E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,77E+00	4,17E+01	1,17E+01	2,38E+01	3,89E+02	4,01E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,73E+01	3,54E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		

Modeled Concentrations for Surface Soil

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[a]pyrene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[e]pyrene	Cadmium	Chrysene	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C10-16	TPH Aliphatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Non-Carcinogens	7,00E+00	9,78E+00	2,88E+00	1,58E+01	1,32E+01	2,87E+01	3,38E+01	9,50E+03	3,08E+01	5,38E+01	1,89E+01	1,78E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,77E+00	4,14E+01	1,16E+01	2,37E+01	3,81E+02	4,01E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,73E+01	3,56E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		
Adult Recreational User - Upper Percentile	7,00E+00	9,78E+00	2,88E+00	1,58E+01	1,32E+01	2,87E+01	3,38E+01	9,50E+03	3,08E+01	5,38E+01	1,89E+01	1,78E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,77E+00	4,14E+01	1,16E+01	2,37E+01	3,81E+02	4,01E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,73E+01	3,56E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	9,78E+00	2,88E+00	1,57E+01	1,31E+01	2,87E+01	3,34E+01	4,47E+02	3,05E+01	5,02E+01	1,87E+01	1,77E+01	2,62E+00	3,02E+01	1,80E+02	8,78E+00	7,77E+00	4,13E+01	1,15E+01	2,36E+01	3,80E+02	4,01E+00	8,09E+01	2,98E+01	3,73E+01	3,54E+01	4,34E+00	6,44E+03	4,69E+02	5,59E+02	2,34E+03	1,07E+04	3,89E+03	6,00E+03	9,44E+02	8,00E+03	9,44E+02		

Modeled Concentrations for Particulates in Air

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[a]pyrene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[e]pyrene	Cadmium	Chrysene	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C10-16	TPH Aliphatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Carcinogens	3,33E+01	1,00E-16	4,48E-17	2,62E-16	2,19E-16	4,74E-16	6,40E-16	1,11E-19	3,14E-16	8,40E-16	3,11E-16	2,99E-16	4,30E-17	6,47E-16	3,08E-15	3,58E-17	1,31E-16	6,04E-16	1,94E-16	3,99E-16	6,40E-16	4,41E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17		
Adult Recreational User - Upper Percentile	8,00E+00	1,00E-16	4,48E-17	2,62E-16	2,19E-16	4,74E-16	6,40E-16	1,11E-19	3,14E-16	8,40E-16	3,11E-16	2,99E-16	4,30E-17	6,47E-16	3,08E-15	3,58E-17	1,31E-16	6,04E-16	1,94E-16	3,99E-16	6,40E-16	4,41E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17		
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	1,00E-16	4,48E-17	2,62E-16	2,19E-16	4,74E-16	6,40E-16	1,11E-19	3,14E-16	8,40E-16	3,11E-16	2,99E-16	4,30E-17	6,47E-16	3,08E-15	3,58E-17	1,31E-16	6,04E-16	1,94E-16	3,99E-16	6,40E-16	4,41E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17	3,18E-17		

Modeled Concentrations for Particulates in Air

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthrac
----------------------	-------------------	--------------	----------------	---------

Modélisation 2 : Risques en extérieur - prise en compte des teneurs maximales hors zones de pollution concentrée

Summary of Input Data for Risk Calculation

Receptors	
Adult Recreational User - Upper Percentile	
Child Recreational User - Upper Percentile	
Wet results ARE added for carcinogens	
Routes	
Ingestion of Soil	
Inhalation of Particulates	
Chemicals	
Acenaphthene	
Acenaphthylene	
Anthracene	
Antimony	
Arsenic	
Benzo[a]anthracene	
Benzene	
Benzo[b]fluoranthene	
Benzo[k]fluoranthene	
Benzo[a]pyrene	
Benzo[e]pyrene	
Bismuth	
Cadmium	
Chrysenes	
Copper	
Cyanide	
Dibenz[a,h]anthracene	
Fluoranthene	
Fluorene	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	
Lead	
Mercury (inorganic)	
Naphthalene	
Nickel (soluble salts)	
PCBs	
Phenanthrene	
Pyrene	
Selenium	
Toluene	
TPH Aromatic C10-12	
TPH Aromatic C10-16	
TPH Aromatic C10-35	
TPH Aromatic C10-12	
TPH Aromatic C10-16	
TPH Aromatic C10-21	
TPH Aromatic C10-35	
Trichloroethane (1,1,1)	
Xylenes (total)	
Zinc	

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Adult Recreational User - Upper Percentile	Child Recreational User - Upper Percentile
Body weight	kg	70	16
Respiratory rate for carcinogens	m³	70	70
Exposure duration	yr	30	6
Ingestion of Soil			
Exposure frequency for soil	events/yr	365	365
Ingestion rate for soil	mg/kg	80	81
Inhalation of Particulates			
Exposure frequency for outdoor air	events/yr	365	365
Time outdoors	hr/d	2	2
Inhalation rate outdoors	m³/hr	1.6	1.2

Absorption Adjustment Factors	Ingestion of Soil
Acenaphthene	1
Acenaphthylene	1
Anthracene	1
Antimony	0.15
Arsenic	1
Benzo[a]anthracene	1
Benzene	1
Benzo[b]fluoranthene	1
Benzo[k]fluoranthene	1
Benzo[a]pyrene	1
Benzo[e]pyrene	1
Bismuth	5,00E-02
Cadmium	1
Chrysenes	1
Copper	1
Cyanide	1
Dibenz[a,h]anthracene	1
Fluoranthene	1
Fluorene	1
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1
Lead	1
Mercury (inorganic)	7,00E-02
Naphthalene	1
Nickel (soluble salts)	1
PCBs	1
Phenanthrene	1
Pyrene	1
Selenium	1
Toluene	1
TPH Aromatic C10-12	1
TPH Aromatic C10-16	1
TPH Aromatic C10-35	1
TPH Aromatic C10-12	1
TPH Aromatic C10-16	1
TPH Aromatic C10-21	1
TPH Aromatic C10-35	1
Trichloroethane (1,1,1)	1
Xylenes (total)	1
Zinc	1

Route Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[a]pyrene	Benzo[e]pyrene	Bismuth	Cadmium	Chrysenes	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc					
Ingestion Slope Factor	(mg/kg-day)	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	ND	1,00E-01	1,00E-01	5,00E-02	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	ND	1,00E-02	ND	1,00E-01	ND	1,00E-01	1,00E-02	1,00E-03	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01		
Ingestion Reference Dose	(mg/kg-day)	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	ND	1,00E+00	1,00E+00	3,00E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	ND	6,00E-04	ND	1,00E+01	ND	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-03	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02		
Unit risk factor	(mg/m³)	8,00E-07	8,00E-07	8,00E-06	ND	1,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	8,00E-06	8,00E-06	8,00E-06	8,00E-06	ND	4,20E-05	8,00E-06	1,00E-03	2,50E-05	8,00E-04	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-05	1,20E-05	3,00E-05	8,00E-06	4,80E-04	1,00E-04	8,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07
Reference Concentration	(mg/m³)	8,00E+00	8,00E+00	8,00E+00	ND	1,00E+03	1,00E+03	2,00E+05	8,00E+04	8,00E+04	8,00E+04	8,00E+04	ND	5,40E+02	8,00E+06	1,00E+03	2,00E+02	8,00E+04	6,00E-07	6,00E-07	6,00E-07	6,00E+02	1,20E+05	3,00E+02	8,00E+06	4,80E+04	1,00E+04	8,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	6,00E+07	

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).

For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[a]pyrene	Benzo[e]pyrene	Bismuth	Cadmium	Chrysenes	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Carcinogens	3,38E+01	3,38E-01	3,38E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	3,38E-01	3,38E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Child Recreational User - Lower Percentile	6,00E+00	3,38E-01	3,38E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[a]pyrene	Benzo[e]pyrene	Bismuth	Cadmium	Chrysenes	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Non-Carcinogens	7,08E+00	4,08E-01	3,48E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Adult Recreational User - Upper Percentile	7,08E+00	4,08E-01	3,48E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	3,38E-01	3,38E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02

Receptor Description	Exposure Duration	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Antimony	Arsenic	Benzo[a]anthracene	Benzene	Benzo[b]fluoranthene	Benzo[k]fluoranthene	Benzo[a]pyrene	Benzo[e]pyrene	Bismuth	Cadmium	Chrysenes	Copper	Cyanide	Dibenz[a,h]anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Lead	Mercury (inorganic)	Naphthalene	Nickel (soluble salts)	PCBs	Phenanthrene	Pyrene	Selenium	Toluene	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-35	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C10-16	TPH Aromatic C10-21	TPH Aromatic C10-35	Trichloroethane (1,1,1)	Xylenes (total)	Zinc
Non-Carcinogens	7,08E+00	4,08E-01	3,48E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Adult Recreational User - Upper Percentile	7,08E+00	4,08E-01	3,48E-01	1,18E+00	7,07E+00	2,88E+01	3,48E+00	9,06E+03	2,08E+00	7,77E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	2,08E+00	3,78E+00	1,80E+02	8,78E+00	1,18E+00	4,87E+00	3,02E-01	3,18E+00	3,88E+02	3,88E+00	1,08E+01	8,09E+01	2,78E+00	3,74E+00	3,58E+00	4,34E+03	6,48E+03	4,68E+00	2,48E+01	5,28E+02	1,08E+01	2,78E+01	1,08E+02	4,18E+02	3,88E+00	6,08E+00	6,48E+02
Child Recreational User - Upper Percentile	6,00E+00	3,38E-01	3,38E-01																																					

Annexe 3

Mesures de gestion

1. METHODOLOGIE

La méthodologie du plan de gestion se base sur les textes du 19 avril 2017 du Ministère chargé de l'Environnement relatifs à la prévention de la pollution des sols et à la gestion des sols pollués en France.

La stratégie des mesures de gestion d'un site pollué doit se concevoir de la manière suivante :

- maîtrise de la source de pollution par des travaux de réhabilitation (enlèvement / destruction total ou partiel de la source) ;
- limitation du transfert par confinement ou immobilisation : dans les sols, les gaz de sol, les eaux souterraines et superficielles, au niveau des bâtiments (mesures constructives) ;
- modification des aménagements : changement d'usage (sur et / ou hors site), changement de l'aménagement du site (adaptation de l'espace projet aux contraintes et aux pollutions résiduelles du site), contrôle des activités (servitudes).

La maîtrise de la source de pollution est la première option de gestion à envisager car elle participe à la démarche globale de réduction des émissions de substances responsables de l'exposition chronique des populations et elle participe à la démarche globale d'amélioration de la qualité des milieux. De plus, sans maîtrise des sources, il n'est pas économiquement ou techniquement pertinent de chercher à maîtriser les impacts. S'il est impossible d'enlever complètement la source de pollution (après prise en compte des meilleures techniques à un coût économiquement acceptable), il faudra néanmoins garantir que les impacts provenant des sources résiduelles sont maîtrisés et acceptables pour les populations l'environnement.

Les options de limitation des transferts doivent permettre via les mesures de remédiation ou des mesures constructives d'autoriser les usages des milieux sans risque excessif ou, si cela s'avère nécessaire, en renseignant les usages des milieux (changement d'usage). La maîtrise des usages doit aussi être envisagée en prenant en compte les meilleures techniques à un coût économiquement acceptable.

*

* *

2. PROBLEMATIQUE DU PLAN DE GESTION

Suite au diagnostic pollution mené sur le site sur le milieu sol (référence : C.24.OR.137), deux types de pollution ont été mises en évidence sur le site :

- des **sources de pollution concentrées**, à savoir :
 - une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S27, S29 et S30 réalisés au niveau de la zone « teruil » (nommée ZPC1) ;
 - une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds dans les remblais autour des sondages S57, S44 et S49 réalisés au niveau de la zone « terrains en friche » (nommée ZPC2) ;
 - une zone de pollution concentrée en PCB au niveau du sondage S2 réalisé sur la zone « voiries et trottoirs » (nommée ZPC3) ;
- des anomalies de concentration **pouvant être qualifiées de « pollution diffuse »** généralisée à l'ensemble du site, à savoir :
 - une pollution diffuse et forte en HCT, HAP et métaux lourds (notamment en arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc), généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ;
 - une pollution diffuse et modérée en BTEX et PCB, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées.

La figure en page suivante permet de visualiser les zones de pollution concentrée mises en évidence dans les sols au droit du site. La pollution diffuse n'est quant à elle pas représentée car généralisée à l'ensemble du site (hors zones de pollutions concentrées précitées).

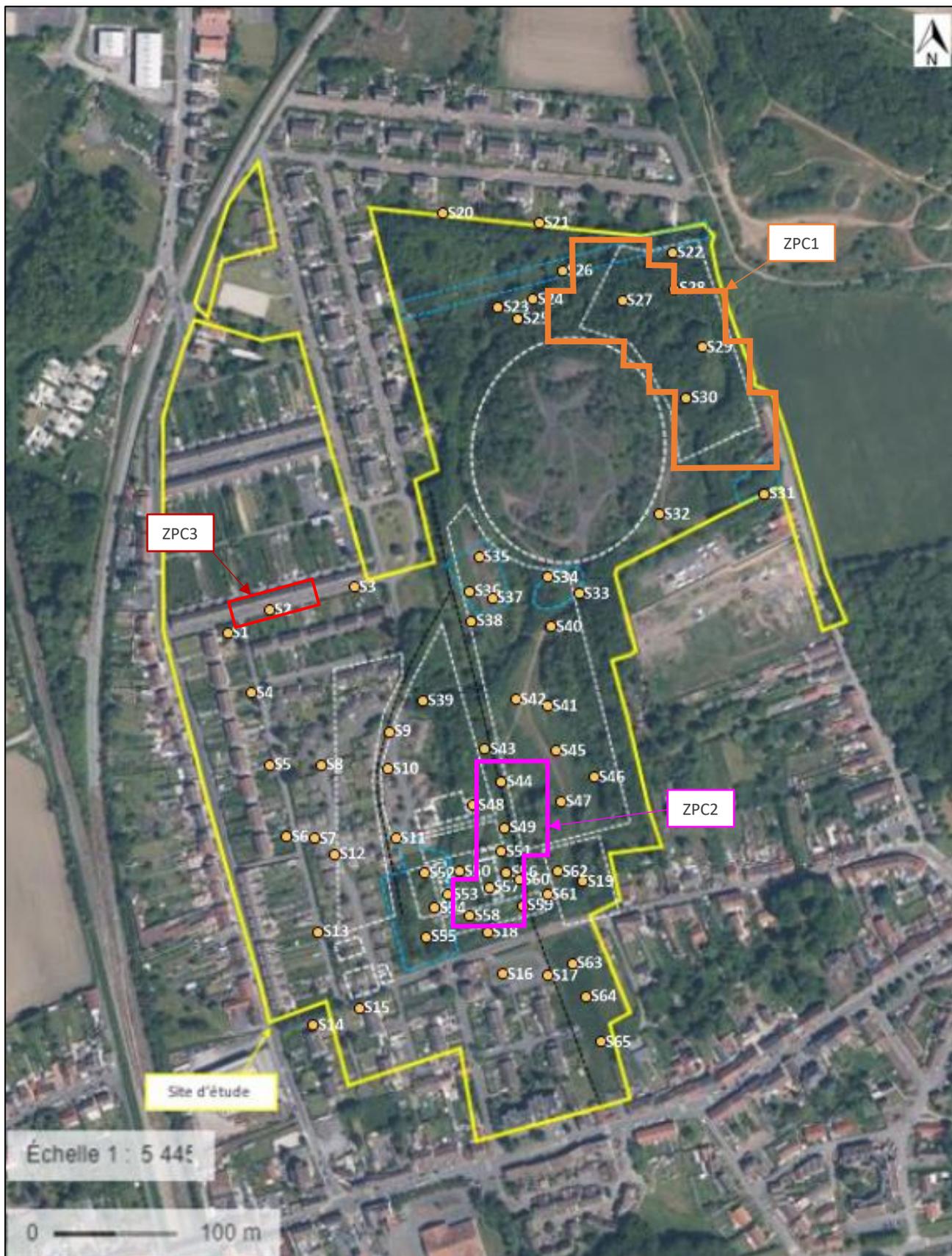


Figure 1 : Localisation des pollutions concentrées mises en évidence sur le site

En présence de pollutions concentrées, la mise en place de mesures de gestion spécifiques est jugée nécessaire.

En présence d'une pollution diffuse, la mise en place de mesures de gestion spécifiques est nécessaire uniquement si les modélisations EQRS montrent un risque inacceptable. Ce qui est le cas dans le cadre de la présente étude puisque le risque d'ingestion de sol et de poussières contaminées en extérieur n'est pas acceptable (cf. chapitre 4). **La mise en place de mesures de gestion spécifiques pour la pollution diffuse est donc également nécessaire.**

La suite du Plan de Gestion permettra de définir la compatibilité entre les usagers, l'environnement et les mesures constructives de gestion mises en œuvre dans le cadre des aménagements afin de maîtriser les pollutions concentrées et diffuses.

A noter toutefois que les enjeux sanitaires sont maîtrisés pour :

- l'inhalation car le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiments et d'après la circulaire du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, la voie d'exposition par inhalation de composés volatils depuis les sols ou les eaux souterraines vers l'air ambiant est considérée comme désactivée pour des aménagements sensibles en extérieur ;
- l'usage des eaux souterraines : pas d'usage sur site en l'état actuel et dans le cadre du projet. Par ailleurs, compte-tenu des données relatives à la qualité des eaux de la nappe souterraine au droit du site, nous recommandons de proscrire l'utilisation des eaux souterraines au droit du site ;
- l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec de l'eau de distribution contaminée car le projet ne prévoit pas la mise en place de bâtiment ou de nouvelles canalisations eau potable. A noter toutefois que des canalisations sont présentes au niveau des voiries et trottoirs du quartier ;
- le contact direct, l'ingestion et/ou l'inhalation de particules de sols contaminées dans les boisements présents sur la friche minière en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces.

*

* *

3. DÉFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION POUR LA ZONE DE POLLUTION CONCENTRÉE ZPC1

3.1. Caractéristiques de la source de pollution

Pour rappel, la zone de pollution concentrée ZPC1 est une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds mise en évidence dans les remblais autour des sondages S27, S29 et S30 réalisés dans la zone « terril ».

Cette zone de pollution se trouve au Nord-Est de la zone « terril » au droit d'une ancienne zone remaniée dans un secteur densément arboré à topographie variable.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses obtenus au droit de la ZPC1.

Tableau 1 : Résultats d'analyses – ZPC1 (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2)

Échantillon	Unité	Gamme de valeurs du bruit de fond pédogéochimique	Zone "terril"		
			S27	S29	S30
Profondeur d'analyse (m/TA)			0,10 - 0,60	0,00 - 0,85	0,05 - 0,30
Type de terrain prélevé			R	R	R
ANALYSES SUR SOL BRUT					
Matière sèche	% P.B.	pvl	84,5	85,3	90,9
Hydrocarbures totaux					
Indice hydrocarbures totaux (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/kg MS	pvl	13700	400	707
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques					
Somme des HAP	mg/kg MS	pvl	305	52,3	144
Métaux et métalloïdes					
Antimoine	mg/kg MS	0,34 à 2,44	1,76	1,26	<1,00
Arsenic	mg/kg MS	4,8 à 14	21,5	14,1	11,6
Baryum	mg/kg MS	pvl	256	417	395
Cadmium	mg/kg MS	0,02 à 0,93	0,65	1,53	1,45
Chrome	mg/kg MS	38,3 à 78,1	29,3	41,1	38,7
Cuivre	mg/kg MS	8,7 à 74	80	73,5	69,4
Molybdène	mg/kg MS	0,33 à 1,34	3,12	1,76	1,33
Nickel	mg/kg MS	12,3 à 38,6	45,7	41	36,9
Plomb	mg/kg MS	13,6 à 116,2	105	165	141
Sélénium	mg/kg MS	<0,1 à 0,78	<1,00	<1,03	<1,00
Zinc	mg/kg MS	39,8 à 109,6	271	495	518
Mercuré	mg/kg MS	<0,02 à 0,276	0,27	1,93	1,34

La figure en page suivante permet de visualiser l'étendue de la zone de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S27, S29 et S30 selon une maille de 100 m². La délimitation de la pollution en HCT a été faite sur la base des iso-concentrations en HCT et des teneurs réellement mesurées lors de nos investigations.

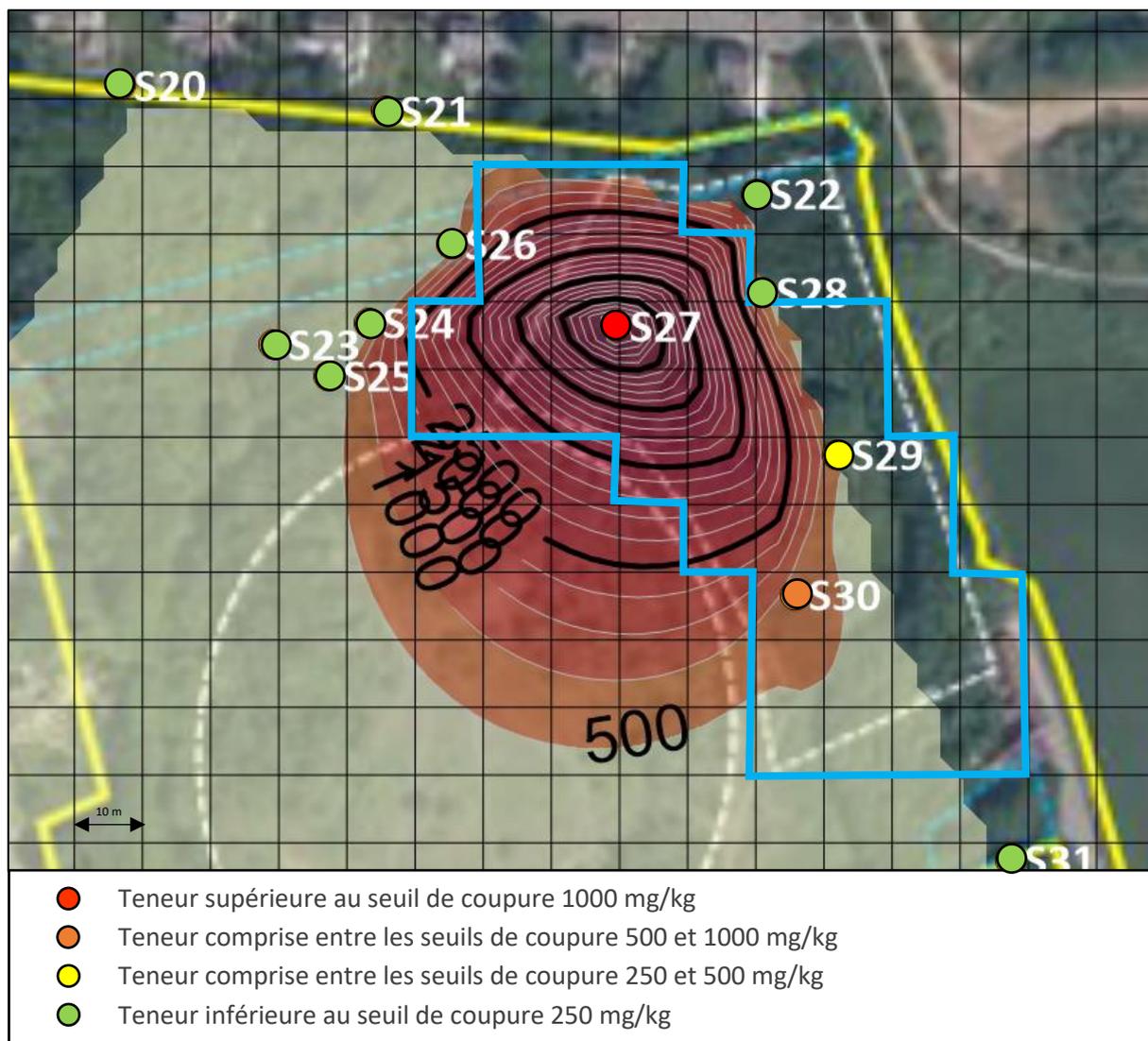


Figure 2 : Délimitation de la source de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S27, S29 et S30

La zone de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S27, S29 et S30 est délimitée horizontalement :

- au Nord par la bordure du site relativement éloignée ;
- au Nord-Est à l'aide des sondages S22 et S28 relativement éloignés ;
- à l'Est par la bordure du site relativement éloignée ;
- à l'Ouest par le teruil ;
- au Nord-Ouest à l'aide des sondages S23, S24, S25 et S26 relativement éloignés.

En revanche la pollution n'est pas délimitée :

- horizontalement au Sud du fait de l'absence de sondages dans cette zone ;
- verticalement puisque des teneurs très élevées sont quantifiées en surface (refus en lien avec la technique de forage employée (tarière manuelle du fait des contraintes écologiques et pour conserver la végétation)).

La figure en page suivante permet de visualiser l'étendue de la zone de pollution concentrée en HAP au droit des sondages S27, S29 et S30 selon une maille de 100 m². La délimitation de la pollution en HAP a été faite sur la base des iso-concentrations en HAP et des teneurs réellement mesurées lors de nos investigations.

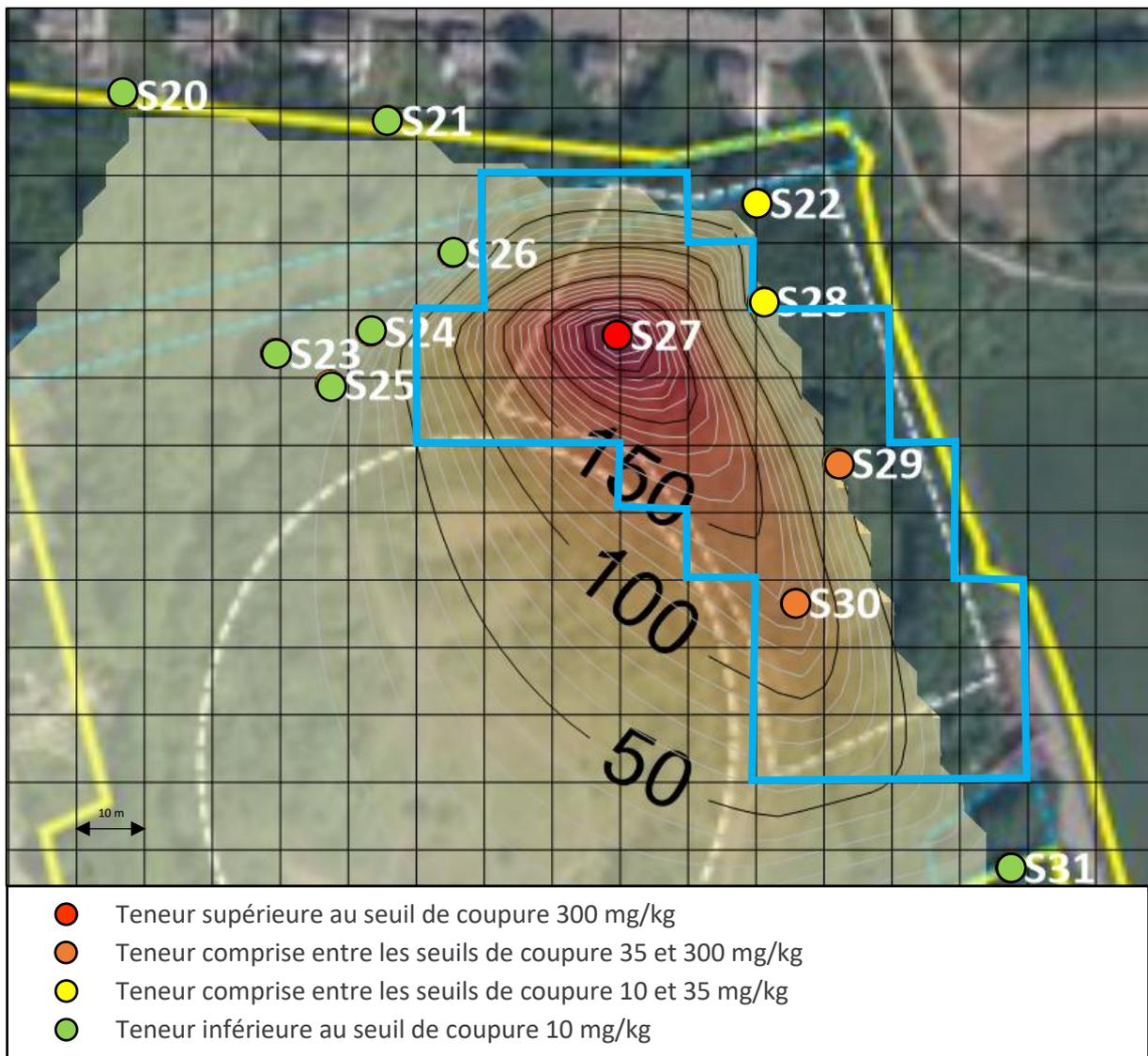


Figure 3 : Délimitation de la source de pollution concentrée en HAP au droit des sondages S27, S29 et S30

La zone de pollution concentrée en HAP au droit des sondages S27, S29 et S30 est délimitée horizontalement :

- au Nord par la bordure du site relativement éloignée ;
- au Nord-Est à l'aide des sondages S22 et S28 relativement éloignés ;
- à l'Est par la bordure du site relativement éloignée ;
- à l'Ouest par le teruil ;
- au Nord-Ouest à l'aide des sondages S23, S24, S25 et S26 relativement éloignés.

En revanche la pollution n'est pas délimitée :

- horizontalement au Sud du fait de l'absence de sondages dans cette zone ;
- verticalement puisque des teneurs très élevées sont quantifiées en surface (refus en lien avec la technique de forage employée (tarière manuelle du fait des contraintes et pour conserver la végétation)).

Les emprises des pollutions en HCT et en HAP ont la même étendue et se superposent parfaitement pour délimiter la zone de pollution concentrée ZPC1 au droit des sondages S27, S29 et S30.

A noter que cette emprise se superpose également avec les teneurs en métaux lourds (notamment arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc) mises en évidence dans ce secteur.

Remarque : la qualité environnementale du terriil et des sols en place sous le terriil n'est à ce jour pas déterminée.

3.2. Projet envisagé sur cette partie du site

La figure ci-dessous permet de visualiser le projet envisagé au droit de la ZPC1.



Figure 4 : Plan projet au niveau de la ZPC1

Pour rappel, dans ce secteur, le projet prévoit :

- le réaménagement des cheminements piétonniers :
 - terrassements en déblais / remblais, aucune évacuation de terre prévue ;
 - revêtement en sable stabilisé + fondations + couche de grave non traitée de 20 cm d'épaisseur + couche de fondation de 20 cm d'épaisseur + géotextile ;
- la conservation des boisements existants du fait de contraintes écologiques.

3.3. Définition des mesures de gestion

Les textes méthodologiques mis à jour en 2017 prévoient l'évaluation d'au moins deux scénarios de gestion.

Toutefois, la zone de pollution concentrée ZPC1 :

- n'est pas totalement délimitée horizontalement et n'est pas délimitée verticalement ;
- se trouve dans un secteur difficilement accessible (boisement à topographie variable) ;
- est contrainte par des enjeux écologiques ;
- fait l'objet d'un projet de conservation des boisements existants et aucun déblais n'est prévu dans le cadre du projet.

En tout état de cause, la réalisation d'un bilan coûts-avantages n'est pas pertinente.

En revanche, le bureau d'études GÉAUPOLE recommande la réalisation d'un **diagnostic complémentaire de la qualité des sols** (mission DIAG – prestations élémentaires A200 et A270) sur cette partie du site afin de :

- délimiter verticalement et horizontalement la zone de pollution concentrée ZPC1 ;
- statuer du caractère lixiviable des polluants mis en évidence.

Les investigations devront être menées à l'aide d'une machine de forage pour pallier aux refus constatés dans ce secteur et ainsi atteindre le terrain naturel. Dans ce cadre, des accès devront être créés pour permettre l'accès au site à une machine de forage tout en préservant au maximum la végétation.

Les investigations devront également permettre d'investiguer les clairières afin de statuer sur le risque d'ingestion et/ou d'inhalation de particules de sols contaminées, dans ces secteurs plus accessibles aux usagers que les boisements.

Une fois la zone de pollution délimitée, celle-ci pourra être maintenue en place sous réserve de mettre en place une surveillance environnementale des eaux souterraines pour assurer la protection de la ressource en eau régionale (nappe de la craie) via la réalisation :

- d'un **diagnostic environnemental de la qualité des eaux souterraines** (mission DIAG – prestations élémentaires A210 et A270) permettant la constitution d'un réseau de surveillance piézométrique et la réalisation d'une campagne « état zéro » visant à définir la qualité initiale de la nappe ;
- d'une **surveillance environnementale des eaux souterraines** (mission SUIVI). Ce suivi sera réalisé à une fréquence semestrielle (en hautes eaux et en basses eaux) sur une durée minimale de 4 ans.

A l'issue de cette surveillance, un **bilan quadriennal** (mission BQ) sera réalisé pour statuer sur la poursuite avec ou sans adaptation, voire l'arrêt de la surveillance.

*

* *

4. DÉFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION POUR LA ZONE DE POLLUTION CONCENTRÉE ZPC2

4.1. Caractéristiques de la source de pollution

Pour rappel, la zone de pollution concentrée ZPC2 est une zone de pollution concentrée en HCT, en HAP et dans une moindre mesure en métaux lourds mise en évidence dans les remblais autour des sondages S57, S44 et S49 réalisés dans la zone « terrains en friche ».

Cette zone de pollution se trouve au centre de la zone « terrains en friche » au droit des anciens bâtiments et infrastructures de la fosse Schneider.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses obtenus au droit de la ZPC2.

Tableau 2 : Résultats d'analyses – ZPC2 (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2)

Échantillon	Unité	Gamme de valeurs du bruit de fond pédogéochimique	Zone "terrains en friche"									
			S44	S44	S44	S49	S49	S49	S57	S57	S57	S57
Profondeur d'analyse (m/TA)	Type de terrain prélevé		0,20 - 1,20	1,20 - 2,00	2,00 - 2,80	0,20 - 1,00	1,00 - 2,00	2,00 - 3,00	0,15 - 0,60	1,60 - 2,50	2,50 - 3,20	3,20 - 4,20
ANALYSES SUR SOL BRUT			R	TN	TN	R	R	TN	R	R	R	TN
Matière sèche	% P.B.	pvl	78,5	82	81,2	77,8	82,7	79,5	80,5	81,7	83,7	81,9
Hydrocarbures totaux												
Indice hydrocarbures totaux (C ₁₀ -C ₃₀)	mg/kg MS	pvl	844	<15,00	<15,00	690	<15,00	<15,00	1410	174	24	<15,00
Cyanures												
Cyanures totaux	mg/kg MS	pvl	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	37,0
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques												
Somme des HAP	mg/kg MS	pvl	34,8	1,96	0,876	17,7	<0,05	<0,05	318	14,4	0,117	0,122
Métaux et métalloïdes												
Antimoine	mg/kg MS	0,34 à 2,44	1,26	<1,00	<1,03	1,86	<1,00	<1,00	13,4	3,78	<1,00	1,02
Arsenic	mg/kg MS	4,8 à 14	22,9	16,4	2,88	14,3	7,45	3,31	18	9,58	6,69	4,92
Baryum	mg/kg MS	pvl	326	55	34,2	235	46,5	33,4	495	122	48,9	35,9
Cadmium	mg/kg MS	0,02 à 0,93	1,71	<0,40	<0,41	1,27	<0,40	<0,40	2,07	0,63	<0,40	<0,40
Chrome	mg/kg MS	38,3 à 78,1	42,6	24,6	9,1	22,3	21,4	9,7	42,8	23,5	41,4	16,9
Cuivre	mg/kg MS	8,7 à 74	134	12,9	12,2	84,6	12,5	8,93	76,2	36,5	10,3	35,8
Molybdène	mg/kg MS	0,33 à 1,34	1,63	<1,00	<1,03	<1,00	<1,00	<1,00	1,54	1,03	<1,00	<1,00
Nickel	mg/kg MS	12,3 à 38,6	33,3	19,9	8,16	25,5	18,4	11,2	30,3	18,8	22,1	11,8
Plomb	mg/kg MS	13,6 à 116,2	161	23,2	15,3	132	11,2	14	198	198	10,6	18,8
Sélénium	mg/kg MS	<0,1 à 0,78	<1,00	<1,00	<1,03	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Zinc	mg/kg MS	39,8 à 109,6	438	43	26,1	399	35,7	31,3	442	164	42	40,3
Mercure	mg/kg MS	<0,02 à 0,276	0,25	<0,10	<0,10	0,28	<0,10	0,1	0,53	0,1	<0,10	<0,10

La figure en page suivante permet de visualiser l'étendue de la zone de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S57, S44 et S49 selon une maille de 100 m². La délimitation de la pollution en HCT a été faite sur la base des iso-concentrations en HCT et des teneurs réellement mesurées lors de nos investigations.

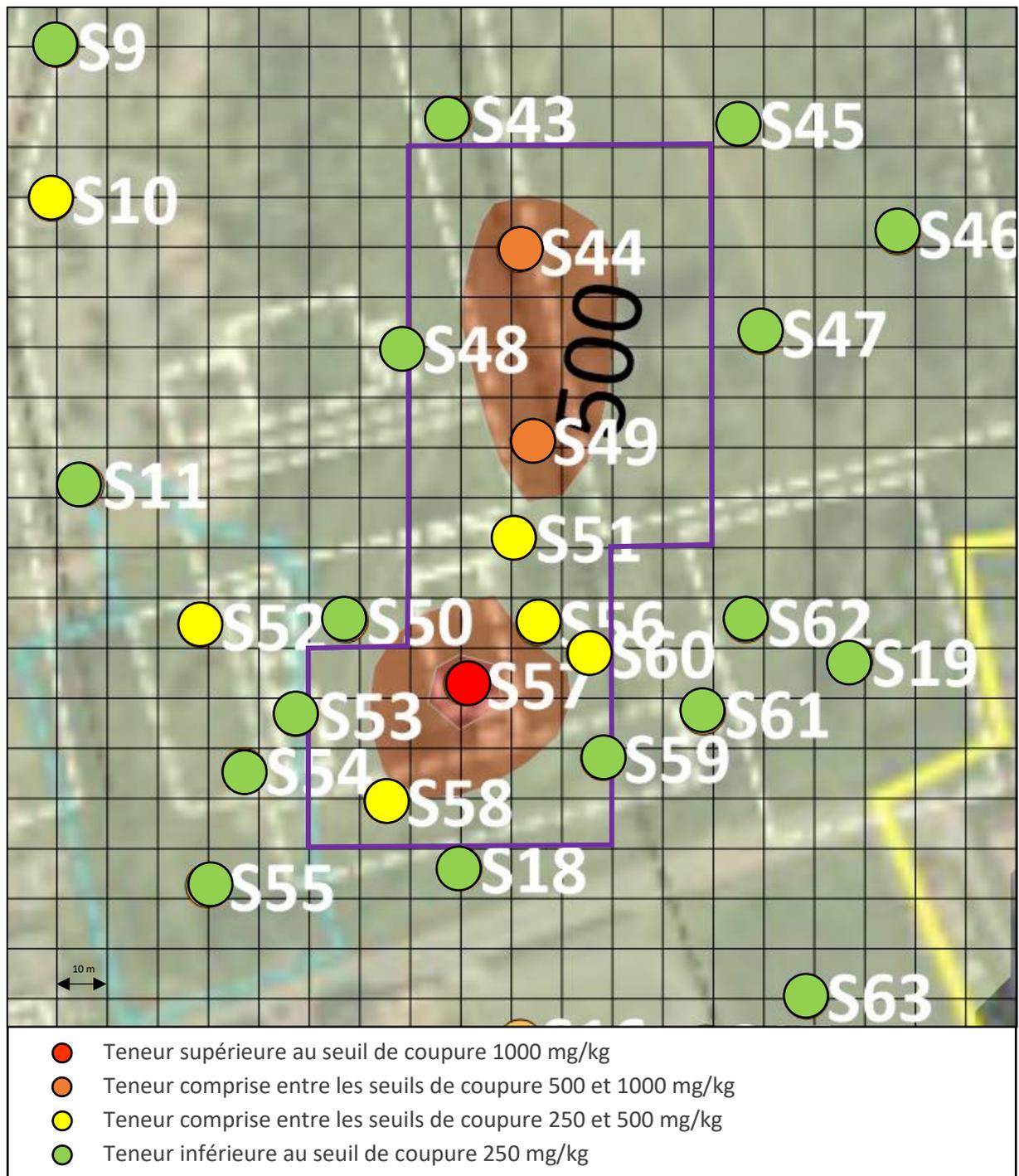


Figure 5 : Délimitation de la source de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S57, S44 et S49

La zone de pollution concentrée en HCT au droit des sondages S57, S44 et S49 est délimitée :

- verticalement : à 1,50 m de profondeur à l'aide des échantillons plus profonds prélevés sur ces sondages ;
- horizontalement : à l'aide des sondages S43, S45, S47, S48, S50, S53, S54, S55, S18, S59, S61 et S62 pour certains relativement éloignés.

La figure en page suivante permet de visualiser l'étendue de la zone de pollution concentrée en HAP au droit des sondages S57, S44 et S49 selon une maille de 100 m². La délimitation de la pollution en HAP a été faite sur la base des iso-concentrations en HAP et des teneurs réellement mesurées lors de nos investigations.

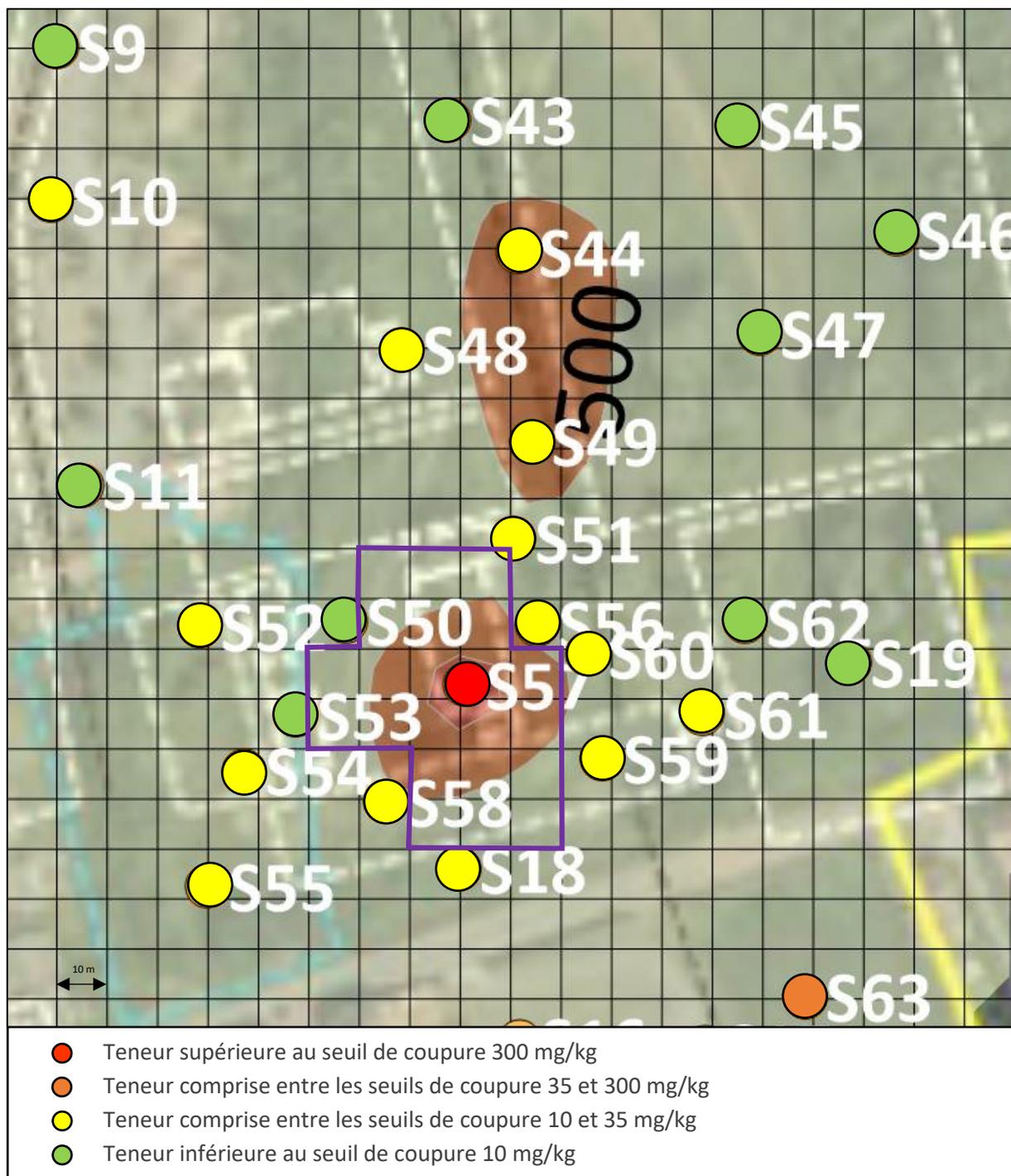


Figure 6 : Délimitation de la source de pollution concentrée en HAP au droit des sondages S57, S44 et S49

La zone de pollution concentrée en HAP au droit du sondage S57 est délimitée :

- verticalement : à 1,50 m de profondeur à l'aide de l'échantillon plus profond prélevé sur ce sondage ;
- horizontalement : à l'aide des sondages S51, S50, S52, S53, S54, S58, S18, S59, S61, S60 et S56 pour certains relativement éloignés.

L'emprise de la pollution en HAP est incluse dans l'emprise de la pollution en HCT. L'emprise de la pollution en HCT permet donc de délimiter la zone de pollution concentrée ZPC2 au droit des sondages S57, S44 et S49.

A noter que cette emprise se superpose également avec les teneurs en métaux lourds (notamment arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc) et en cyanures mises en évidence dans ce secteur.

4.2. Projet envisagé sur cette partie du site

La figure ci-dessous permet de visualiser le projet envisagé au droit de la ZPC2.



Figure 7 : Plan projet au niveau de la ZPC2

Pour rappel, dans ce secteur, le projet prévoit :

- l'aménagement de deux zones de prairie pour de l'éco-pâturage. Aucune évacuation de terres n'est prévue sur ces espaces. Le sol sera travaillé sur 20 cm d'épaisseur puis amendé ;
- la création d'un cheminement central séparant les deux zones de prairie :
 - terrassements en déblais / remblais, aucune évacuation de terre prévue ;
 - revêtement en béton désactivé + grave calcaire non traitée de 40 cm d'épaisseur + géotextile ;
- le réaménagement des cheminements piétonniers périphériques :
 - terrassements en déblais / remblais, aucune évacuation de terre prévue ;
 - revêtement en sable stabilisé + fondations + couche de grave non traitée de 20 cm d'épaisseur + couche de fondation de 20 cm d'épaisseur + géotextile.

A noter qu'en bordure Nord de la ZPC2 est prévu la création d'un passage sous passerelle pour les animaux entre les deux pâtures. Ce passage générera des déblais.

4.3. Définition des mesures de gestion – généralités

Conformément à la politique nationale de gestion des sites pollués, les mesures de gestion à envisager doivent privilégier prioritairement la suppression des sources de pollutions présentes ainsi que de leurs impacts si ceux-ci sont constatés, quel que soit l'usage envisagé du site.

Les différentes techniques de dépollution peuvent être classées en fonction de la nature des procédés employés, à savoir : les procédés physiques, biologiques, thermiques et chimiques.

Les techniques de dépollution peuvent aussi être classées en fonction du lieu de traitement : hors site (ou ex situ), in situ (ou en place) ou confinement.

Conformément à la politique nationale pour le traitement des sources de pollution concentrée, il est vivement recommandé d'extraire les matériaux pollués dans sa totalité.

4.4. Définition des mesures de gestion – techniques de dépollution potentielles retenues

La sélection des techniques de réhabilitation a été défini en se basant sur le site internet <http://www.selecdepol.fr>, consistant en un outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution mis en ligne par le BRGM et l'ADEME. Il a été consulté le 03/10/2024.

L'outil SelecDEPOL constitue une aide à la décision permettant, en fonction de différents paramètres opératoires choisis (polluants en présence, matrice à dépolluer, mode d'application des techniques (in situ, hors site / sur site) et de la perméabilité si elle est connue), de guider vers les techniques de dépollution disponibles, reconnues ou émergentes, les plus adaptées. Il est ensuite possible de comparer les différentes techniques selon leur maturité, leur taux d'utilisation ou la profondeur de traitement associé.

Les recherches ont été réalisées pour le milieu **sol** en **zone non saturée** pour les polluants principaux identifiés au droit de la zone de pollution concentrée ZPC2 à savoir les hydrocarbures (THP lourds et HAP) et les métaux. Le tableau en page suivante récapitule la maturité de chacune des techniques en fonction des polluants identifiés.

Tableau 3 : Maturité des techniques de dépollution pour la matrice sol en zone non saturée

Technique de dépollution	TPH lourd	HAP	Métaux	Technique pouvant être retenue
In situ				
<u>Atténuation naturelle contrôlée</u>	5/5	-	-	non
<u>Biodégradation dynamisée</u>	5/5	5/5	-	non
<u>Bioventing</u>	5/5	-	-	non
<u>Confinement par couverture et étanchéification</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Désorption thermique in situ</u>	3/5	3/5	3/5	non
<u>Electroremédiation</u>	-	-	2/5	non
<u>Extraction double phase</u>	5/5	-	-	non
<u>Lavage in situ</u>	3/5	3/5	3/5	non
<u>Oxydation chimique in situ</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Phytodégradation</u>	2/5	2/5	-	non
<u>Phytoextraction</u>	-	-	2/5	non
<u>Phytostabilisation / Phyto-immobilisation</u>	-	-	3/5	non
<u>Pompage et traitement</u>	-	-	-	non
<u>Réduction chimique in situ</u>	-	-	3/5	non
<u>Solidification-stabilisation in situ</u>	-	-	3/5	non
<u>Ventilation de la zone non saturée (venting)</u>	-	-	-	non
<u>Vitrification in situ</u>	2/5	2/5	2/5	non
Sur site ou hors site				
<u>Bioréacteur</u>	3/5	3/5	3/5	non
<u>Bioterre</u>	5/5	5/5	-	non
<u>Compostage</u>	5/5	5/5	-	non
<u>Désorption thermique sur site, hors site</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Encapsulation sur site et élimination en centres de stockage des déchets</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Excavation des sols</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Incinération</u>	5/5	5/5	-	non
<u>Landfarming</u>	5/5	5/5	-	non
<u>Lavage à l'eau sur site, hors site</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Mise en solution et extraction chimiques</u>	3/5	3/5	3/5	non
<u>Oxydation et réduction chimiques sur site, hors site</u>	3/5	3/5	3/5	non
<u>Pyrolyse</u>	3/5	3/5	-	non
<u>Solidification-stabilisation sur site, hors site</u>	-	-	5/5	non
<u>Tri granulométrique</u>	5/5	5/5	5/5	Oui
<u>Vitrification sur site, hors site</u>	3/5	3/5	3/5	non

Les scénarii suivants ne sont pas retenus :

- confinement par couverture et étanchéification : solution ne permettant pas un traitement partiel à quasi-total de la source de pollution concentrée tel que demandé par la méthodologie SSP ;

- oxydation chimique in situ : solution nécessitant la mise en place d'une infrastructure lourde de barrière hydraulique et/ou de barrière perméable réactive pour saturer localement la zone non saturée car l'oxydation doit s'effectuer en phase aqueuse ;
- désorption thermique sur site, hors site : solution non adaptée pour les métaux non volatils ;
- tri granulométrique et lavage à l'eau sur site, hors site : solutions nécessitant soit une excavation hors site, soit un encombrement important et générant des nuisances (émissions atmosphériques, nuisances sonores et/ou consommation d'eau importante).

Au final, sur la base de l'outil SelecDEPOL, seule l'excavation et l'élimination en centre de stockage des déchets (hors site) des matériaux est envisageable pour traiter la zone de pollution concentrée ZPC2.

GÉauPole a donc étudié le scénario d'une technique de dépollution alternative afin de pouvoir évaluer au moins deux scénarios de gestion.

La technique retenue est la technique de dépollution par inertage in-situ.

Cette technique permet, à l'aide d'une unité de traitement, de fixer les polluants dans les sols à l'aide de ciments et réactifs dédiés. Elle permet de traiter des terres présentant des polluants organiques sur matière brute (HAP, PCB et HCT) et des terres présentant des polluants lixiviables. Cette technique rapide (rendement d'environ 700 tonnes / jour) présente également l'avantage de pouvoir réutiliser les terres sur site après traitement (pas d'évacuation et donc pas d'apport de terres à prévoir).

A noter toutefois que cette que cette technique devra être couplée avec le confinement par couverture et étanchéification (in-situ) du fait des teneurs résiduelles après traitement.

Les deux scénarii envisageables répondent donc aux exigences suivantes :

- solutions permettant un traitement partiel à quasi-total de la source de pollution concentrée conformément à la méthodologie SSP ;
- l'ensemble des polluants détectés au droit de la ZPC2 pouvant présenter un risque sanitaire peuvent être traités par les deux solutions retenues.

En conséquence, les deux scénarii retenus pour la gestion de la zone de pollution concentrée ZPC2 sont les suivants :

- scénario 1 : excavation et élimination en centre de stockage des déchets (hors site) des matériaux ;
- scénario 2 : dépollution par inertage in-situ et confinement par couverture et étanchéification (in-situ).

4.5. Définition des mesures de gestion – bilan coûts-avantage

Le bilan coût-avantages des techniques de dépollution destinées à traiter la zone de pollution concentrée ZPC2, décrites précédemment, est présenté dans le tableau en page suivante.

Tableau 4 : Tableau du bilan coûts-avantages pour la gestion de la ZPC2

Solution	Scénario 1	Scénario 2
	Excavation et élimination en centre de stockage des déchets (hors site) des matériaux	Dépollution par inertage in-situ et confinement par couverture et étanchéification
Source		
Réduction de la charge polluante	Traitement de la source pour atteinte des seuils de coupure : - teneurs en HCT inférieures au seuil de coupure 250 mg/kg ; - teneurs en HAP inférieures au seuil de coupure 10 mg/kg.	Traitement de la source pour atteinte des seuils de coupure : - teneurs en HCT inférieures au seuil de coupure 250 mg/kg ; - teneurs en HAP inférieures au seuil de coupure 10 mg/kg. → nécessite la mise en place d'un recouvrement pour la pollution résiduelle après traitement.
Note	1	0,75
Impact		
Rendement environnemental	Présence d'engins de chantier. Bilan carbone modéré : rotation de camions vers les ISD et pour apport de terres saines (comblement de la zone terrassée). Traitement bruyant. Impacts non prévus dans le cadre du projet. Pas de valorisation des matériaux.	Présence d'engins de chantier et d'une unité de traitement. Bilan carbone faible : pas de rotations de camions vers les ISD mais camions pour apport du liant et des terres saines (recouvrement de la pollution résiduelle). Traitement bruyant. Impacts non prévus dans le cadre du projet. Valorisation des matériaux traités sur site.
Note	0,50	0,75
Santé - Risques sanitaires pour les opérateurs terrain et les riverains	Risque sanitaire pour les opérateurs de terrain (nécessité d'Equipements de Protection Individuels Spécifiques, etc...) Nécessité de prendre des précautions pour le transport des terres hors site.	Risque sanitaire pour les opérateurs de terrain (nécessité d'Equipements de Protection Individuels Spécifiques, etc...).
Note	0,75	0,75
Technique		
Adaptabilité aux contraintes du site	Adapté : → site en friche de grande surface permettant le déplacement et la rotation aisés des camions et engins de chantier. → à noter toutefois que certains arbres devront être abattus.	Adapté : → site en friche de grande surface permettant la mise en place de l'unité de traitement et des stocks amont et aval, le déplacement et la rotation aisés des camions et engins de chantier. → à noter toutefois que certains arbres devront être abattus et que le stock à traiter devra être constitué en amont du chantier de dépollution.
Note	0,75	0,75
Adaptabilité aux contraintes du milieu	Adapté à tout type de sol.	Adapté à tout type de sol
Note	1	1
Durée du traitement	Quelques semaines à quelques mois.	Quelques semaines à quelques mois.
Note	0,75	0,75
Coût du traitement	< 100€/t (cf. chapitre 4.7) Gestion des matériaux terrassés en filière adaptée. Chiffrage global dépendant des filières possibles d'élimination ou de revalorisation et du tonnage à évacuer. Nombreux postes non chiffrables (terrassement, décaissement, et chargement puis remblaiement).	< 100€/t (cf. chapitre 4.8) Dépollution par inertage. Chiffrage global dépendant du tonnage à traiter. Nombreux postes non chiffrables (terrassement, décaissement, constitution du stock de terres à traiter et remblaiement avec les matériaux traités puis confinement). → Contrôle du maintien de la couverture. → Mise en place de servitude possible.
Note	0,50	0,50
Rendement maximal	100% → matériaux excavés sur la totalité de la ZPC2 sur la surface et la profondeur nécessaire pour le traitement de la source.	100% → matériaux traités sur la totalité de la ZPC2 sur la surface et la profondeur nécessaire pour le traitement de la source. → matériaux traités confinés sur l'ensemble du site.
Note	1	1
Psychosociologique		
Perception par les riverains	Perception par les riverains : → traitement bruyant et rotation conséquente des camions. → temps de traitement plus court.	Perception par les riverains : → traitement bruyant et temps de traitement plus long. → moins de rotation de camions.
Note	0,50	0,50
NOTE TOTALE	6,75	6,75

Ce bilan coût-avantages s'appuie sur un barème présenté dans le tableau en page suivante.

Tableau 5 : Barème de notation du bilan coût-avantage

Sources	0	0,25	0,5	0,75	1	Pondération
Réduction de la charge polluante	Maintien de la source par exemple dans le cas d'un confinement Mise en place de servitudes	Traitement de la source pour partie des composés nécessitant toutefois une analyse des risques résiduels et des servitudes	Traitement de la source nécessitant toutefois une analyse des risques résiduels	Traitement de la source à des concentrations inférieures aux valeurs retenue ou réglementaires	Suppression totale de la source dans la limite des techniques et des contraintes du site	1
Impact	0	0,25	0,5	0,75	1	
Rendement environnemental	Mise en œuvre de moyens importants et consommation élevée d'énergie Génération de déchets secondaires (rejets solides liquides gazeux)	Mise en œuvre de moyens importants ou consommation élevée d'énergie Ou génération de déchets secondaires	Mise en œuvre de moyens importants : engins de chantier et camions Consommation d'énergie	Mise en œuvre de moyens faibles : engins de chantier et camions ponctuellement Peu d'électricité utilisée Peu de rejets	Absence d'impact des travaux sur l'environnement	1
Santé – Risques sanitaires pour les opérateurs terrain et les riverains	Mise en œuvre de moyens importants pour sécuriser les travaux d'un point de vue sanitaire (mise en place d'un ou plusieurs chapiteaux ventilés) Port du masque adapté Contrôle de l'exposition des opérateurs et des riverains et mise en place d'un traitement annexe pour sécuriser les riverains	Mise en œuvre de moyens importants pour sécuriser les travaux d'un point de vue sanitaire (mise en place d'un ou plusieurs chapiteaux ventilés) Port du masque adapté Contrôle de l'exposition des opérateurs et des riverains	Mise en œuvre de moyens modérés pour sécuriser les travaux d'un point de vue sanitaire Port du masque adapté Contrôle de l'exposition des opérateurs et des riverains	Mise en œuvre de moyens modérés pour sécuriser les travaux d'un point de vue sanitaire Port du masque adapté si nécessaire	Absence d'impact des travaux sur la santé	1
Technique	0	0,25	0,5	0,75	1	
Adaptabilité aux contraintes du site*	Non adapté – rédhibitoire	Non adapté – sous conditions	Adapté – sous réserve	Adapté	Très adaptée	1
Adaptabilité aux contraintes du milieu*	Non adapté – rédhibitoire	Non adapté – sous conditions	Adapté – sous réserve	Adapté	Très adaptée	2
Durée de l'assainissement	> 2 ans	6 mois à 2 ans	< 6 mois	-	Quelques semaines	1
Coût de l'assainissement	> 250€/t	< 250€/t	< 100€/t	< 50€/t	< 10€/t	1
Rendement	< 40%	< 60%	< 80%	< 90%	< 95%	1
Psychosociologique	0	0,25	0,5	0,75	1	
Perception par les riverains (par rapport au vécu du site, aux nuisances du chantier)	Très mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Très bonne	1

Note : * : Site de petite taille, exigüë, dont l'usage restera inchangé

La notation des différentes caractéristiques de ces méthodes a permis de faire ressortir que les scénarii 1 et 2 sont tous deux adaptés au site, au projet et aux caractéristiques des anomalies de concentrations mises en évidence dans les sols au droit de la source de pollution concentrée ZPC2. Ces méthodes ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients et engendrent des impacts techniques, psychologiques et financiers similaires.

4.6. Application des mesures de gestion – estimations volumiques

4.6.1. Préambule

Les paragraphes qui suivent permettent de réaliser une estimation des volumes de matériaux pollués à excaver dans le cadre du traitement de la source de pollution concentrée ZPC2 mise en évidence sur le site.

Pour ce faire, les calculs de volume se feront sur la base des seuils de coupure découlant des analyses sur les échantillons de sols prélevés et des indices organoleptiques relevés sur le terrain.

4.6.2. Estimations volumiques

Ce paragraphe se base sur les cartographies de délimitation de la source de pollution concentrée ZPC2 présentées au chapitre 4.1.

A noter toutefois que la pollution concentrée est délimitée à l'aide de sondages pour certains relativement éloignés. Des incertitudes seront donc à prendre en compte sur les estimations réalisées.

Afin de procéder à une estimation du volume de matériaux à excaver, nous avons pris en compte les hypothèses suivantes :

- le volume de terres à excaver correspond au volume strictement identifié au droit du site en place et non foisonnés (variation de l'ordre de $\pm 15\%$) ;
- les résultats des analyses chimiques obtenus pour les sondages sont représentatifs de la maille analysée.

Nous prendrons en compte les données récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Estimations volumiques - hypothèses de travail

Sondages concernés	Superficie (m ²)	Profondeur d'excavation (m)	Volume de matériaux à excaver (m ³)
ZPC2			
S44, S49, S51, S56, S57, S58 et S60	8 000	1,50	12 000
Total	8 000	-	12 000

L'ordre de grandeur du volume de matériaux à excaver dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 est d'environ **12 000 m³** de matériaux.

4.6.3. Estimation des tonnages associés

Une estimation du tonnage des matériaux à excaver, dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 est présentée dans le tableau suivant.

Attention, les tonnages indiqués ci-dessous sont indicatifs car directement tributaires de la densité humide des terres qui sera constatée lors des terrassements. Pour cette estimation il est considéré une densité humide moyenne de terres égale à 1,8 t/m³.

Tableau 7 : Volume et tonnage à évacuer

Sondages concernés	Volume de matériaux à excaver (m ³)	Tonnage de matériaux à excaver
ZPC2		
S44, S49, S51, S56, S57, S58 et S60	12 000	21 600
Total	12 000	21 600

L'estimation de l'ordre de grandeur du tonnage dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 est de **21 600 tonnes** de matériaux.

Remarque importante : À ce titre, le tonnage estimé ici pourra s'avérer différent au moment des excavations. En effet, il convient d'intégrer les conditions hydriques, au moment du chantier, différentes de celles issues de nos prélèvements, ce qui aura pour effet de modifier le volume des matériaux et implicitement le coût. L'effet de foisonnement peut avoir un effet non négligeable.

4.7. Application des mesures de gestion – estimations financières pour le scénario 1

4.7.1. Préambule

Sur la base du tonnage préalablement estimé au 4.6.3 et en considérant un coût national moyen de mise en dépôt et de transport (*hors travaux de terrassement, décaissement, chargement*), variant selon le centre de traitement choisi et la société de transport, une approche financière a été établie.

Le tableau en page suivante donne un estimatif du coût d'envoi en filières adaptées des matériaux à excaver.

Tableau 8 : Coût estimatif des différentes filières au niveau national

Orientation des matériaux	ISDI	ISDI+	ISDND	ISDD	Biocentre
Coût moyen (euros HT / tonne)	15	20	90	190	70

Remarque : Localement, les prix des coûts de dépôt et de transport pourront être revus en fonction du centre de traitement spécifique retenu et du marché de consultation des entreprises.

4.7.2. Approche financière du coût d'envoi en Installation de Stockage des Déchets (ISD)

Les résultats d'analyses issus des investigations de terrain menées sur le site au droit de la zone de pollution concentrée ZPC2 (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2) mettent en évidence des teneurs admissibles en Installation de Stockage des Déchets Dangereux (ISDD) et Non Dangereux (ISDND).

Toutefois, ces teneurs sont également compatibles avec les seuils d'acceptation en Biocentre.

Le coût de dépôt et de transport en Biocentre étant plus intéressant, cette filière sera privilégiée pour la suite de l'estimation financière.

Un détail estimatif du coût d'envoi en filière adaptée des terres à excaver pour le traitement de la pollution concentrée ZPC2 a été réalisé. Ces estimations sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Résultats financiers des coûts de gestion en filières adaptées

Scénario	Coût (euros HT)
ZPC2 – Scénario 1	
Biocentre	1 512 000

L'envoi en Biocentre représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **1 512 000 euros HT** dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 (hors coûts de travaux de terrassement sur site).

Remarque importante : Nous conseillons le suivi des travaux de terrassement par un bureau de contrôle indépendant de l'entreprise réalisant les travaux afin de pouvoir ajuster et contrôler l'envoi des matériaux en filières adaptées et ainsi optimiser les coûts.

D'après nos recherches, le coût des travaux de terrassement est compris **entre 25 et 55 euros / HT le m³**.

Le tableau en page suivante donne un estimatif du coût de terrassement des matériaux à excaver pour le scénario 1.

Tableau 10 : Résultats financiers des coûts de terrassement

Scénario	Surface estimée (m ²)	Volume à excaver sur 1,5 m (m ³)	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 1			
Terrassement	8 000	12 000	660 000

Le terrassement de la ZPC2 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **660 000 euros HT**.

4.7.3. Proposition d'alternative à l'envoi en ISD

Une alternative à l'envoi en ISD ou en Biocentre en France est possible. En effet, il existe des centres de revalorisation permettant un traitement des terres notamment en Belgique.

Cette solution pourrait permettre de diminuer les coûts de gestion et l'impact environnemental. En effet, le coût de mise en dépôt dans un centre de revalorisation belge est de l'ordre de 50 euros HT/tonne (contre 70 euros HT/tonne pour un Biocentre en France).

En suivant ce principe et les hypothèses précitées, le coût de mise en dépôt et transport en centre de revalorisation belge des matériaux à excaver pour le traitement de la pollution concentrée ZPC2 est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Résultats financiers des coûts de gestion en centre de revalorisation belge

Scénario	Coût (euros HT)
ZPC2 – Scénario 1	
Centre de revalorisation belge	1 080 000

L'envoi en centre de revalorisation belge représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **1 080 000 euros HT** dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 (hors coûts de travaux de terrassement sur site).

4.7.4. Approche financière du coût de mise en place de terres de substitution

Dans le cadre du scénario 1 (excavation et élimination en centre de stockage des déchets des matériaux), la purge de la source de pollution ZPC2 va engendrer un déficit de matériaux sur une surface de 8 000 m² et sur 1,50 m de profondeur. L'apport de terres de substitution sera donc nécessaire pour combler la zone purgée.

Ce poste est difficilement chiffrable car il est fonction du type de matériaux et de la nature de terrain à remblayer. Il convient en effet de s'adapter au type de sol afin de limiter tout risque de déformation, de glissement et de tassement. De plus, le coût de remblaiement dépend de l'accessibilité du site.

Le coût total du remblaiement peut également fluctuer en fonction de l’outillage et des engins de chantier utilisés par l’entreprise missionnée. Ce coût peut être compris dans le prix des travaux de terrassement.

D’après nos recherches, le coût d’un remblai de terre varie entre 15 et 25 euros HT/m³.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût de mise en place de terres de substitution pour le scénario 1.

Tableau 12 : Résultats financiers du coût de mise en place de terres de substitution

Scénario	Surface estimée (m ²)	Volume de recouvrement sur 1,20 m (m ³)*	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 1			
Mise en place de terres de substitution	8 000	9 600	240 000

* volume de terre végétale non inclus

La mise en place de terres de substitution pour combler la fouille constituée suite au terrassement de la ZPC2 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à 240 000 euros HT.

4.7.5. Proposition alternative à l’apport de terres de substitution

Dans le cadre des phases 1 et 2 du projet de renouvellement urbain, social et environnemental du quartier Schneider porté par la CAPH, des déblais sont générés.

Ces déblais sont, au fur et à mesure des terrassements, acheminés sur un stockage temporaire en vue d’une potentielle réutilisation future en remblais.

Ce stockage temporaire fait actuellement l’objet d’une mission de contrôle (prélèvements et analyses chimiques en laboratoire) en phase chantier par nos soins (référence : C.24.OR.192).

Dans le cadre du scénario 1, les terres excavées constituant le stockage temporaire pourront être utilisées pour s’affranchir de l’apport de terres saines pour le comblement de la zone à remblayer. A noter toutefois que seuls les matériaux respectant le niveau 1 défini dans le guide de valorisation hors site des terres excavées dans des projets d’aménagements d’avril 2020 (DGPR) pourront être réemployés, et ce sous une couverture de terres végétales saines de 30 cm.

4.7.6. Approche financière du coût de mise en place d'une terre végétale

Le confinement des terres d'apport utilisées pour le comblement de la surface purgée suite au traitement de la ZPC2 pourra être réalisé par l'intermédiaire de l'apport de terres végétales saines d'une épaisseur minimale de 30 cm, après tassement, accompagnée d'un géotextile (membrane étanche) à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport.

Pour rappel, les terres d'apport dites « saines » devront respecter les prescriptions suivantes :

- teneurs en métaux conformes à la gamme de valeurs du bruit de fond issu du référentiel pédogéochimique du Nord Pas-de-Calais pour des sols de type « limons loessiques » (source : INRA, ISA – 15/10/2002), à savoir :

Tableau 13 : Teneurs en métaux issue du bruit de fond pédogéochimique du Nord Pas-de-Calais (INRA, ISA – 2002).

Métal	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercur	Nickel	Plomb	Zinc
Teneurs (mg/kg)	<14,0	<0,93	<78,1	<74,0	<0,276	<38,6	<116,2	<109,6

- concentrations en polluants organiques inférieures aux limites de quantification du laboratoire ;
- faire l'objet d'analyses chimiques par lot homogène de terres d'apport.

À défaut du respect de ces valeurs, une étude spécifique devra être menée afin de garantir la maîtrise des risques sanitaires.

Ce poste est difficilement chiffrable car il dépend de l'entreprise retenue pour la fourniture de la terre végétale.

D'après le site Selecdepol, le confinement des espaces verts représenterait un surcoût, en effet :

- la mise en place d'une couche de terre végétale coûtait en 2013 entre 20 et 30 €HT/t (13 à 20 euros/m²) livrée et mise en place ;
- la mise en place d'une couche de terre végétale et étanchéification (géotextile) coûtait en 2010 entre 30 à 60 €/m².

Le tableau suivant donne un estimatif du coût de mise en place de la terre végétale pour le scénario 1.

Tableau 14 : Résultats financiers des coûts de mise en place de terre végétale

Scénario	Surface de recouvrement sur 30 cm estimée (m ²)	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 1		
Mise en place de terre végétale	8 000	480 000

La mise en place de terre végétale pour le confinement de la ZPC2 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **480 000 euros HT**.

4.7.7. Synthèse de l'approche financière pour le scénario 1

Les coûts associés au traitement de la ZPC2 dans le cadre du scénario 1 seraient les suivants :

Tableau 15 : Résultats financiers pour le scénario 1

Travaux	Scénario 1
ZPC2	
Coût de gestion en filières adaptées (mise en dépôt et transport) (euros HT)	1 512 000
Coût de terrassement (euros HT)	660 000
Coût de mise en place de terres de substitution (euros HT)	240 000
Coût de mise en place de terre végétale (euros HT)	480 000
Coût total (euros HT)	2 892 000

Soit un coût total indicatif estimé à **2 892 000 / HT**.

4.8. Application des mesures de gestion – estimations financières pour le scénario 2

4.8.1. Approche financière du coût de traitement par inertage

Sur la base du tonnage préalablement estimé au 4.6.3 et en considérant un coût moyen de traitement par inertage (hors travaux de terrassement, décaissement, constitution du stock de terres à traiter et remblaiement avec les matériaux traités) de l'ordre de 50 à 90 euros HT / tonne une approche financière a été établie.

Un détail estimatif du coût de dépollution par inertage pour le traitement de la pollution concentrée ZPC2 a été réalisé. Ces estimations sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Résultats financiers des coûts de dépollution par inertage

Scénario	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 2	
Dépollution par inertage	1 944 000

La dépollution par inertage représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **1 944 000 euros HT** dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC2 (hors travaux de terrassement, décaissement, constitution du stock de terres à traiter et remblaiement avec les matériaux traités).

D'après nos recherches, le coût des travaux de terrassement est compris **entre 25 et 55 euros / HT le m³**.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût de terrassement des matériaux à excaver et remblayer pour le scénario 2.

Tableau 17 : Résultats financiers des coûts de terrassement

Scénario	Surface estimée (m ²)	Volume à excaver et remblayer sur 1,5 m (m ³)	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 2			
Terrassement	16 000	24 000	1 320 000

Le terrassement de la ZPC2 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **1 320 000 euros HT**.

4.8.2. Approche financière du coût de mise en place d'une terre végétale

Dans le cadre du scénario 2 (dépollution par inertage in-situ et confinement par couverture et étanchéification), des teneurs résiduelles persisteront dans les sols après le traitement de la source de pollution ZPC2. Ainsi, conformément aux prescriptions du rapport du BRGM (référence BRGM/RP – 63675 – FR – août 2014), il est recommandé de mettre en place un confinement des terrains amenés à rester en place pour supprimer le risque par contact direct (contact et ingestion) et/ou inhalation de particules.

Le confinement des terrains traités amenés à rester en place pourra être réalisé par l'intermédiaire de l'apport de terres végétales saines d'une épaisseur minimale de 30 cm, après tassement, accompagnée d'un géotextile (membrane étanche) à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport.

Pour rappel, les terres d'apport dites « saines » devront respecter les prescriptions présentées au chapitre 4.7.6.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût de mise en place de la terre végétale pour le scénario 2.

Tableau 18 : Résultats financiers des coûts de mise en place de terre végétale

Scénario	Surface de recouvrement sur 30 cm estimée (m ²)	Coût maximum (euros HT)
ZPC2 – Scénario 2		
Mise en place de terre végétale	8 000	480 000

La mise en place de terre végétale pour le confinement de la ZPC2 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **480 000 euros HT**.

4.8.3. Synthèse de l'approche financière pour le scénario 2

Les coûts associés au traitement de la ZPC2 dans le cadre du scénario 2 seraient les suivants :

Tableau 19 : Résultats financiers pour le scénario 2

Travaux	Scénario 2
ZPC2	
Coût de dépollution par inertage	1 944 000
Coût de terrassement (euros HT)	1 320 000
Coût de mise en place de terre végétale (euros HT)	480 000
Coût total (euros HT)	3 744 000

Soit un coût total indicatif estimé à **3 744 000 / HT**.

4.9. Définition et application des mesures de gestion de la pollution résiduelle après traitement de la ZPC2

Pour rappel, tel que présenté au chapitre 2, les enjeux sanitaires sont désactivés pour l'inhalation de substances volatiles, l'usage des eaux souterraines et l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec de l'eau de distribution contaminée.

Les paragraphes suivants traiteront donc uniquement des risques non maîtrisés à ce stade.

4.9.1. Maîtrise du risque par contact direct (contact et ingestion) et/ou par inhalation de particules

Tel que présenté au chapitre 4.9, le risque par contact direct et/ou par inhalation de particules sera maîtrisé suite au confinement des terrains amenés à rester en place après traitement de la source de pollution ZPC2 via l'apport d'une couche de terre végétale saine d'une épaisseur minimale de 30 cm après tassement.

4.9.2. Maîtrise du risque par ingestion de végétaux autoproduits

La purge et/ou le traitement de la zone de pollution concentrée ZPC2 implique le retrait des éventuels arbres fruitiers présents sur cette partie du site.

Il est par ailleurs recommandé, dans le cas où des arbres venaient à être plantés dans le cadre du projet, de privilégier la mise en place d'arbres d'ornement qui ne nécessitent pas de vérification complémentaire.

*

* *

5. DÉFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION POUR LA ZONE DE POLLUTION CONCENTRÉE ZPC3

5.1. Caractéristiques de la source de pollution

Pour rappel, la zone de pollution concentrée ZPC3 est une zone de pollution concentrée en PCB mise en évidence sous la couche de forme du sondage S2 réalisé dans la zone « voiries et trottoirs » au niveau de la rue Cité Paul Schneider.

Aucune source de pollution potentielle n'avait été mise en évidence sur cette partie du site dans le cadre des études préliminaires (mission INFOS référencée C.24.OR.073_INFOS Phase 2) puisque cette zone est occupée par les voiries du quartier depuis a minima 1940.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses obtenus au droit de la ZPC3.

Tableau 20 : Résultats d'analyses – ZPC3 (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2)

Échantillon	Unité	Zone "voiries et trottoirs"	
		S2	S2
Profondeur d'analyse (m/TA)		0,30 - 1,30	1,30 - 1,70
Type de terrain prélevé		TN	TN
ANALYSES SUR SOL BRUT			
Matière sèche	% P.B.	83,6	86,2
Polychlorobiphényles			
Somme des PCB	mg/kg MS	29,89	<0,01

La figure en page suivante permet de visualiser l'étendue de la zone de pollution concentrée en PCB au droit du sondage S2. La délimitation de la pollution en PCB a été faite sur la base des teneurs mesurées lors de nos investigations.

La zone de pollution concentrée en PCB au droit du sondage S2 est délimitée :

- verticalement : à 1,30 m de profondeur à l'aide de l'échantillon plus profond prélevé sur ce sondage ;
- horizontalement : à l'aide des sondages S1 et S3.

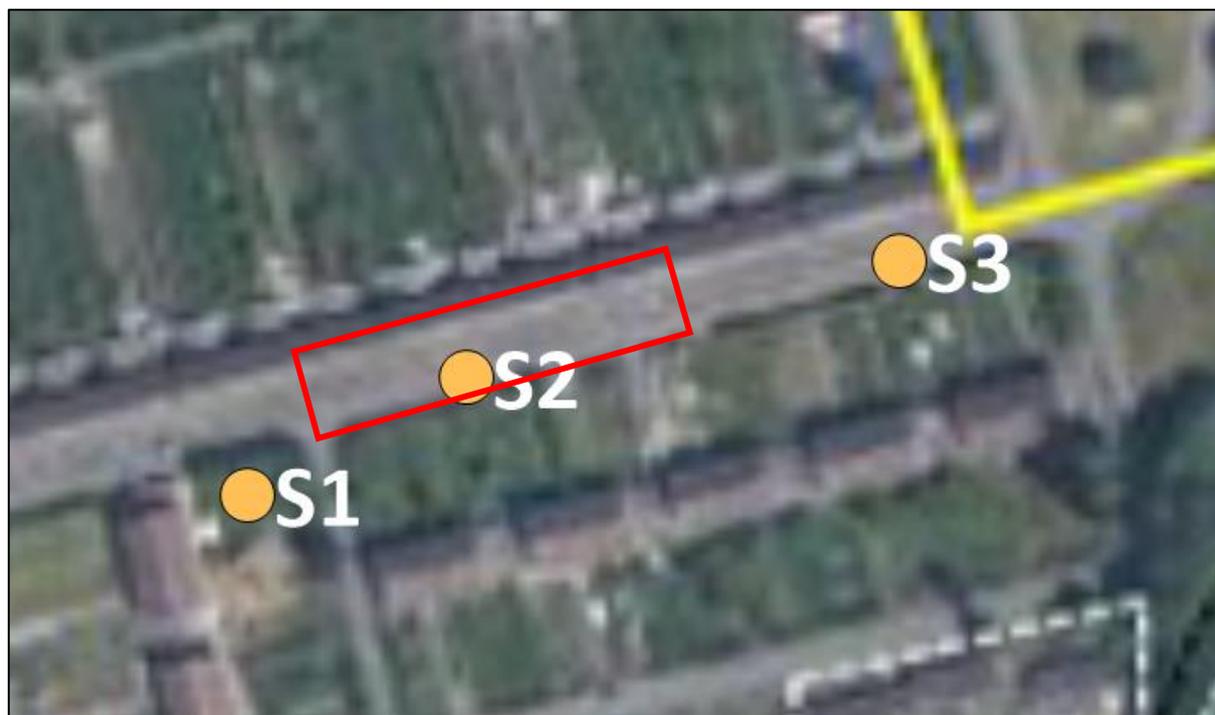


Figure 8 : Délimitation de la source de pollution concentrée en PCB au droit du sondage S2

5.2. Projet envisagé sur cette partie du site

La figure ci-dessous permet de visualiser le projet envisagé au droit de la ZPC2.

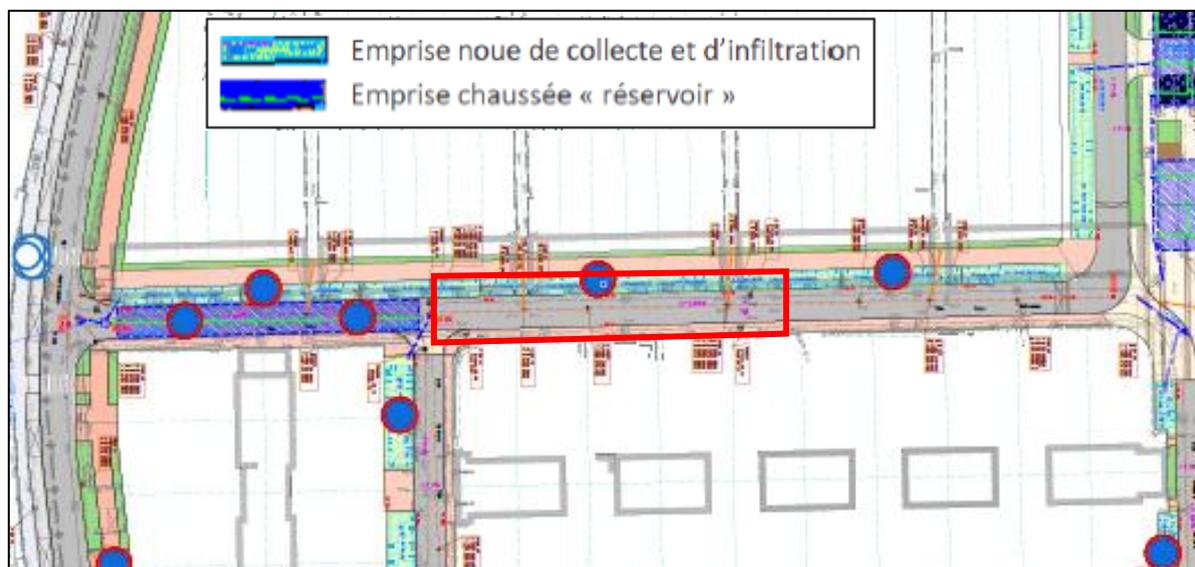


Figure 9 : Plan projet au niveau de la ZPC3

Pour rappel, dans ce secteur, le projet prévoit la requalification des voiries et trottoirs via la création de chaussées réservoirs et de noues paysagères pour l'infiltration des eaux pluviales :

- trottoirs :
 - démolition et/ou fraisage des revêtements actuels + terrassement de la sous-couche sur 10-15 cm ;

- terrassements complémentaires pour atteindre le fond de forme à 0,30 m ;
- revêtement en enrobé ou pavés béton ou sable stabilisé + lit de pose en sable de 4 cm d'épaisseur + couche de cure + grave mixte traitée de 15 à 20 cm d'épaisseur + fraisats des anciennes chaussées sur 15 à 20 cm d'épaisseur ;
- chaussées et chaussées réservoirs :
 - démolition et/ou fraisage des revêtements actuels + terrassement de la sous-couche sur 10-15 cm ;
 - terrassements complémentaires pour atteindre le fond de forme à 0,70 m ;
 - revêtement en enrobé de 5 cm d'épaisseur + couche d'accrochage + grave bitumée de 9 cm d'épaisseur + couche d'accrochage + grave calcaire non traitée sur 50 cm d'épaisseur + géotextile ;
- zones de stationnement et accès charretier :
 - démolition et/ou fraisage des revêtements actuels + terrassement de la sous-couche sur 10-15 cm ;
 - terrassements complémentaires pour atteindre le fond de forme à 0,40 m ;
 - revêtement en enrobé ou modulaire béton (pavé à joint vert) + lit de pose en sable de 4 cm d'épaisseur + couche de cure + grave mixte traitée de 15 à 20 cm d'épaisseur + fraisats des anciennes chaussées sur 15 à 20 cm d'épaisseur ;
- noues paysagères :
 - démolition et/ou fraisage des revêtements actuels + terrassement de la sous-couche sur 10-15 cm ;
 - terrassements complémentaires pour atteindre 0,70 m ;
 - recouvrement par 30 cm de terre végétale.

5.3. Définition des mesures de gestion

Les textes méthodologiques mis à jour en 2017 prévoient l'évaluation d'au moins deux scénarios de gestion.

Toutefois, la zone de pollution concentrée ZPC3 mise en évidence sur le site constitue, au sens de la méthodologie nationale des sites et sols pollués, une pollution accessible et dont le volume est limité.

De plus, dans le cadre de la réfection des voiries et trottoirs de la rue Cité Paul Schneider et de la création d'une noue d'infiltration sur une partie de l'emprise de la ZPC3, des déblais sont amenés à être générés.

En tout état de cause, la réalisation d'un bilan coûts-avantages complet n'est pas pertinente.

Dans ce cas, **des mesures de gestion simples par excavation / évacuation** sont retenues pour gérer cette source de pollution.

Suite à la purge de la pollution concentrée ZPC3, il conviendra de **vérifier les teneurs résiduelles après terrassement** via la réalisation de prélèvements et analyses en bords et fond de la fouille constituée.

5.4. Application des mesures de gestion – estimations volumiques

5.4.1. Préambule

Les paragraphes qui suivent permettent de réaliser une estimation des volumes de matériaux pollués à excaver dans le cadre du traitement de la source de pollution concentrée ZPC3 mise en évidence sur le site.

Pour ce faire, les calculs de volume se feront sur la base des analyses sur les échantillons de sols prélevés et des indices organoleptiques relevés sur le terrain.

5.4.2. Estimations volumiques

Ce paragraphe se base sur la cartographie de délimitation de la source de pollution concentrée ZPC3 présentée au chapitre 5.1.

Afin de procéder à une estimation du volume de matériaux à excaver, nous avons pris en compte les hypothèses suivantes :

- le volume de terres à excaver correspond au volume strictement identifié au droit du site en place et non foisonnés (variation de l'ordre de $\pm 15\%$) ;
- les résultats des analyses chimiques obtenus pour les sondages sont représentatifs de la maille analysée.

Nous prendrons en compte les données récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Estimations volumiques - hypothèses de travail

Sondages concernés	Superficie (m ²)	Profondeur d'excavation (m)	Volume de matériaux à excaver (m ³)
ZPC3			
S2	500	1,30	650
Total	500	-	650

L'ordre de grandeur du volume de matériaux à excaver dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC3 est d'environ **650 m³** de matériaux.

5.4.3. Estimation des tonnages associés

Une estimation du tonnage des matériaux à excaver, dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC3 est présentée dans le tableau en page suivante.

Attention, les tonnages indiqués ci-dessous sont indicatifs car directement tributaires de la densité humide des terres qui sera constatée lors des terrassements. Pour cette estimation il est considéré une densité humide moyenne de terres égale à 1,8 t/m³.

Tableau 22 : Volume et tonnage à évacuer

Sondages concernés	Volume de matériaux à excaver (m ³)	Tonnage de matériaux à excaver
ZPC3		
S2	650	1 170
Total	650	1 170

L'estimation de l'ordre de grandeur du tonnage dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC3 est de **1 170 tonnes** de matériaux.

Remarque importante : À ce titre, le tonnage estimé ici pourra s'avérer différent au moment des excavations. En effet, il convient d'intégrer les conditions hydriques, au moment du chantier, différentes de celles issues de nos prélèvements, ce qui aura pour effet de modifier le volume des matériaux et implicitement le coût. L'effet de foisonnement peut avoir un effet non négligeable.

5.5. Application des mesures de gestion – estimations financières

5.5.1. Préambule

Sur la base du tonnage préalablement estimé au 5.4.3 et en considérant un coût national moyen de mise en dépôt et de transport (*hors travaux de terrassement, décaissement, chargement*), variant selon le centre de traitement choisi et la société de transport, une approche financière a été établie.

Pour rappel, l'estimatif du coût d'envoi en filières adaptées des matériaux à excaver est présenté au chapitre 4.7.1.

5.5.2. Approche financière du coût d'envoi en Installation de Stockage des Déchets (ISD)

Les résultats d'analyses issus des investigations de terrain menées sur le site au droit de la zone de pollution concentrée ZPC3 (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2) mettent en évidence des teneurs admissibles en Installation de Stockage des Déchets Dangereux (ISDD).

Toutefois, ces teneurs sont également compatibles avec les seuils d'acceptation en Biocentre.

Le coût de dépôt et de transport en Biocentre étant plus intéressant, cette filière sera privilégiée pour la suite de l'estimation financière.

Un détail estimatif du coût d'envoi en filière adaptée des terres à excaver pour le traitement de la pollution concentrée ZPC3 a été réalisé. Ces estimations sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 23 : Résultats financiers des coûts de gestion en filières adaptées

Scénario	Coût (euros HT)
ZPC3	
Biocentre	81 900

L'envoi en Biocentre représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **81 900 euros HT** dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC3 (hors coûts de travaux de terrassement sur site).

Remarque importante : Nous conseillons le suivi des travaux de terrassement par un bureau de contrôle indépendant de l'entreprise réalisant les travaux afin de pouvoir ajuster et contrôler l'envoi des matériaux en filières adaptées et ainsi optimiser les coûts.

D'après nos recherches, le coût des travaux de terrassement est compris entre 25 et 55 euros / HT le m³.

Le tableau en page suivante donne un estimatif du coût de terrassement des matériaux à excaver pour le traitement de la ZPC3.

Tableau 24 : Résultats financiers des coûts de terrassement

Scénario	Surface estimée (m ²)	Volume à excaver sur 1,3 m (m ³)	Coût maximum (euros HT)
ZPC3			
Terrassement	500	650	35 750

Le terrassement de la ZPC3 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **35 750 euros HT**.

5.5.3. Proposition d'alternative

Une alternative à l'envoi en ISD ou en Biocentre en France est possible. En effet, il existe des centres de revalorisation permettant un traitement des terres notamment en Belgique.

Cette solution pourrait permettre de diminuer les coûts de gestion et l’impact environnemental. En effet, le coût de mise en dépôt dans un centre de revalorisation belge est de l’ordre de 50 euros HT/tonne (contre 70 euros HT/tonne pour un Biocentre en France).

En suivant ce principe et les hypothèses précitées, le coût de mise en dépôt et transport en centre de revalorisation belge des matériaux à excaver pour le traitement de la pollution concentrée ZPC3 est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 25 : Résultats financiers des coûts de gestion en centre de revalorisation belge

Scénario	Coût (euros HT)
ZPC3	
Centre de revalorisation belge	58 500

L’envoi en centre de revalorisation belge représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **58 500 euros HT** dans le cadre du traitement de la pollution concentrée ZPC3 (hors coûts de travaux de terrassement sur site).

5.5.4. Approche financière du coût de mise en place de terres de substitution

La purge de la source de pollution ZPC3 va engendrer un déficit de matériaux sur une surface de 500 m² et sur 1,30 m de profondeur. L’apport de terres de substitution sera donc nécessaire pour combler la zone purgée.

D’après nos recherches, le coût d’un remblai de terre varie **entre 15 et 25 euros HT/m³**.

Le tableau suivant donne un estimatif du coût de mise en place de terres de substitution.

Tableau 26 : Résultats financiers du coût de mise en place de terres de substitution

Scénario	Surface estimée (m ²)	Volume de recouvrement sur 0,80 m (m ³)*	Coût maximum (euros HT)
ZPC3			
Mise en place de terres de substitution	500	400	10 000

* revêtement prévu au projet non inclus

La mise en place de terres de substitution pour combler la fouille constituée suite au terrassement de la ZPC3 représenterait, selon les hypothèses de travail énoncées ci-avant, un coût total indicatif estimé à **10 000 euros HT**.

5.5.5. Proposition alternative à l'apport de terres de substitution

Pour rappel, les terres excavées constituant le stockage temporaire constitué avec les déblais du chantier pourront être utilisées pour s'affranchir de l'apport de terres saines pour le comblement de la zone à remblayer. A noter toutefois que seuls les matériaux respectant le niveau 1 défini dans le guide de valorisation hors site des terres excavées dans des projets d'aménagements d'avril 2020 (DGPR) pourront être réemployés, et ce sous un revêtement.

5.5.6. Synthèse de l'approche financière

Les coûts associés au traitement de la ZPC3 seraient les suivants :

Tableau 27 : Résultats financiers

Travaux	Scénario
ZPC3	
Coût de gestion en filières adaptées (mise en dépôt et transport) (euros HT)	81 900
Coût de terrassement (euros HT)	35 750
Coût de mise en place de terres de substitution (euros HT)	10 000
Coût total (euros HT)	127 650

Soit un coût total indicatif estimé à **127 650 / HT**.

5.6. Définition et application des mesures de gestion de la pollution résiduelle après traitement de la ZPC3

Pour rappel, tel que présenté au chapitre 2, les enjeux sanitaires sont maîtrisés pour l'inhalation de substances volatiles, l'usage des eaux souterraines et l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec de l'eau de distribution contaminée.

Les paragraphes suivants traiteront donc uniquement des risques non maîtrisés à ce stade.

5.6.1. Maîtrise du risque par contact direct (contact et ingestion) et/ou par inhalation de particules

Tel que présenté au chapitre 5.2, le risque par contact direct et/ou par inhalation de particules sera maîtrisé suite au traitement de la source de pollution ZPC3 du fait que le projet prévoit la mise en place d'un revêtement sur chacun des espaces de la zone « voiries et trottoirs ».

5.6.2. *Maîtrise du risque par ingestion de végétaux autoproduits*

La purge et/ou le traitement de la zone de pollution concentrée ZPC3 implique le retrait des éventuels arbres fruitiers présents sur cette partie du site au niveau des trottoirs.

Il est par ailleurs recommandé, dans le cas où des arbres venaient à être plantés dans le cadre du projet, de privilégier la mise en place d'arbres d'ornement qui ne nécessitent pas de vérification complémentaire.

5.6.3. *Maîtrise des risques liés à l'infiltration des eaux pluviales*

Dans le cadre de la réfection des voiries et trottoirs de la rue Cité Paul Schneider, une noue paysagère va être aménagée pour l'infiltration des eaux pluviales sur une partie de l'emprise de la ZPC3.

Suite à la purge de la pollution, il conviendra de vérifier les teneurs résiduelles après terrassement via la réalisation de prélèvements et analyses en en bords et fond de la fouille constituée afin de s'assurer du retrait effectif de la source.

En effet, l'échantillon S2 (1,30 – 1,70 m) prélevé sous la source ZPC3 mise en évidence entre 0,30 et 1,30 m de profondeur, présente des teneurs compatibles avec les seuils d'acceptation en Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI) et des teneurs sur éluat inférieures aux valeurs réglementaires pour l'eau brute (source : C.24.OR.137_DIAG Phase 2). Le terrain naturel sous-jacent à la pollution concentrée ZPC3 est donc considéré comme exempt de pollution et ne présente pas de risque de mobilisation de polluants.

*

* *

6. DÉFINITION ET APPLICATION DES MESURES DE GESTION GLOBALES DES SOURCES DIFFUSES

Ce paragraphe exposera les différentes préconisations, émises sur la base des informations en notre possession au stade du présent rapport, afin de maîtriser les différentes typologies de risques générés par la présence de traces diffuses de polluants au droit du site étudié.

A noter que la maîtrise des risques liés aux pollutions résiduelles fait l'objet des chapitres 4.10 et 5.6.

Pour rappel, tel que présenté au chapitre 2, les enjeux sanitaires sont maîtrisés pour l'inhalation de substances volatiles, l'usage des eaux souterraines, l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané avec de l'eau de distribution contaminée et le contact direct, l'ingestion et/ou l'inhalation de particules de sols contaminées dans les boisements présents sur la friche minière.

6.1. Gestion des déblais – Interpolation cartographique

6.1.1. Caractérisation de la pollution diffuse

Des cartographies des pollutions diffuses ont été réalisées lors du diagnostic pollution (référence : C.24.OR.137) auquel il convient de se référer. Ces cartographies sont fondées sur des méthodes déterministes (interpolation du type « voisins naturels ») et ont pour objectif de visualiser la répartition spatiale des mesures de pollution en utilisant une technique d'interpolation afin de permettre une interprétation de cette répartition.

Sept cartographies ont été réalisées sur la base des iso-concentrations en hydrocarbures (HCT et HAP) et en métaux lourds.

Ces cartographies montrent la présence :

- d'une pollution diffuse et forte en HCT, HAP et métaux lourds (notamment en arsenic, cadmium, mercure, plomb et zinc), généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées ;
- d'une pollution diffuse et modérée en BTEX et PCB, généralisée à l'ensemble du site et présentant localement des teneurs élevées.

6.1.2. Gestion des déblais – préambule

Dans le cadre du projet, il est prévu les terrassements présentés dans le tableau en page suivante.

Tableau 28 : Terrassements prévus au projet

Zone projet	Profondeur de terrassement (m)
Chaussées et chaussés réservoir	0,70
Parkings et accès charretier	0,40
Trottoirs	0,30
Aire de jeux urbaine	0,35
Noüe d’infiltration	0,70
Massif planté	0,50
Surface engazonnée ou prairiale	0,20
Fosse d’arbre	1,00
Pump-track	Terrassements en déblais / remblais (pas d’évacuation)
Aire de jeux nature	
Cheminevements	

Il en ressort que les terrassements nécessaires au projet sont essentiellement superficiels (< 1,00 m) notamment sur la friche minière.

Les cartographies présentées dans les paragraphes suivants s’attacheront donc uniquement aux résultats mis en évidence sur le premier mètre.

6.1.3. Gestion des déblais – valorisation des matériaux

Les figures en pages suivantes présentent les mailles des matériaux à excaver valorisables en niveau 1 (guide TEX) ou en usage routiers de type 1, 2 ou 3 (guide CEREMA).

Remarques :

- au vu de la surface du site et de l’éloignement des sondages entre eux, ce maillage reste très approximatif ;
- les trois zones de pollution concentrées ne font pas l’objet d’une valorisation des matériaux (cf. chapitres 3, 4 et 5).

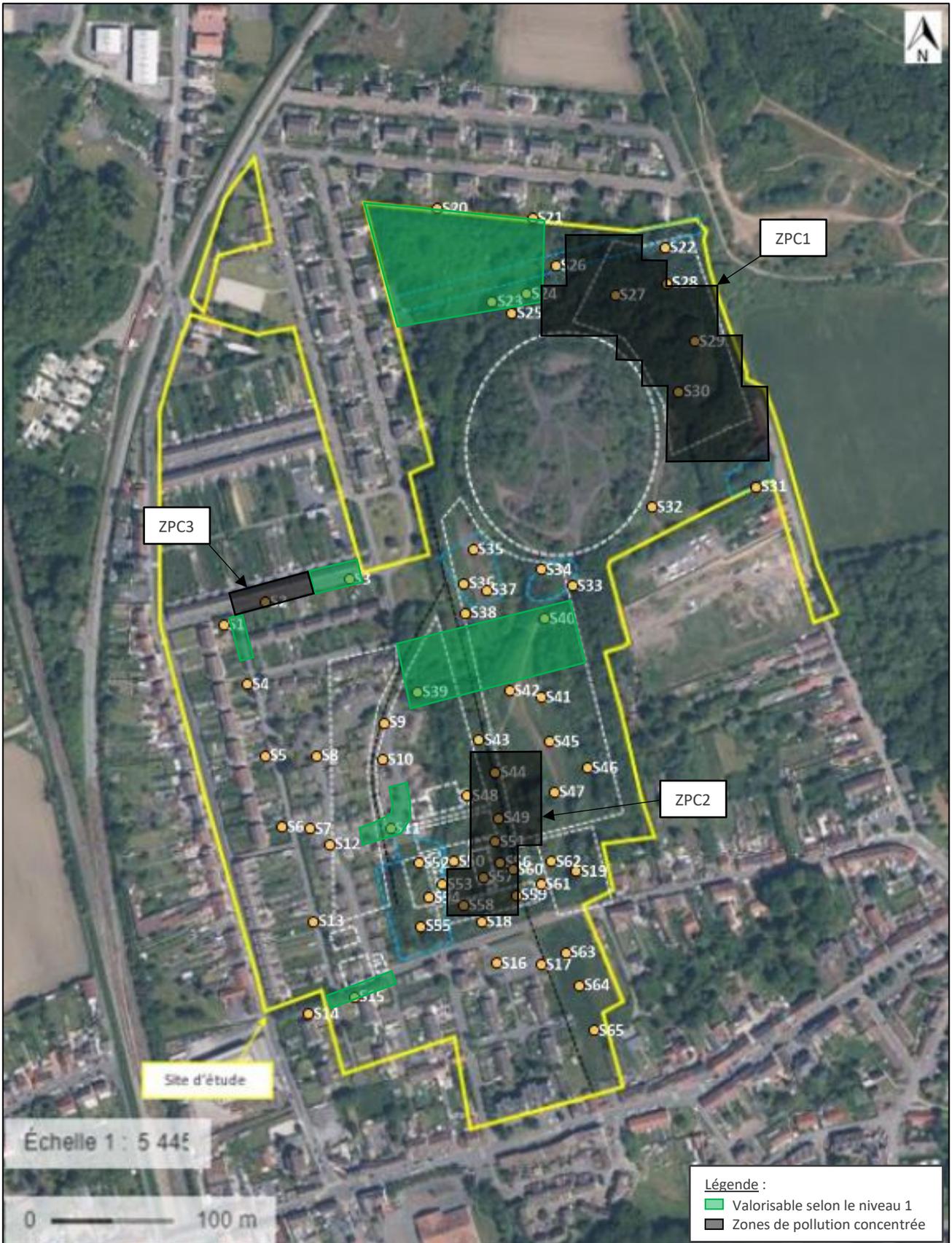


Figure 10 : Mailles de terrassement pour les matériaux entre 0,00 et 1,00 m – matériaux valorisables selon le niveau 1 du guide TEX



6.1.4. *Gestion des déblais – évacuation des matériaux en filières adaptées*

La figure en page suivante présente les mailles des matériaux à envoyer en filières adaptées de type Installation de Stockage des Déchets.

Remarques :

- par soucis de lisibilité, seules les mailles ne respectant pas les critères de l'arrêté du 12/12/2014 et de son annexe 6 sont représentées ;
- au vu de la surface du site et de l'éloignement des sondages entre eux, ce maillage reste très approximatif ;
- les trois zones de pollution concentrées font l'objet d'une gestion des déblais distinctes (cf. chapitres 3, 4 et 5).



Figure 12 : Mailles de terrassement pour les matériaux entre 0,00 et 1,00 m – matériaux en filières adaptées

6.2. Gestion des déblais – Bilan massique et estimation du coût lié à la gestion des terres polluées à évacuer

Du fait de la disparité des aménagements et terrassements prévus au projet, aucune estimation volumique et financière ne sera réalisée à ce stade sans transmission des cubatures associées aux différentes mailles concernées.

6.3. Maîtrise du risque par contact direct (contact et ingestion) et/ou par inhalation de particules

Pour rappel, le contact direct, l'ingestion et/ou l'inhalation de particules de sols contaminées dans les boisements présents sur la friche minière est maîtrisé en raison du couvert végétal dense et de l'accès difficile et donc limité à ces espaces. A noter toutefois qu'il est conseillé matérialiser ces espaces pour en limiter d'avantage l'accès.

Concernant le reste du site, le projet prévoit les revêtements présentés dans le tableau suivant.

Tableau 29 : Terrassements prévus au projet

Zone projet	Revêtement
Chaussées et chaussés réservoir	Enrobé
Parkings et accès charretier	Enrobé ou modulaire béton (pavé à joint vert)
Trottoirs	Enrobé ou pavé béton ou sable stabilisé
Aire de jeux urbaine	Béton poreux
Noue d'infiltration	Terre végétale saine sur une épaisseur de 30 cm
Massif planté	Aucun revêtement
Surface engazonnée ou prairiale	Aucun revêtement
Fosse d'arbre	Aucun revêtement
Pump-track	Enrobé
Aire de jeux nature	Platelage bois
Cheminevements	Sable stabilisé ou béton désactivé

Il en ressort que le projet prévoit des zones non recouvertes.

Par ailleurs, une vérification de la compatibilité sanitaire avec les niveaux de polluants observés a été réalisée. Ce point fait l'objet de modélisations EQRS (chapitre 4 du présent rapport). Il en ressort que le risque sanitaire par contact direct n'est pas acceptable pour les futurs usagers des espaces publics et de la friche minière du quartier Schneider en l'absence de mesures de gestion.

Par conséquent, nous recommandons, afin de supprimer toute possibilité de contact direct avec d'éventuels polluants dans les sols, conformément aux prescriptions du rapport du BRGM (référence BRGM/RP – 63675 – FR – août 2014), de mettre en place un confinement des terrains amenés à rester en place. Ce confinement pourra être réalisé par l'intermédiaire de l'apport d'une couche de terre végétale saine d'une épaisseur minimale de 30 cm, après tassement, accompagnée d'un géotextile (membrane étanche) à l'interface entre les terres en place et les terres d'apport.

Pour rappel, les terres d'apport dites « saines » devront respecter les prescriptions détaillées au chapitre 4.2. À défaut du respect de ces valeurs, une étude spécifique devra être menée afin de garantir la maîtrise des risques sanitaires.

6.4. Maîtrise du risque par ingestion de végétaux autoproduits

En l'état, la pollution identifiée dans les sols au droit du site peut présenter un risque en cas de culture via l'ingestion de végétaux autoproduits dans un sol pollué.

En l'état actuel, de nombreux arbres sont présents sur le site dont des arbres fruitiers. La méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués recommande de ne pas cultiver de fruits et légumes sur des sites pollués. De ce fait, si ces arbres fruitiers sont conservés dans le cadre du projet, nous recommandons :

- de missionner un bureau d'études spécialisé faune / flore pour recenser, identifier et cartographier tous les arbres fruitiers présents sur le site ;
- de réaliser un diagnostic environnemental de la qualité des denrées alimentaires (mission DIAG – prestations élémentaires A250 et A270) pour vérifier l'absence de risque de bioaccumulation et donc d'ingestion de fruits contaminés pour les futurs usagers du site. En cas d'impact constaté sur les fruits échantillonnés, des mesures de gestion complémentaires seront à considérer.

Dans le cadre du projet il n'est pas prévu la mise en place de potagers pédagogiques ou autres cultures, toutefois il est prévu la mise en place d'arbres sur le site.

Dans ce contexte, il devra être privilégié la mise en place d'arbres d'ornement qui ne nécessitent pas de vérification complémentaire. La plantation d'arbres fruitiers est donc proscrite sur le site.

6.5. Maîtrise des risques liés à l'infiltration des eaux pluviales

La figure en page suivante permet de visualiser les ouvrages d'infiltration prévus au projet (noues et chaussées réservoir) et les contraintes associées.

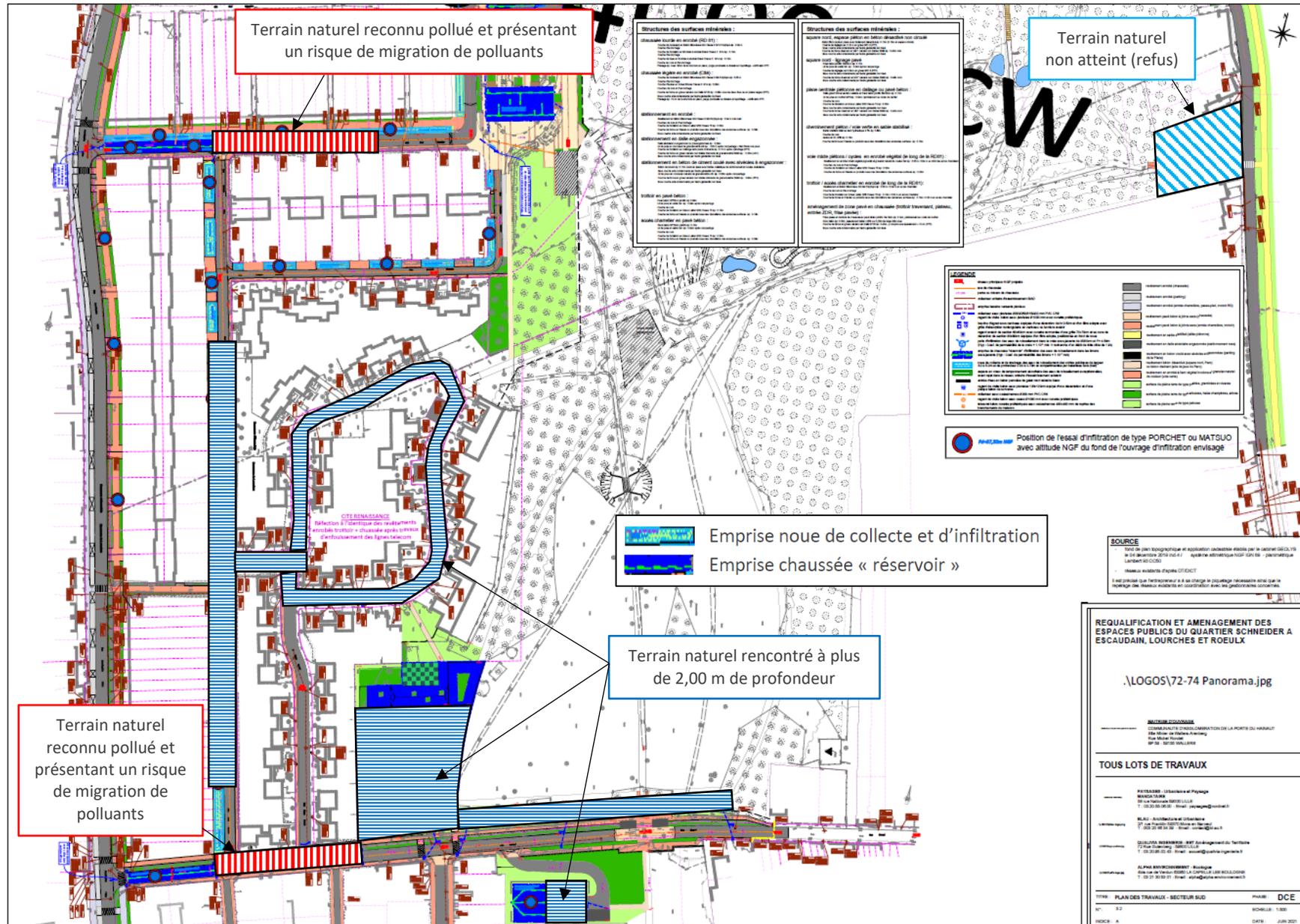


Figure 13 : Localisation des ouvrages d'infiltration prévus au projet et contraintes associées (source : CAPH)

Conformément aux résultats d'analyses issus du diagnostic pollution (référence : C.24.OR.137_DIAG), le terrain naturel constitué de limon est reconnu pollué et présente un risque de mobilisation de polluants au droit des sondages S2 et S15.

Ces deux secteurs devront donc faire l'objet d'une attention particulière en phase travaux avec des sur-profondeurs de purge prévisibles. En effet, les terrassements prévus au niveau de ces sondages dans le cadre de la création des ouvrages d'infiltration devront atteindre :

- 1,30 m de profondeur minimum dans le cadre de la purge de la pollution concentrée ZPC3 (cf. chapitre 5) ;
- 1,00 m de profondeur minimum au droit du sondage S15.

Il conviendra également de vérifier les teneurs résiduelles afin de s'assurer de teneurs compatibles avec une infiltration.

Pour les secteurs des sondages S5 à S13, S17 à S19 et S53 à S55 présentant des épaisseurs de remblais supérieures à 2,00 m de profondeur et le secteur du sondage S31 au droit duquel un refus n'a pas permis l'analyse du terrain naturel, l'infiltration des eaux pluviales ne sera possible qu'après une purge des remblais et la réalisation d'analyses en laboratoire sur le terrain naturel attestant de la compatibilité chimique (contrôle des lixiviats) avec l'infiltration.

Pour le reste du quartier Schneider, compte-tenu de la qualité environnementale du terrain naturel, l'infiltration des eaux pluviales est possible sous réserve d'ancrer les ouvrages d'infiltration dans le terrain naturel après purge des remblais résiduels. Si la purge totale des remblais résiduels n'est pas possible pour des raisons techniques, l'infiltration ne pourra être envisagée que si les analyses réalisées en laboratoire sur des échantillons en attestent la compatibilité chimique (contrôle des lixiviats).

De manière générale, nous conseillons de contrôler la qualité chimique des sols conservés après décaissement à la cote projet.

Rappel : l'étude des possibilités d'infiltration se limite exclusivement dans le cadre de cette étude à l'étude qualitative des eaux infiltrées en lien avec les polluants éventuellement présents dans les sols, en vue de la préservation de la qualité des eaux souterraines. La capacité hydraulique d'infiltration des sols du terrain naturel (liée à leur perméabilité) et la cote des plus hautes eaux de la nappe (NPHE) en lien avec les volumes à infiltrer et à stocker temporairement (faisabilité et pérennité hydraulique de cette solution) est exclue de cette mission. Elle est supposée acquise et donc vérifiée par la maîtrise d'œuvre en amont, le plan de cette solution étant une donnée d'entrée de la présente étude. Par ailleurs les dispositifs de collecte des eaux pluviales sont supposés conçus pour garantir une qualité des eaux à infiltrer exempte de tout polluant.

*

* *

Annexe 4

Grille de codification des prestations

CODE	PRESTATIONS GLOBALES ET ÉLÉMENTAIRES	
DOMAINE A		
Prestations globales		
AMO Études	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase Études	
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués	
INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations	
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats	
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	X
IEM	Interprétation de l'état des milieux	
SUIVI	Surveillance environnementale	
BQ	Bilan quadriennal	
CONT	Contrôle : - de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance ; - de la mise en œuvre des mesures de gestion.	
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués.	
VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise	
Prestations élémentaires		
A100	Visite de site	X
A110	Études historiques, documentaires et mémorielles	
A120	Étude de vulnérabilité des milieux	
A130	Élaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	
A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	
A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments	
A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	
A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	
A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	
A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	
A270	Interprétation des résultats des investigations	
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	
A320	Analyse des enjeux sanitaires	X
A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation du bilan coûts/avantages	X
A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes	