



ZAC MONT COCO – Côte de Nacre à CAEN (14)


Plan de Gestion – PG – AMO Etude


Prestations A320 et A330

de la norme AFNOR NFX 31-620-2

N° 016.55020_R1 | 3 février 2025 | V4



	Central Seine 42/52 Quai de la Rapée CS 71230 75583 Paris Cedex 12 Courriel : hydra@setec.com T : 01 82 51 64 02 F : 01 82 51 41 39	Directeur de Projet	PLJ
		Responsable d'affaire	HIB
		N° Affaire	01655020
Fichier : 016_55020_ZAC-MONT-COCO_CAEN_PG_V4.docx			

V.	Date	Etabli par	Vérifié par	Validé par	Nb. pages (hors annexes)	Statut	Commentaire	Signature
V4	03/02/2025	HIB	HIB	PLJ	121	Rapport final	Modification du rapport suite à la modification du projet	

Ce document a été établi pour le compte du client indiqué en page de garde, par le bureau d'études Setec hydratec mandaté en tant que consultant environnemental. Aucun engagement n'est pris, aucune déclaration n'est faite, aucune garantie n'est concédée à une tierce partie autre que le client en ce qui concerne les résultats, les interprétations, les conclusions et les préconisations de la présente étude environnementale, sans l'accord écrit de Setec hydratec.

Les prestations du bureau d'études Setec hydratec nécessitent une interprétation des conditions environnementales, géologiques, géochimiques et hydrologiques basées sur des données ponctuelles qui peuvent évoluer dans le temps. Cette interprétation est susceptible de différer des conditions réelles existantes. Elle est également basée sur l'hypothèse que les données fournies sont exactes. Les conclusions et recommandations de ce rapport sont basées sur l'hypothèse que toutes les informations pertinentes en possession des personnes contactées ont été transmises à Setec hydratec.

Setec hydratec informe le client que ce rapport forme un tout indissociable (texte, figures, tableaux et annexes) ne pouvant être modifié sans l'accord de Setec hydratec.

Lorsque des investigations de terrain ont été effectuées, le niveau de détail recueilli a été suffisant pour l'accomplissement des objectifs du travail à faire.

Setec hydratec s'engage de façon générale à ne pas se placer dans des situations susceptibles de provoquer un conflit d'intérêt dont le client pourrait subir un préjudice, ou qui pourrait jeter le doute sur l'objectivité de sa prestation.

Setec hydratec avise le client qu'il est en possession d'une assurance Responsabilité Civile incluant spécifiquement les risques d'atteintes à l'environnement.

Toutefois, Setec hydratec ne fournit pas de conseils juridiques spécifiques et recommande au client de s'adresser à un juriste pour toute question d'ordre juridique.

Ce travail a été effectué en accord avec le système de gestion de la qualité de Setec hydratec

FICHE SIGNALÉTIQUE

Missions PG: prestations A320 et A330 de la norme AFNOR NF X 31-620-2 – Site de la ZAC Mont-Coco - Côte de Nacre à CAEN (14)	
Prestations	Prestation PG de la norme AFNOR NF X 31 -620-2 : <ul style="list-style-type: none"> • A320 : Analyse des enjeux sanitaires • A330 : Bilan coûts avantages • AMO Etudes
Localisation du projet	Site de la ZAC Mont-Coco - Côte de Nacre à CAEN (14)
Coordonnées du maître d'ouvrage	SPL EPOPEA Axel Bernard Chargé d'opérations 02 31 35 80 84 06 78 76 87 85 a.bernard@normandie-amenagement.fr
Référence du rapport	01655020_R1_v4
Auteur du rapport : HIB	Hala IBRAHIM (Ingénieure d'études) Tél : 07 78 63 35 78 / mail : hala.ibrahim@setec.com
Vérification : HIB	Hala IBRAHIM (Ingénieure d'études) Tél : 07 78 63 35 78 / mail : hala.ibrahim@setec.com
Superviseur/ Validation : PLJ	Jacques POUILHE (Expert dépollution – Chef de projet) Tél : 06 46 61 09 35 / mail : jacques.pouilhe@setec.com
Date de diffusion	03/02/2025
Nombre de pages (hors annexes)	121
Mots clef	Risques de pollution, activités industrielles, BASIAS, projet d'aménagement, plan de gestion, gaz des sols, risques sanitaires, EQRS, gestion de déblais, pollution concentrée.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	17
1.1 Contexte d'intervention.....	17
1.2 Objectifs de la mission.....	17
1.3 Cadre méthodologique et normatif	17
2. PRESENTATION ET SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES	20
3. DEMARCHE DU PLAN DE GESTION	23
3.1 Contexte	23
3.2 cadre des mesures de gestion	23
3.3 dans le contexte du site.....	24
3.3.1 Eaux souterraines.....	24
3.3.2 Gaz du sol.....	32
3.4 Schéma conceptuel	38
3.4.1 Méthodologie	38
3.4.2 Zones Potentielles de Pollution (ZPP).....	38
3.4.3 Pollutions potentielles hors-site	38
3.4.4 Voies de transfert.....	38
3.4.5 Cibles concernées dans l'état actuel avec fin de l'activité.....	39
4. ETUDE QUANTITATIVE DU RISQUE SANITAIRE (A320)	42
4.1 Analyse des risques et approche générale	42
4.2 Substances et concentrations retenues	42
4.3 Sélection des valeurs toxicologiques de référence	43
4.4 Récepteurs : les cibles	44
4.5 Scénarii d'exposition retenus.....	45
4.6 Critères d'acceptabilité des risques par inhalation	45
4.7 Calcul des concentrations et comparaisons aux valeurs réglementaires	45
4.7.1 Données d'entrées de modélisation	45
4.8 Quantification du risque.....	50
4.9 Mesures constructives d'ordre sanitaire.....	51
4.10 Analyse des incertitudes.....	52
4.10.1 Programme d'investigation et délimitation géographique	52
4.10.2 Prélèvements des échantillons.....	52
4.10.3 Incertitudes liées aux choix des VTR	53
4.10.4 Incertitudes liées aux caractéristiques des sols	53
4.10.5 Incertitudes liées aux dimensions des bâtiments	53
4.10.6 Ventilation	53
4.10.7 Incertitudes liées à la modélisation.....	54

Modélisation des vapeurs à l'intérieur des bâtiments	54
Incertitudes budget espace-temps	54
4.10.8 Conclusions sur les incertitudes	54
5. PROPOSITION DE MESURES DE GESTION ET BILAN COUTS/AVANTAGES (A330)	55
5.1 Démarche et objectif	55
5.1.1 Cadre réglementaire	55
5.1.2 Spécificités du site et du projet	55
5.2 Contexte et cadrage méthodologique sur les sources concentrées	56
5.2.1 Contexte	56
5.2.2 Cadrage méthodologique	56
5.1 Définition des sources concentrées dans la nappe	56
5.2 Définition des sources concentrées dans les gaz de sol	56
5.3 Définition des sources concentrées dans les sols	57
5.3.1 <i>Hydrocarbures totaux</i>	58
5.3.2 <i>HAP</i>	61
5.3.1 <i>Cyanures et bromures</i>	65
5.3.2 <i>Cartographies des mailles à pollutions concentrées en HAP, HCT et cyanures</i> :	65
5.4 Définition du fond géochimique anthropisé	70
5.4.1 Mise en œuvre	70
5.4.2 Définition des seuils de coupures en métaux lourds pour le Réemploi des terres	71
5.4.3 Approche statistique	71
5.4.4 Résultats sur les métaux lourds	79
5.5 Référentiel d'interprétation pour l'évaluation de la qualité environnementale et sanitaire des sols	80
5.6 Validation sanitaire des seuils de coupure en métaux lourds et en composés volatils	81
5.6.1 Pour les composés organiques	81
5.6.2 Pour les composés en métaux lourds	82
5.7 Grille de réutilisation des terres	82
5.8 Identification des différentes option de gestion possibles et Bilan coût-avantage – A330 ...	84
5.8.1 Démarche et objectif	84
5.8.2 Identification et justification des critères retenus et de leur pondération pour la comparaison des deux solutions	84
5.8.3 Mesure de gestion n°1 : Excavation et évacuation hors site des pollutions concentrées en HCT et HAP avec remblaiement de la fouille	85
5.8.4 Mesure de gestion n°2 : excavation et traitement sur site par Biotertre	88
5.8.5 Mesure de gestion n°3 : excavation et remblaiement de la fouille avec confinement par couverture et étanchéification	91
5.8.6 Comparaison des deux solutions de gestion	93
5.8.7 Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre de l'aménagement du parc ...	96

5.8.8	Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un ou deux niveaux au droit des lots privés	102
5.8.9	Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre du réaménagement des voiries 108	
5.8.10	Répartition des déblais / remblais par secteur	109
5.8.11	Réutilisation d'une partie des déblais en remblais sur site.....	111
5.9	Recommandations.....	112
5.9.1	Pré-caractérisation.....	112
5.9.2	Gestion des stocks tampons	112
5.9.3	EPI et EPC.....	113
5.9.4	Conditions de réaménagement du site.....	113
5.9.1	Mise en sécurité des cuves	113
5.9.2	Mesures constructives	113
5.9.3	Programme de surveillance des milieux.....	114
5.9.4	Plan de conception des travaux	114
6.	MISE A JOUR DU SCHEMA CONCEPTUEL (ETAT FUTUR).....	115
6.1	Identification des sources de pollution	115
6.2	Les Cibles potentielles.....	115
6.3	Les Voies de transfert.....	115
7.	CONCLUSION	118
8.	LIMITES D'UTILISATION DU RAPPORT	120

TABLEAUX

Tableau 1 : Contenu de la mission PG selon la norme NF X31-620-2

Tableau 2 : niveaux statiques de la nappe mesurés lors des investigations de Juin 2024 (source : Ginger Burgeap)

Tableau 3 : résultats d'analyses sur la nappe (source : Ginger Burgeap)

Tableau 4 : résultats d'analyses sur les gaz de sol

Tableau 5 : résultats d'analyses dans les gaz de sol comparés aux valeurs repères

Tableau 6 : Analyse des voies d'exposition et de transferts pour l'élaboration du schéma conceptuel

Tableau 7 : Substances retenues dans les gaz de sol pour le calcul du risque.

Tableau 8 : Valeurs toxicologiques de référence

Tableau 9 : Scénarii d'études retenus au droit du site

Tableau 10: Caractéristiques du bâtiment

Tableau 11 : Données requises pour le modèle d'émission de vapeurs depuis les sols vers l'intérieur des bâtiments

Tableau 12 : Données requises pour le modèle d'émission de vapeurs depuis les sols vers les espaces extérieurs non recouverts

Tableau 13 : Concentrations des substances modélisées au droit des espaces intérieurs.

Tableau 14 : Concentrations des substances modélisées au droit du futur parc.

Tableau 15 : Synthèse des QD et ERI pour les adultes et enfants résidents pour l'ensemble des scénarii

Tableau 16 : Synthèse des QD et ERI pour les adultes travailleurs et enfants résidents pour le scénario logement au droit du piézair PG5 avec une ventilation mécanique à 3 v/h

Tableau 17 : Tableau des percentiles pour le HCT_{C10-C40} dans les sols

Tableau 18 : Sondages représentant des sources concentrées en HCT C10-C40

Tableau 19 : Tableau des percentiles pour les HAP dans les sols

Tableau 20 : Sondages représentant des sources concentrées en HAP

Tableau 21 : Tableau des percentiles pour l'arsenic dans les limons

Tableau 22 : Tableau des percentiles pour le cuivre dans les limons

Tableau 23 : Tableau des percentiles pour le chrome dans les limons

Tableau 24 : Tableau des percentiles pour le cuivre dans les limons

Tableau 25 : Tableau des percentiles pour le mercure dans les limons

Tableau 26 : Tableau des percentiles pour le plomb dans les limons

Tableau 27 : Tableau des percentiles pour le nickel dans les limons

Tableau 28 : Tableau des percentiles pour le zinc dans les limons

Tableau 29 : Valeurs Aspitet-INRA et le fond géochimique défini statistiquement au droit de la Zac Mont Coco

Tableau 30 : seuils de coupures retenus pour l'évaluation des anomalies anthropiques en métaux lourds dans les sols

Tableau 31 : Seuils retenus pour l'évaluation des terres à utiliser en couverture (en mg/kg MS)

Tableau 32 : Grille de réemploi des terres

Tableau 33 : Orientation des terres représentant les sources concentrées	
Tableau 34 : Tableau d'orientation des terres impactées en fonction des mailles et des profondeurs	
Tableau 35: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°1	
Tableau 36: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°2	
Tableau 37: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°3	
Tableau 38 : Comparaison des deux solutions de gestion retenues	
Tableau 39 : Définition des filières	
Tableau 40 : Tableau d'orientation des terres dans le cadre des excavations liées au futur projet (création du parc)	
Tableau 41 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière	
Tableau 42 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière	
Tableau 43 : Tableau récapitulatifs des volumes selon la grille du réemploi des terres sur la ZAC	
Tableau 44 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière	
Tableau 45 : Tableau récapitulatifs des volumes selon la grille du réemploi des terres sur la ZAC	
Tableau 46 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière	
Tableau 47 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière selon les différents aménagements futurs	
Tableau 48 : Tableau récapitulatifs des volumes par filière selon les différents secteurs	
Tableau 49 : Tableau récapitulatifs des volumes par filière selon les différents secteurs groupés	
Tableau 50 : Analyse des voies d'exposition et de transferts pour l'élaboration du schéma conceptuel	

FIGURES

La figure 1 représente la cartographie des résultats dans les sols (substances organiques et autres paramètres) (source : HPC Environnement).	21
Figure 2 : Extrait de la carte des isopièzes de la nappe du Bathonien (source : SIGSSN) / sens d'écoulement de la nappe (setec Hydratec)	25
Figure 3 : Carte piézométrique de la nappe du Bathonien (3 juin 2024) (source : Setec Hydratec)	26
Figure 4 : Synthèse cartographique des concentrations détectées dans la nappe (setec Hydratec)	31
Figure 5 : Localisation des piézaires prélevés par Ginger Burgeap lors de la campagne de mai 2024	33
Figure 6 Répartition des échantillons par seuil en HCT _{C10-C40}	58
Figure 7 Seuil de rupture pour les HCT _{C10-C40}	59
Figure 8 Cartographie des teneurs notables en HCT C10-C40 au droit de la Zac	60
Figure 9 Répartition des échantillons par seuil en HAP	62
Figure 10 Seuil de rupture pour les HAP	63
Figure 11 Cartographie des teneurs notables en HAP au droit de la Zac	64
Figure 12 Cartographie des résultats dans les sols au droit de la parcelle HM14 (source : HPC Environnement).	65
Figure 13 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols à différentes profondeurs entre la surface et 1 m de profondeur.	66

<i>Figure 14 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols entre 1 et 3 m de profondeur sur la parcelle HO17 (cuve fuyarde).</i>	67
<i>Figure 15 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols entre 2 et 3 m de profondeur sur la parcelle HM21 (cuve fuyarde).</i>	68
<i>Figure 16 Répartition des échantillons par seuil en Arsenic sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	72
<i>Figure 17 Répartition des échantillons par seuil en cadmium sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	73
<i>Figure 18 Répartition des échantillons par seuil en Chrome sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	74
<i>Figure 19 Répartition des échantillons par seuil en cuivre sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	75
<i>Figure 20 Répartition des échantillons par seuil en mercure sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	76
<i>Figure 21 Répartition des échantillons par seuil en plomb sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	77
<i>Figure 22 Répartition des échantillons par seuil en nickel sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	78
<i>Figure 23 Répartition des échantillons par seuil en zinc sur matière brute en fonction de la lithologie</i>	79
<i>Figure 24 Cartographie de la répartition des mailles selon leurs potentiel de réemploi (tranche excavée entre 0 et 1 m)</i>	83
<i>Figure 25 Procédé de traitement Biotertre ventilé Ex Situ.</i>	88
<i>Figure 26 Schéma de l'encapsulation on site.</i>	91
<i>Figure 27 Exemple de couche de fond d'encapsulation (partiellement adapté de Lecomte, 1998).</i>	91
<i>Figure 28 Plan déblais/remblais au droit du futur parc.</i>	96
<i>Figure 29 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création du futur parc à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.</i>	100
<i>Figure 30 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un niveau à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.</i>	103
<i>Figure 31 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur deux niveaux à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.</i>	106
<i>Figure 32 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des voiries</i>	108
<i>Figure 33 Orientation des terres excavées à différentes hauteurs entre 0 et 1 m au droit de l'ensemble de la ZAC.</i>	111

ANNEXES

Annexe 1 : Codification des prestations selon la norme NF X 31-620-2 de décembre 2021

Annexe 2 : Plan de masse du futur projet

Annexe 3 : Résultats de la modélisation des concentrations en polluant dans l'air ambiant extérieur

Annexe 4 : paramètres physico-chimiques des composes

ABREVIATIONS / GLOSSAIRE

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène

CCG : Comblement des carrières de gypse

COHV Composés Organiques Halogénés Volatils

COT : Carbone Organique Total

DIB : Déchet Industriel Banal

DICT : Déclaration d'intention de commencement de travaux

DT : Déclaration de Travaux

ETM : Eléments Traces Métalliques

FLUTE DE PAN : Groupe de piézomètre crépinés séparément à différentes profondeurs dans la nappe

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique

HCT : Hydrocarbures Totaux

IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux

IGN : Institut Géographique National

ISDI : Installation de Stockage de Déchet Inerte

ISDI+ : Installation de Stockage de Déchet inertes aménagée

ISDND : Installation de Stockage de Déchets non dangereux

ISDD : Installation de Stockage de déchets Dangereux

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

NF : Norme Française

NGF : Nivellement Général de la France

PCB : Polychlorobiphényles

PCD : Plaine Commune Développement

PCT : Plan Conception Travaux

PID : détecteur à photoionisation

SPL : Société Publique Locale

TPH : Total Petroleum Hydrocarbons (décomposition des hydrocarbures aromatiques et aliphatiques)

VAS : Valeurs d'Analyse de la Situation

ZAC : Zone d'Aménagement Concerté

ZPP : Zones Potentielles de Pollution

NOTE QHSE

Le bureau d'études Setec hydratec s'engage, depuis sa création, dans une démarche d'amélioration continue de la qualité de ses prestations et garantit un niveau d'hygiène et de sécurité en conformité avec la nature de ses activités.

L'ensemble des démarches du bureau d'études Setec hydratec est ainsi assigné en procédures et méthodologies constitutives de sa **politique de management de la qualité, de l'hygiène, de la sécurité et de l'environnement** et garante de son savoir-faire.

Setec hydratec est intégrée au Système de Management SHEQ (Sécurité, Hygiène, Environnement et Qualité) de Setec et est certifiée ISO 9001.

Setec hydratec est certifié dans le domaine des sites et sols pollués selon les exigences de l'article 2/article 3 (5) de l'arrêté du 19/12/2018 fixant les modalités de la certification prévue aux articles L. 556-1 et L. 556-2 du code de l'environnement sous le numéro 36878-0, délivré le 12/06/2020 et valable jusqu'au 11/06/2025 par le LNE (www.lne.fr), organisme accrédité pour la certification de services par le COFRAC, ou équivalent, sous le numéro 5.00.12

Les prestations d'ingénierie de Setec hydratec sont basées sur :

- La note ministérielle du 8 février 2007 du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) "**Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués**" ;
- La méthodologie nationale du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Energie décrite dans les guides de gestion de sites potentiellement pollués : "**La visite du site**" et "**Diagnostic du site**" et "**Schéma Conceptuel et Modèle de Fonctionnement**" datés de février 2007 ;
- La note du 25 avril 2017 – modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets ;
- La codification des prestations de service relatives aux sites et sols pollués donnée par la norme AFNOR NF X 31-620-2 de décembre 2021 ;
- La méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués dans sa mise à jour d'avril 2017 ;
- L'Arrêté du 12 décembre 2014, du MEDDE, fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations ;
- La norme NF ISO 18400 de Décembre 2018 « Qualité des sols – Echantillonnage, **Partie 100** : Lignes directrices sur la sélection des normes d'échantillonnage, **Partie 101** : Cadre pour la préparation et l'application d'un plan d'échantillonnage, **Partie 102** : Choix et application des techniques d'échantillonnage, **Partie 103** : Sécurité, **Partie 104** : Stratégie.
- Norme NF ISO 10381-7 « Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 7 : Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol », Janvier 2006 ;
- Norme NF ISO 18400-204 « Qualité du sol - Échantillonnage - Partie 204 : Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol », Juillet 2014 ;
- Guide méthodologique pour la « caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines » – BRGMRP-65870-FR et INERIS-DRC-16- 156183-01401A – Novembre 2016.
- Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués – Actualisation de 2020 – Ineris-20-200352173530-v1.0 21/10/2021.

- Prestation globale **PG**, avec les prestations élémentaires qui sont :
A320 : analyse des enjeux sanitaires (EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires) ;
A330 : Bilan coût/avantages.

SYNTHESES

Le présent paragraphe présente une synthèse non technique et technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Ces synthèses sont indissociables du présent rapport et de ses annexes et ne leur sont pas opposables.

Dans l'ensemble du rapport, la dénomination « site » correspond à la ZAC Mont Coco à Caen (14).

SYNTHESE TECHNIQUE :

CONTEXTE	
Adresse du site	ZAC Mont-Coco - Côte de Nacre à Caen (14)
Aménagement actuel	<p>en partie Nord, une majorité de parcelles privées de taille moyenne (magasins, bâtiments administratif, école supérieur...),</p> <p>en partie Est, une majorité de parcelles en friche industrielle (ancienne marbrerie, ancien atelier de serrurerie et menuiserie métallique, ancien atelier mécanique...),</p> <p>en partie Sud, des parcelles à l'état de friche (Anciennes activités de fabrication de produits explosifs et inflammables, ancienne habitation, ancienne usine Kodak...),</p> <p>en partie centrale, une friche (ancienne usine Philips).</p>
Surfaces concernées	50 hectares environ
Aménagement futur	<p>Selon le plan de masse du projet « 54296_S_VRD_NIV_TER_A » en sa dernière version transmise le 04/01/2024 par Setec TPI (annexe 2), et la notice du projet daté de décembre 2023, le projet prévoit :</p> <ul style="list-style-type: none">• 45 000 m² d'activités, principalement localisés en partie Sud-Ouest,• 45 000 m² de bureaux, principalement localisés en parties centrale et Est,• 140 000 m² de logements, principalement localisés en parties centrale et Nord-Est,• 6 000 m² d'équipements, localisés en partie centrale,• un parc de 4.1 ha en partie centrale.
MISSION	
Intitulé de l'étude	Missions PG : prestations A320 et A330 de la norme AFNOR NF X 31-620-2

Référentiel méthodologique et normatif	<p>prestation globale PG (Plan de Gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement du site) et EQRS (Evaluation du risque sanitaire pour les futurs usagers du site), avec les prestations élémentaires qui sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • A320 : Analyse des enjeux sanitaires ; • A330 : Bilan coûts/avantages ; • AMO Etude : plan de gestion des terrassement.
Etudes antérieures	<p>Plusieurs études antérieures ont été réalisées sur la ZAC MONT COCO dans le cadre de son réaménagement (étude historique et documentaire : rapport HPC-F 2A/2.22.5185a0 en date du 13 mai 2022 et diagnostic de l'état du sous-sol : HPC-F 2A/2.22.5185b0 en date du 29 juillet 2022).</p> <p>Des investigations complémentaires sur les sols, gaz du sol et eaux souterraines ont été réalisées par Ginger Burgeap en mai/Juin 2024, selon le cahier de charge élaboré par Setec Hydratec.</p> <p>Les investigations sur le milieu sol ont montré la présence sur certaines parcelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des anomalies en métaux lourds éparses, – des teneurs en substances volatils ponctuelles dans les terrains profonds jusqu'à 2 m de profondeur, – Des teneurs en bromures et cyanures au droit de la parcelle HM14 occupée anciennement par l'usine Kodak, – Impact en hydrocarbures (HCT C10-C40 et HAP) dans les terrains superficiels, – La présence de 2 cuves fuyardes au droit des parcelles HO17 et HM21 avec des impacts en hydrocarbures jusqu'à 3 m de profondeur.
RESULTATS	
Analyse des enjeux sanitaires (A320)	<p>Au droit des futurs espaces intérieurs et extérieurs, pour l'exposition des travailleurs par inhalation des <u>substances volatiles analysées</u> issues des gaz du sol, les valeurs de risques calculées à partir des concentrations modélisées dans l'air intérieur mettent en évidence des niveaux de risques acceptables pour les substances aux effets à seuil ($QD < 1$) et pour les substances aux effets sans seuils ($ERI < 10^{-5}$), sous réserve de l'application d'une ventilation mécanique à minima à 3 v/h, au droit du lot situé sur la parcelle HO74.</p> <p>L'exposition par inhalation de substances volatiles issues du sol à l'extérieur des bâtiments est négligeable par rapport à l'exposition à l'intérieur des bâtiments.</p> <p>En effet la dilution liée au vent et les faibles durées d'exposition à l'extérieur limitent très fortement ce type d'exposition.</p>

<p>Mesure de gestion et bilan coût avantage (A330)</p>	<p>Au regard des résultats d'analyses sur les milieux sols et gaz de sol, il est recommandé de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A l'issue des travaux, les terres présentant des dépassements en polluants par rapport aux seuils de coupures (tableau 29), seront soit recouvertes d'une couverture à minima de 30 cm de terre végétale ou recouvertes par un dallage ou enrobé. ▪ Gérer les terres impactées en hydrocarbures (cas des terres fortement impactées en HCT > 1 500 mg/kg et HAP > 60 mg/kg) en mettant en place la mesure de gestion suivante : l'excavation et le traitement biologique sur site, dont le coût a été estimé à 215 k€ H.T. Au total il y a 1 580 m³ de terres impactées en hydrocarbures sur l'ensemble de la ZAC à traiter, ▪ Des recommandations pour le réaménagement du site sont préconisées : le dégazage/l'inertage et l'enlèvement des cuves enterrées présentes sur site, des équipements de protection individuels adaptés aux travaux, matériaux particuliers pour les canalisations au droit des mailles impactées en hydrocarbures (HAP et HCT), ▪ D'autre part, concernant la gestion des terres de déblais dans le cadre des aménagements, des seuils de coupures ont été établis pour les différents polluants (métaux lourds, HCT et HAP), afin de déterminer les possibilités du réemploie des terres sur site. <p>Le scénario jardin potager n'a pas été pris en compte pour l'évaluation des risques (aménagement non prévu à ce stade). Dans le cas de ce type d'aménagement, les recommandations suivantes ont été données :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La substitution des zones de cultures sur 50 cm (ou sur la hauteur du réseau racinaire) par de la terre saine ou la création d'aménagements de type bacs de culture hors-sol. Il peut également être envisagé un recouvrement des zones de cultures par 50 cm de terre végétale au droit des futurs jardins partagés, ▪ Concernant les arbres fruitiers, le décaissement de 1 m x 1 m, sur 1 m de profondeur, remblayé par de la terre saine, pour autoriser la plantation de ce type d'arbres.
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Introduction

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE D'INTERVENTION

Dans le cadre du projet d'aménagement de la ZAC Mont Coco - Côte de Nacre à CAEN (14), la société SPL EPOPEA a mandaté Setec Hydratec pour une mission AMO Etude et la réalisation un plan de gestion regroupant les missions A320 et A330.

Le plan de masse du projet « CMC_PL_15_240122 TR prog lots 02 » en sa dernière version transmise le 22/01/2024, prévoit la conservation de plusieurs bâti existants (Murata, Acsea, Leclerc Drive, etc.) ainsi que la programmation nouvelle de :

- 45 000 m² d'activités (en violet), principalement localisés en partie Sud-Ouest,
- 45 000 m² de bureaux (en bleu), principalement localisés en parties centrale et Est,
- 140 000 m² de logements (en orange), principalement localisés en parties centrale et Est,
- 6 000 m² d'équipements (en rose), localisés en partie centrale,
- Réaménagement de voiries,
- un parc de 4.1 ha en partie centrale.

Le plan de projet « CMC_PL_15_240122 TR prog lots 02 » daté du 22/01/2024 est présenté en annexe.

1.2 OBJECTIFS DE LA MISSION

Le présent document correspond ainsi au livrable de la mission AMO Etude et PG inclus au marché subséquent n°1.

Ce rapport a pour objectifs finaux de préciser la compatibilité sanitaire du site en vue de l'usage future, et de vérifier la qualité des sols au droit du site pour déterminer le plan de gestion des terrassements dans le cadre de la gestion raisonnées des déblais/remblais.

Pour ce faire, le présent document permettra de :

- Identifier les possibles filières d'évacuation des terres à excaver dans le cadre du projet d'aménagement,
- Vérifier la compatibilité d'un point de vue sanitaire entre l'état actuel et le futur usage envisagé,
- Proposer des mesures de gestion de la pollution et préconiser des aménagements adaptés,
- Dresser un bilan coût/avantages et estimation financière des différentes solutions de gestion.

1.3 CADRE METHODOLOGIQUE ET NORMATIF

Ce rapport a été réalisé conformément aux exigences de la norme AFNOR NF X 31-620-2 de décembre 2021 :

- Prestation globale **PG**, avec les prestations élémentaires qui sont :
A320 : analyse des enjeux sanitaires (EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires),
A330 : Bilan coût/avantages,
AMO Etude : plan de gestion et terrassement.

La codification des prestations réalisées dans le cadre de cette étude selon la norme AFNOR NF X 31-620-2 de décembre 2021 est présentée en **Annexe 1**.

La mission se base sur les guides et documents méthodologiques suivants :

- Le guide de Valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement – Ministère de La Transition Ecologique et Solidaire – BRGM Avril 2020,
- Le guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur valorisation hors site dans des projets d'aménagement et en technique routière pour des projets d'infrastructures linéaire et de transport - BRGM Avril 2020,
- Guide méthodologique pour la « caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines » – BRGMRP-65870-FR et INERIS-DRC-16- 156183-01401A – Novembre 2016,
- Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués – Actualisation de 2020 – Ineris-20-200352173530-v1.0 02/06/2020.

Le contenu de la mission est détaillé dans le tableau ci-dessous.

Missions	Contenu
A320 Analyse des enjeux sanitaires	Mise à jour du schéma conceptuel ; Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) : calculs de risques sanitaires spécifiques aux sites et sols pollués menés dans une situation en l'état.
A330 Bilan coûts/avantages	Rappel des données provenant des livrables des prestations préalables Identifier les différents scénarios de gestion possibles qui doivent être tous valides sur le plan sanitaire ; Elaborer un bilan coûts/avantages pour ces scénarios de gestion afin de faire ressortir les plus adaptés au contexte du site ; Présenter une argumentation détaillée justifiant de la sélection des scénarios de gestion (techniques de dépollution et/ou restrictions d'usages) les plus pertinents au regard de l'ensemble des critères retenus.

Tableau 1 : Contenu de la mission PG selon la norme NF X31-620-2



Présentation et Synthèse des études antérieures

2. PRESENTATION ET SYNTHÈSE DES ETUDES ANTERIEURES

Le présent chapitre précise l'état environnemental actuel du site, sur la base des résultats relatifs aux matrices sol, tels qu'ils ont été fournis par des campagnes successives de reconnaissances de sol réalisées sur la Zac Mont Coco : étude historique et documentaire réalisée par HPC Environnement « HPC-F 2A/2.22.5185a0 » en date du 13 mai 2022 et diagnostic de l'état du sous-sol « HPC-F 2A/2.22.5185b0 » en date du 29 juillet 2022.

Plus récemment, des investigations complémentaires sur les milieux sols, gaz de sol et eaux souterraines ont été réalisées, en mai-juin 2024 par Ginger Burgeap, selon le cahier de charge élaboré par Setec Hydratec.

Les résultats d'analyses sur le milieu sol ont permis de mettre en évidence les constats suivants, selon le plan ci-après, indiquant les zones impactées, et telles que présentées selon les constats suivants :

– Vis-à-vis des risques sanitaires :

- Risque ingestion de sol

Les résultats d'analyses au droit des différentes parcelles lors des investigations de juin 2022 ont mis en évidence la présence dans les sols d'anomalies éparses en métaux lourds, dans les terrains superficiels sur certaines parcelles. Pour information, la recherche des métaux lourds n'a pas été effectuée sur l'ensemble des parcelles.

Il a été également mis en évidence des teneurs notables sur certains secteurs isolés en hydrocarbures (HCT C10-C40 et HAP), et des anomalies isolées en cyanures et en bromures dans les terrains superficiels de certaines parcelles.

- Risque inhalation de vapeurs à l'intérieur des futurs bâtiments

Les résultats d'analyses des échantillons de sol prélevés au droit des différentes parcelles lors des investigations de juin 2022 ont mis en évidence la présence de teneurs notables en substances volatils dans les terrains superficiels ou profonds sur un nombre limité de parcelles.

Ainsi, il a aussi été conduit la réalisation d'investigations complémentaires sur le milieu gaz de sol et un plan de gestion associée à une Evaluation Quantitative des Risques Résiduelles, permettant de s'assurer de la compatibilité sanitaire de la parcelle avec l'usage futur envisagé.

– Vis-à-vis des excavations de terres

Concernant les excavations et évacuations de terres liées à la réalisation des aménagements (futurs bâtiments sur un ou sans niveau de sous-sol, voiries...), les observations et analyses effectuées sur les sols ont montré, sur une partie des parcelles, des indices organoleptiques (odeurs d'hydrocarbures) et des anomalies en HCT sur matière brute et/ou fluorées sur éluât, HAP, bromures et cyanures totaux impliquant la gestion d'une partie des terres du site vers des installations de traitement ou de stockage hors site adaptées, mais une grande partie du site relève de terres inertes.

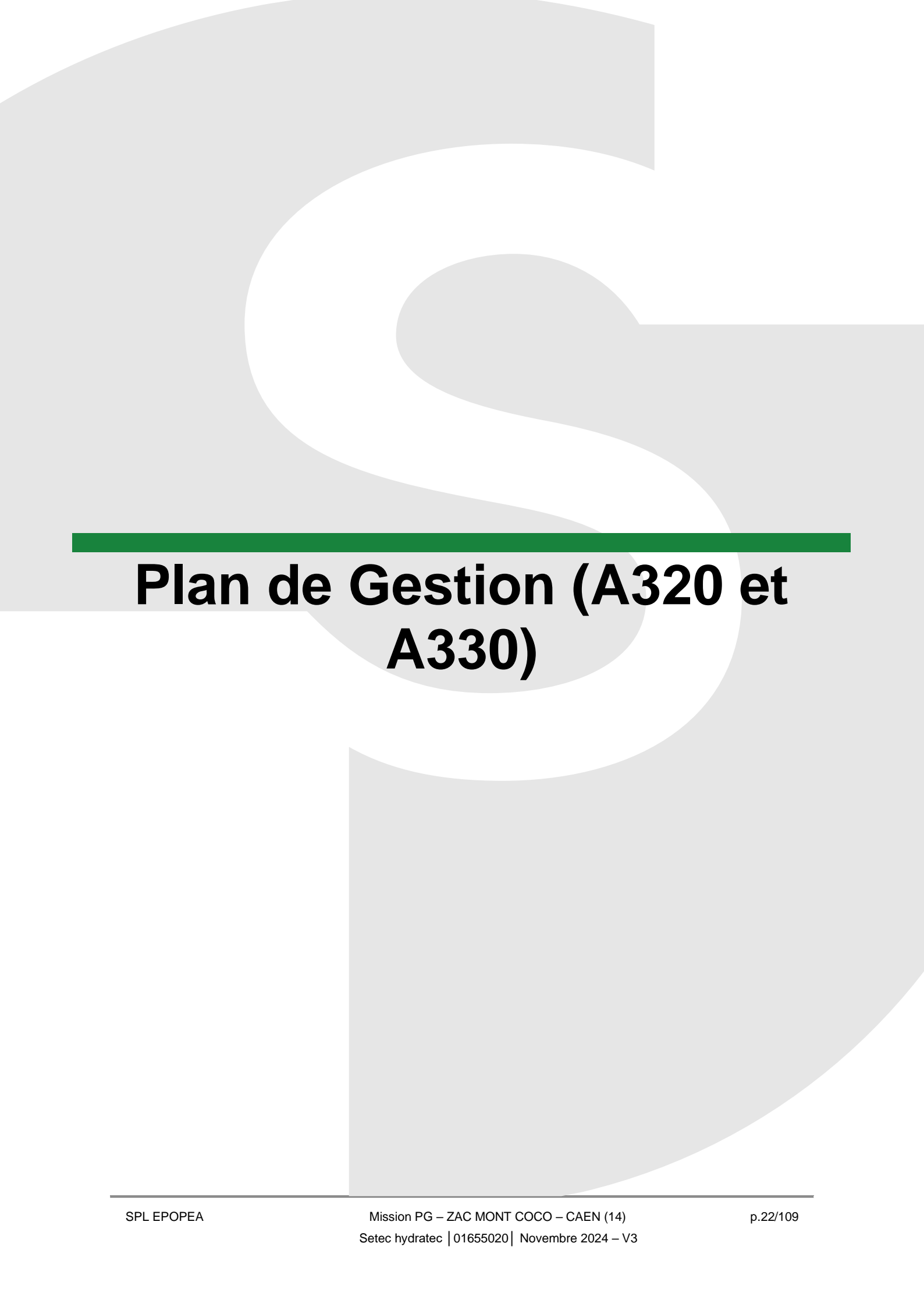
– Vis-à-vis des impacts notables en hydrocarbures, cyanures et bromures :

En complément, au regard de l'ensemble des résultats obtenus lors des différentes campagnes d'investigation réalisées dans le milieu sols, des hotspots de pollutions ont été identifiées sur certains secteurs isolés .

En référence à la méthodologie nationale en matière de site et sols pollués, telle que définie par le ministre, il convient de rappeler que la priorité consiste d'abord à extraire la pollution

concentrée, généralement circonscrite à des zones limitées, dans l'objectif de garantir une maîtrise de la source (cas de terres fortement impactée en HCT C10-C40, HAP et/ou en bromures et cyanures totaux). A défaut , des solutions alternatives sont à examiner selon un bilan couts/avantages à valider par une évaluation des expositions. Le détail des zones impactées et leur gestion quantitative sont présentées dans les chapitres suivants.

La figure 1 représente la cartographie des résultats dans les sols (substances organiques et autres paramètres) (source : HPC Environnement).



Plan de Gestion (A320 et A330)

3. DEMARCHE DU PLAN DE GESTION

3.1 CONTEXTE

Dans le cadre du projet du réaménagement de la Zac Mont Coco, Setec Hydratec a été mandaté afin de réaliser une mission d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) dans le cadre d'un plan de gestion.

Des prélèvements de sols et nappe ont été effectués sur le site, selon une approche ciblée sur des secteurs pressentis ou déjà reconnus impactés par des campagnes de sondages antérieurs : les résultats de ce diagnostic ont mis en évidence des anomalies dans les sols et gaz du sol pouvant présenter des risques pour les usagers actuels et/ou futurs.

Dans ce contexte, et pour assurer la compatibilité sanitaire et environnementale du site avec l'aménagement prévu, un plan de gestion doit être réalisé :

Il doit distinguer les sources de pollution diffuses, des sources concentrées, et préciser leurs conditions de gestion sur le plan à la fois sanitaire et environnemental, conformément à la méthodologie nationale en matière de sites et sols pollués, et en référence aux arrêtés ministériels d'application.

Ces solutions de gestion, avec ou sans purge, avec ou sans dispositions constructives et autres mesures d'accompagnement, doivent être validées, sur le plan sanitaire, par une étude quantitative du risque sanitaire (EQRS).

La gestion des terrassements, en déblais en remblais, doit aussi être examinée en termes de filières de gestion et en volumétrie.

Ce document fait référence aux terrassements envisagés sur le Parc public ; les données relatives au nombre de sous-sols et donc aux déblais associés, restent à consolider à date.

3.2 CADRE DES MESURES DE GESTION

Dans le cas de la présence de pollutions concentrées ou de teneurs non compatibles avec les usages projetés, définies par une étude quantitative des risques sanitaires, la démarche de gestion des sources de pollution s'articule autour des points suivants :

- le traitement de la (des) source(s) et/ou la maîtrise des vecteurs identifiés et/ou la définition des mesures de surveillance ou gestion constructives associées,
- la détermination et la description des différentes options techniques de réhabilitation du site susceptibles d'être envisagées, en tenant compte des propriétés physico-chimiques des polluants et des mesures de contrôle à mettre en place lors de la réalisation du chantier,
- la hiérarchisation des options techniques de gestion sur la base d'un bilan coûts/avantages au regard des usages envisagés, du bilan environnemental global et des aspects économiques.

Le Plan de Gestion présenté comprend ainsi :

- une évaluation des enjeux sanitaires (A320) ;
- une évaluation des solutions de traitement des zones de pollution concentrée qu'il est envisageable de mettre en œuvre sur site (A330), associé à :
 - un bilan coûts-avantages de ces solutions,
 - une évaluation des coûts des mesures de gestion retenues ;
 - la proposition, au besoin, de la mise en œuvre de servitudes, restrictions d'usage et autres mesures constructives, à mettre en œuvre

3.3 DANS LE CONTEXTE DU SITE

3.3.1 Eaux souterraines

Les éléments présentés ci-après sont issus de la campagne de reconnaissance complémentaire engagée en Juin 2024, pour affiner certains points attachés au contexte du site.

La nappe calcaire du Bathonien est la première nappe attendue au droit du site, à plus de 45 m de profondeur environ et pourrait être intégrée dans une gestion par infiltration des eaux pluviales du projet.

Une campagne de prélèvements au droit de trois piézomètres existants sur le site de Murata (ce qui a permis de faire l'économie de nouveaux ouvrages piézométriques) a été réalisée le 4/06/2024.

a) Carte piézométrique de la nappe du Bathonien selon la bibliographie

D'après les informations recueillies sur le site du BRGM (<http://sigessn.brgm.fr>), les isopièzes de la nappe de Bathonien au droit du site, montrent un sens d'écoulement particulier rayonnant avec deux axes drainants l'un vers le nord-est et l'autre vers le sud-ouest. La figure ci-dessous présente un extrait de la carte des isopièzes de la nappe de Bathonien au droit du site.

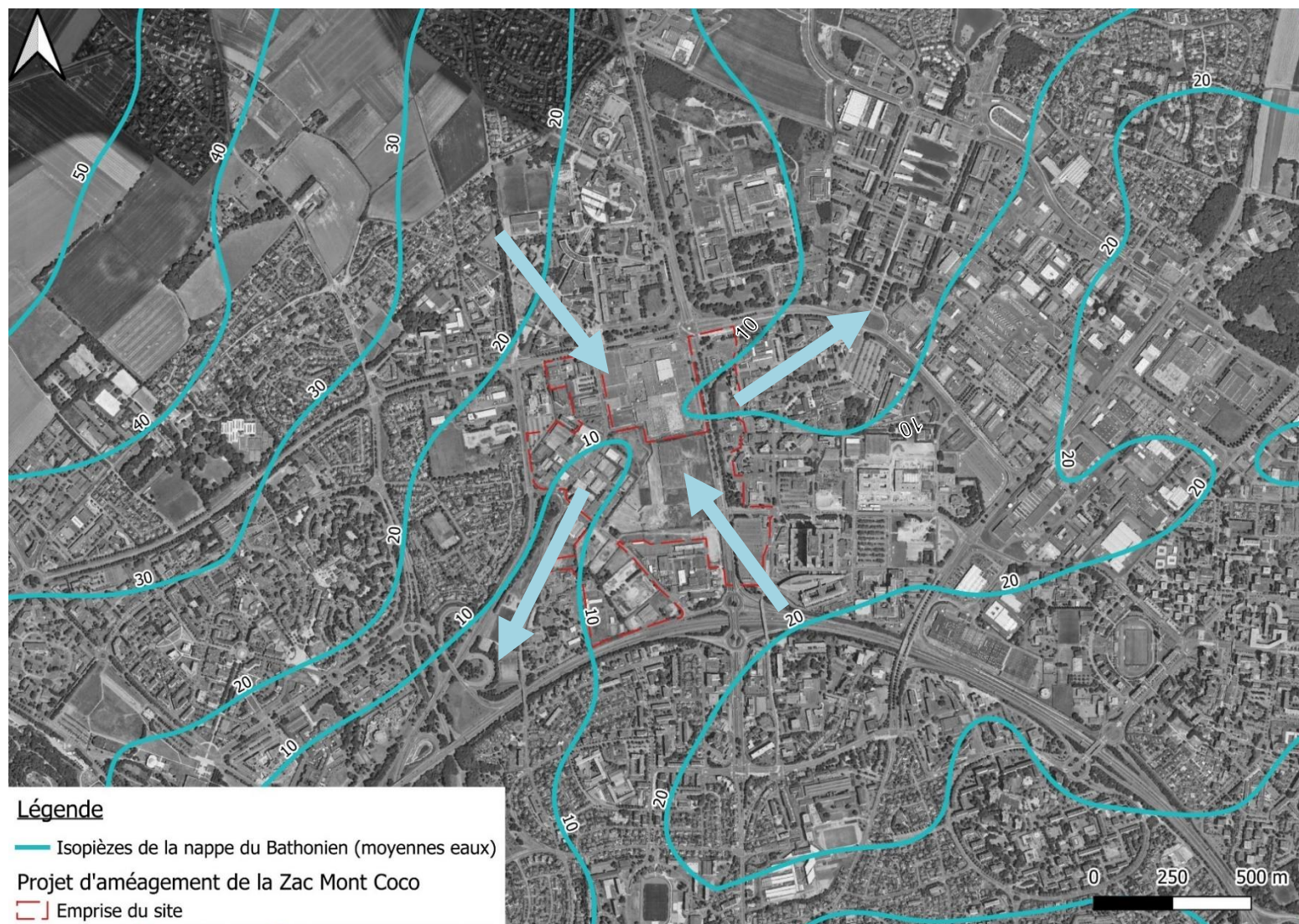


Figure 2 : Extrait de la carte des isopièzes de la nappe du Bathonien (source : SIGSSN) / sens d'écoulement de la nappe (setec Hydratec)

b) Mesures des niveaux statistiques de la nappe lors de la campagne de prélèvements de juin 2024

Les niveaux statiques de la nappe du Bathonien ont été mesurés lors de la campagne de prélèvements réalisée en juin 2024.

Le tableau ci-après résume les niveaux d'eau mesurés au droit des 3 piézomètres existants de la société Murata :

Piézomètre	X (Lambert 93)	Y (Lambert 93)	Niveau statique de la nappe mNGF
PZA	455083	6905722	+12.36
PZC	454749	6905827	+9.16
PZD	454854	6906123	+20.52

Tableau 2 : niveaux statiques de la nappe mesurés lors des investigations de Juin 2024 (source : Ginger Burgeap)

La carte piézométrique réalisée à partir des données du tableau précédent est présentée sur la figure ci-après : Ces relevés indiquent que les eaux souterraines s'écoulent vers le sud-ouest, soit une disposition de nappe qui privilégie l'axe de drainage SW telle que définie par la bibliographie existante.

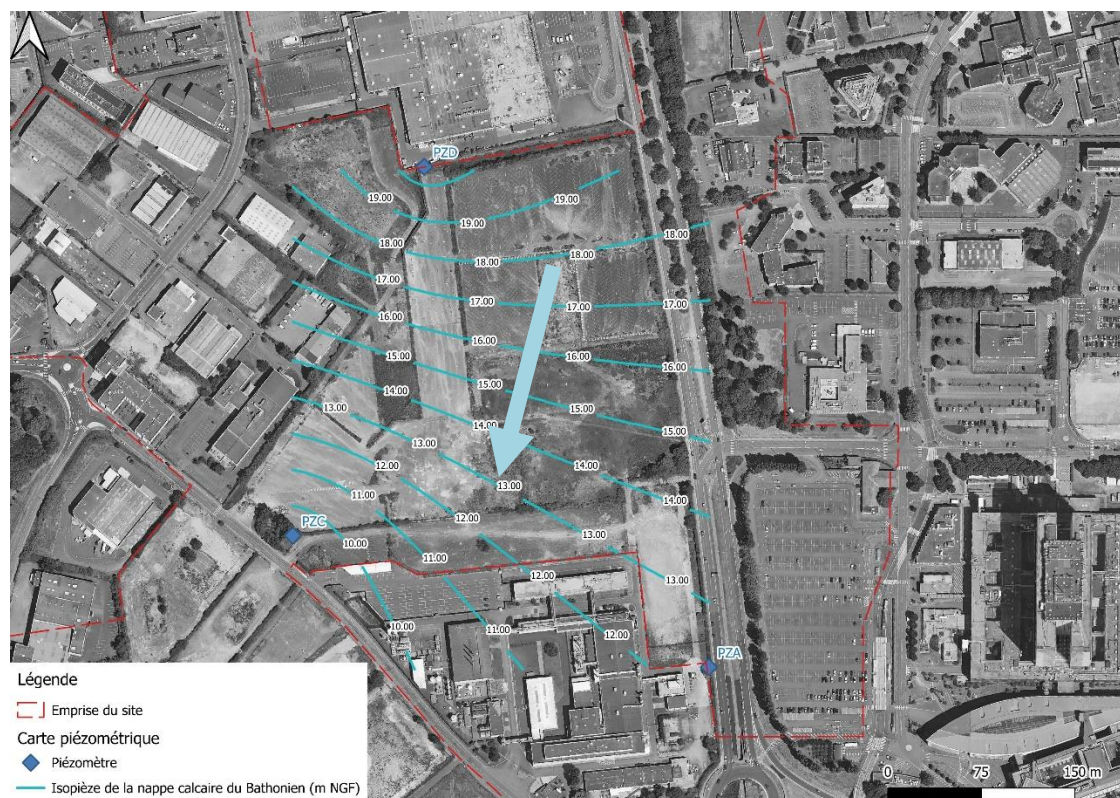


Figure 3 : Carte piézométrique de la nappe du Bathonien (3 juin 2024) (source : Setec Hydratec)

Deux des trois piézomètres présentent des niveaux de nappe assez cohérents avec ceux définis par la bibliographie, mais l'on peut s'interroger sur le niveau de nappe en PZD (en tête Nord) avec un relevé à +20.5 qui se singularise par rapport aux données BRGM : une nappe perchée à +20 distinctes de la nappe du Bathonien n'est pas à exclure.

c) Qualité des eaux souterraines

Les résultats d'analyses de la campagne de prélèvements de juin 2024 sur les eaux souterraines sont présentés dans le tableau ci-après, en étant comparés aux valeurs seuils réglementaires pour les eaux de consommation suivant les arrêtés suivants :

- Arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007, relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.
- Arrêté du 23 juin 2016 modifiant l'Arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines,
- OMS, Guidelines for drinking-water, WHO, Geneva, 2011, 4th edition.

Tableau 3 : résultats d'analyses sur la nappe (source : Ginger Burgeap)

		Valeurs de référence dans l'eau				P2A	P2C	P2D
		eau potable Ann1 arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11/01/07 (1) (valeur limite, sauf italique : référence)	eau potable OMS, 2017 en italique : provisoire	Critères d'évaluation Arrêté 23/06/2016	Eaux brutes Annexe 2 arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11/01/07	04/06/2024	04/06/2024	04/06/2024
Métaux et métalloïdes								
Antimoine (Sb) (total)	µg/L	10	20	-	-	<10	<10	<10
Arsenic (As) (total)	µg/L	10	10	10	100	<10	<10	<10
Baryum (Ba) (total)	µg/L	700	1300	-	-	<20	66	34
Cadmium (Cd) (total)	µg/L	5	3	5	5	<0,20	<0,20	<0,20
Chrome (Cr) (total)	µg/L	25	50	-	50	<4,0	<4,0	<4,0
Cuivre (Cu) (total)	µg/L	1000	2000	-	-	<4,0	<4,0	<4,0
Mercur (Hg) (total)	µg/L	1	6	1	1	<0,1	<0,1	<0,1
Molybdène (Mo) (total)	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10
Nickel (Ni) (total)	µg/L	20	70	-	20	<10	<10	<10
Plomb (Pb) (total)	µg/L	5	10	10	50	<10	<10	<10
Sélénium (Se) (total)	µg/L	20	40	-	20 (6)	<15	<15	<15
Zinc (Zn) (total)	µg/L	-	-	-	5000	46	8.9	4.5
Hydrocarbures volatils C5-C10								
Fraction C5 - C6 inclus	µg/L	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
Fraction > C6 - C8 inclus	µg/L	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0
Fraction aliphatique > C6-C8	µg/L	-	-	-	-	<2,0	<2,0	3.5
Fraction aromatique > C6-C8	µg/L	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
Fraction > C8 - C10 inclus	µg/L	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0
Fraction aromatique > C8-C10	µg/L	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
Fraction aliphatique > C8-C10	µg/L	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10
Indice hydrocarbure C10-C40								
Fraction C10-C12	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10
Fraction C12-C16	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10
Fraction C16-C20	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C20-C24	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C24-C28	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C28-C32	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C32-C36	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C36-C40	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0
Somme des hydrocarbures C10-C40 (2)	µg/L	-	-	-	1000	<50	<50	<50
HAP								
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
Acénaphthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranthène (4)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Pyrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Chrysène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(b)fluoranthène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(k)fluoranthène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène (4)	µg/L	0.01	0.7	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(g,h,i)peryène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (3) (4)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Somme des 4 HAP (3)	µg/L	0.1	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des 6 HAP (4)	µg/L	-	-	-	1	n.d.	n.d.	n.d.
BTEX								
Benzène	µg/L	1	10	-	-	<0,2	<0,2	<0,2
Toluène	µg/L	-	700	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Éthylbenzène	µg/L	-	300	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
m,p-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<0,2	<0,2	<0,2
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<0,50	<0,50	<0,50
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
COHV								
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-	0.5	7.3	<0,1
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-	0.7	10	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/L	10	-	-	-	1.2	17.3	n.d.
Cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,50	33	<0,50
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,50	0.58	<0,50
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	50	-	-	n.d.	33.58	n.d.
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,1	0.4	<0,1
Chlorure de Vinyle	µg/L	0.5	0.3	-	-	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	1.2	<0,5
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-	0.6	0.3	<0,1
Trichlorométhane (chloroforme) (5)	µg/L	100	300	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des COHV	µg/L	-	-	-	-	1.8	52.78	n.d.

n.d. : Non détecté

(1) Arrêté modifié par l'arrêté du 04/08/2017

(2) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures, fraction C10-C40

(3) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène

(4) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène

(5) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane

(6) La limite de qualité est fixée à 30 µg/ L dans les zones géographiques où les conditions géologiques pourraient occasionner des niveaux élevés de sélénium dans les eaux souterraines.

Concentration supérieure à un des seuils eau potable
Concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08
Concentration supérieure au seuil eaux brutes

Une cartographie des anomalies identifiées dans les eaux souterraines est présentée sur la **figure 4**.

Le tableau ci-dessous présente les abréviations utilisées pour les COHV accompagnées des chaînes de dégradation des principaux produits parents :

COHV	Abréviation	
Tétrachloroéthylène	PCE	Chaîne de dégradation du PCE/TCE
Trichloroéthylène	TCE	
cis 1,2-Dichloroéthylène	cis 1,2-DCE	
Chlorure de vinyle	VC	
1,1,1-Trichloroéthane	1,1,1-TCA	Chaîne de dégradation du TCA
1,1-Dichloroéthane	1,1-DCA	
1,1-Dichloroéthène	1,1-DCE	

Les résultats d'analyses de la campagne de juin 2024 sur les eaux souterraines sont détaillés ci-après :

METEAUX LOURDS :

Des concentrations en métaux lourds inférieures à la limite de qualité Annexe I de l'Arrêté du 11 janvier 2007 pour les eaux de consommation, à la valeur seuil définie par le référentiel de l'OMS et à la limite de qualité Annexe II de l'Arrêté du 11 janvier 2007 pour les eaux brutes, pour les 3 échantillons prélevés sur les 3 piézomètres.

COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (BTEX) :

Aucun dépassement des valeurs de références n'a été observé sur les 3 piézomètres. L'ensemble des résultats se trouve sous le seuil de quantification du laboratoire.

HYDROCARBURES TOTAUX C10-C40 (HCT) :

Aucun dépassement des valeurs de références n'a été observé sur les 3 piézomètres.

COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (COHV) :

la présence de concentrations singulières en COHV (principalement associés à la chaîne de dégradation du PCE/TCE), sur les échantillons prélevés au droit des piézomètres PZA et PZC uniquement, avec des teneurs en :

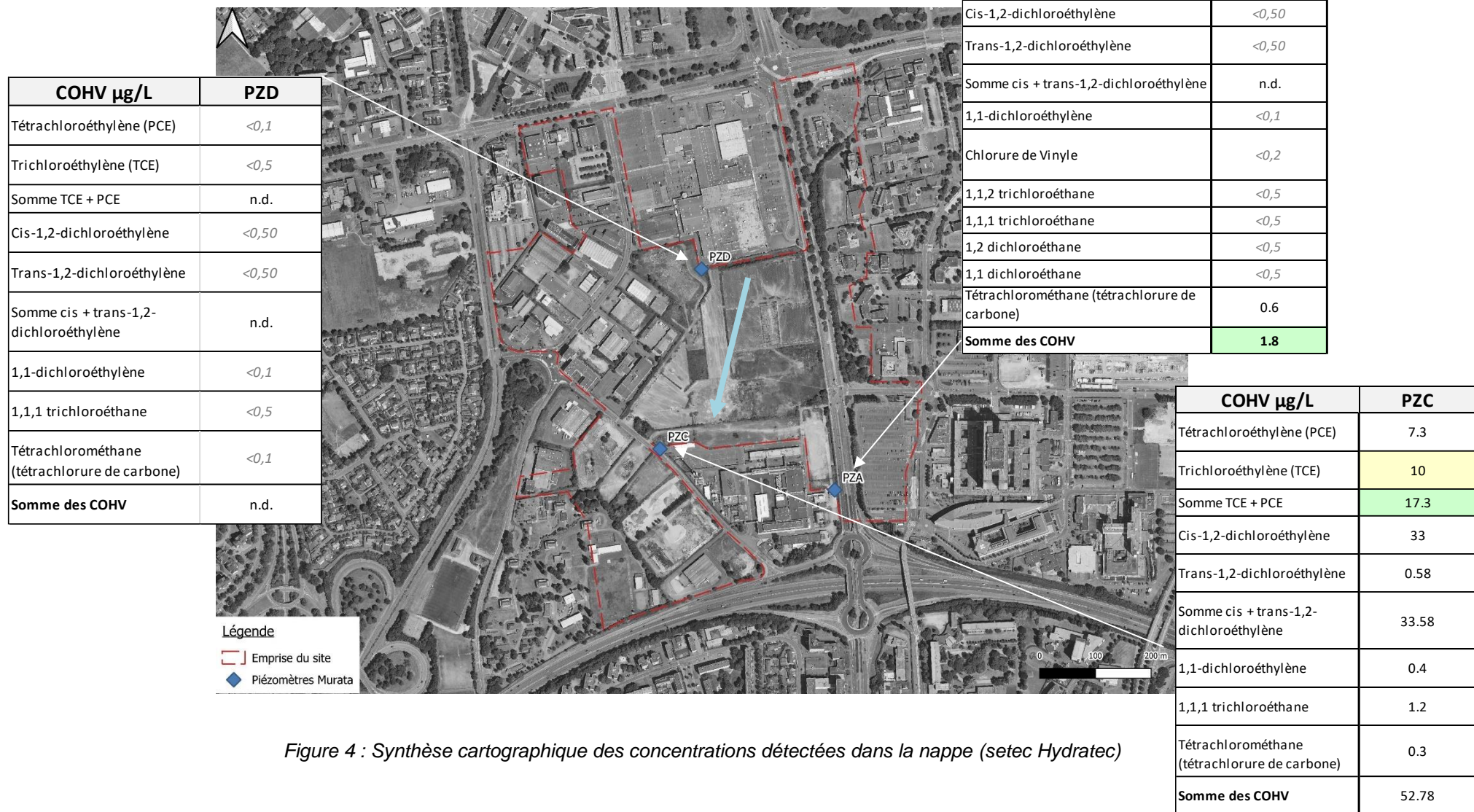
- Somme trichloroéthylène et tétrachloroéthylène (respectivement 1.2 et **17.3 µg/l**) ; La concentration mesurée sur PZC uniquement est supérieure à la limite de qualité Annexe I de l'Arrêté du 11 janvier 2007 pour les eaux de consommation et au seuil de l'arrêté du 23 juin 2016 (10 µg/l),
- Somme cis et trans 1.2 dichloroéthylène (33.58 µg/l sur PZC uniquement), supérieures à la limite de quantification du laboratoire (0.1 µg/l), mais qui restent inférieures au seuil fixé par l'arrêté du 23 juin 2016 (50 µg/l),
- 1.1-dichloroéthylène (0.4 µg/l sur PZC uniquement), supérieure à la limite de quantification du laboratoire (0.1 µg/l),
- 1.1.1 trichloroéthane (1.2 µg/l sur PZC uniquement), supérieure à la limite de quantification du laboratoire (0.5 µg/l),

- Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone) (respectivement 0.6 et 0.3 µg/L sur les piézomètre PZA et PZC) supérieures à la limite de quantification du laboratoire (0.1 µg/l).

La synthèse cartographique des concentrations détectées dans la nappe est présentée ci-après.

Les concentrations les plus notables en solvants se trouvent sur le piézomètre PZC, en aval du site, implanté sur la parcelle HO74 (partie ouest) : Historiquement, la parcelle a accueilli les sociétés La Radiotechnique (fabrication de composant électronique), puis Philips Semiconductors et une zone qui a été dépolluée est répertoriée à proximité immédiate du piézomètre PZC, mais aucune information n'est disponible sur les travaux de dépollution qui ont eu lieu.

Les concentrations en COHV dans la nappe restent limitées, et peut-être relictuelles par rapport à un impact ancien traité, et en tout cas sans incidence sur le futur projet et les conditions d'infiltrations des eaux pluviales dans la nappe.



3.3.2 Gaz du sol

Dans le contexte du site, la composante gaz du sol attachée au dégazage de composés volatils a fait l'objet d'investigations spécifiques.

Les gaz du sol ont été caractérisés à l'aide de piézairs afin de quantifier le dégazage des substances volatiles et semi-volatiles présentes dans les sols et/ou la nappe souterraine et vérifier la compatibilité du site avec les usages futurs.

Les piézairs ont été implantés par Setec Hydratec au droit des teneurs notables en composés organiques dans les sols détectées lors des études antérieures réalisés par HPC Environnement et en fonction du projet futur.

Le projet d'aménagement prévoit la création d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol au droit des futurs bâtiments.

Dans le cadre d'une démarche sécuritaire, des piézairs courts de 1.5 m ont été installés afin de quantifié les concentrations en polluant dans le gaz du sol.

Le piézair de 1.5 m de profondeur a été équipé en tubage PEHD 23/32, crépiné de 1 à 1.5 m et tube plein de 0 à 1 m, avec remplissage de l'espace annuaire selon les règles de l'art.

Les investigations sur le milieu gaz du sol ont été réalisés le 29/04/2024.

L'implantation définitive des piézairs installés est présentée ci-dessous. Le piézair PG1 n'a pas pu être réalisé ; l'accès à la parcelle n'a pas pu être obtenu.

Les résultats d'analyses de la campagne de prélèvements d'avril sur les gaz du sol sont présentés dans le tableau 4.



Figure 5 : Localisation des piézairs prélevés par Ginger Burgeap lors de la campagne de mai 2024

Débit pompe : 0,2 L/min pendant 3 h, Volume = 36 L				PG2		PG3		PG4		PG5		PG6		PG7		BT	
Paramètres	Méthode	LQ	Unité	PG2 / ZC	PG2 / ZM	PG3 / ZC	PG3 / ZM	PG4 / ZC	PG4 / ZM	PG5 / ZC	PG5 / ZM	PG6 / ZC	PG6 / ZM	PG7 / ZC	PG7 / ZM	BT / ZC	BT / ZM
Hydrocarbures aliphatiques C5-C16																	
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	méthode interne	0.056	mg/m3	0.108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.058	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.069	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	méthode interne	0.056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	méthode interne	0.056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (2)	méthode interne	0.0556	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	méthode interne	0.056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somme Hydrocarbures aliphatiques	méthode interne	-	mg/m3	0.108	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.058	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.069	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aromatiques C6-C16																	
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7	méthode interne	0.001	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.003	<LQ	<LQ	<LQ	0.004	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8	méthode interne	0.003	mg/m3	0.039	0.004	<LQ	0.021	<LQ	0.011	<LQ	0.028	<LQ	0.014	<LQ	0.050	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	méthode interne	0.056	mg/m3	0.069	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.072	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	méthode interne	0.056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	méthode interne	0.056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somme Hydrocarbures aromatiques	méthode interne	-	mg/m3	0.108	0.003	<LQ	0.022	<LQ	0.011	<LQ	0.031	<LQ	0.014	<LQ	0.125	<LQ	<LQ
BTEX																	
Benzène	méthode interne	0.0014	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.003	<LQ	<LQ	<LQ	0.004	<LQ	<LQ
Toluène	méthode interne	0.0028	mg/m3	0.039	0.004	<LQ	0.021	<LQ	0.011	<LQ	0.028	<LQ	0.014	<LQ	0.050	<LQ	<LQ
Ethylbenzène	méthode interne	0.0028	mg/m3	0.006	<LQ	<LQ	0.003	<LQ	<LQ	<LQ	0.004	<LQ	<LQ	<LQ	0.007	<LQ	<LQ
m,p-Xylène	méthode interne	0.0028	mg/m3	0.039	<LQ	<LQ	0.018	<LQ	0.015	<LQ	0.020	<LQ	0.014	<LQ	0.036	<LQ	<LQ
o-Xylène	méthode interne	0.0028	mg/m3	0.010	<LQ	<LQ	0.005	<LQ	0.005	<LQ	0.007	<LQ	0.003	<LQ	0.011	<LQ	<LQ
Somme Xylènes	méthode interne	-	mg/m3	0.050	<LQ	<LQ	0.023	<LQ	0.019	<LQ	0.026	<LQ	0.017	<LQ	0.047	<LQ	<LQ
HAP																	
Naphtalène	méthode interne	0.003	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
COHV																	
Dichlorométhane	méthode interne	0.0069	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Trichlorométhane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Tétrachlorométhane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chlorure de Vinyle	méthode interne	0.0028	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Trichloroéthylène	méthode interne	0.0014	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.172	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Tétrachloroéthylène	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	0.024	<LQ	<LQ	<LQ	0.067	<LQ	0.007	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
1,1,1-Trichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.058	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
1,1,2-Trichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
1,1-Dichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
1,2-Dichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
cis-1,2-Dichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Trans-1,2-Dichloroéthane	méthode interne	0.0056	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	méthode interne	-	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
1,1-Dichloroéthène	méthode interne	0.0028	mg/m3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.033	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Légende :

ZM : Zone de mesure

ZC : Zone de contrôle

n.a. : Non applicable

Tableau 4 : résultats d'analyses sur les gaz de sol

a) Valeurs de référence pour les gaz des sols

Les concentrations en air ambiant, dans les conditions d'aménagement futur du site, en lots construits et en espaces ouverts attachés au Parc de voiries, sont modélisées à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol.

Les concentrations modélisées dans le milieu d'exposition (air intérieur et extérieur) sont à comparer, substances par substances, aux valeurs guides suivantes :

- aux valeurs réglementaires françaises et européennes définies pour l'air ambiant :
 - air extérieur : décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition de la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008) ;
 - air intérieur : décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 (annexe de l'article R221-29 du Code de l'Environnement) ;
- aux valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ;
- aux valeurs repères établies par le HCSP (Haut conseil de la santé publique) ;
- aux valeurs guides proposées par l'OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2010) et par le projet INDEX (Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU, 2005) ;
- aux valeurs de bruit de fond :
 - percentiles 90 issus de la campagne de mesures de 2006-2007 de l'Observatoire de la Qualité de l'Air
 - Intérieur (OQAI) dans les logements français (air intérieur et extérieur) ;
 - synthèse des données des associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ;
 - rapport INERIS DRC-08-94882-15772A de 2009 (air extérieur) ;
- aux valeurs repères R1, R2 et R3 pour l'air intérieur de l'INERIS (Date de mise à jour : Octobre 2021) :
 - R1 = valeurs de gestion qui sont par ordre de priorité, les valeurs réglementaires disponibles, les valeurs cibles ou repères du HCSP, les valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) de l'ANSES et, à défaut des VTR.
 - R2 = dans la plupart des cas équivalents aux valeurs réglementaires ou aux seuils d'action définis par le HCSP.
 - R3 = des VTR aigües disponibles pour les expositions aiguës sur une courte période.

b) Résultats et interprétation des analyses sur les gaz des sols

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence de concentrations en TPH, BTEX et/ou COHV sur l'ensemble des piézajets, mais seuls les piézajets PG5 et PG7 présentent des teneurs en benzène (respectivement 0.003 et 0.004 mg/m³) et en trichloroéthylène (0.172 mg/m³) supérieures aux valeurs de référence pour l'air intérieur R1 et R2 de l'INERIS.

Ce constat est conforme au fait que les piézajets PG5 (parcelle HO74) et PG7 (HO6) se trouvent sur des zones dépolluées selon l'étude initiale HPC.

En l'absence de données sur les modalités de construction et de ventilation du bâti, les concentrations en polluants volatils dans l'air intérieur (et les risques induits) peuvent être estimées, dans un premier temps, en appliquant un facteur d'abattement de 95%, soit 5% de diffusion ((CAI/CGdS) au travers des dallages.

Ce facteur précautionneux a été établi par l'US-EPA sur la base d'un grand nombre de mesures effectuées pour diverses configurations constructives. Les concentrations ainsi estimées peuvent être jugées a priori sécuritaires dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires.

Après l'application de ce facteur, les concentrations estimées dans l'air ambiant intérieur sont inférieures aux valeurs de référence.

Le blanc de transport a fait l'objet des mêmes analyses que les 9 autres échantillons. Tous ses résultats sont inférieurs au seuil de quantification du laboratoire : aucune contamination des échantillons n'a eu lieu pendant le transport.

Cependant, pour ce qui est du piézair PG2, un dépassement pour les hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (toluène) a été observé en zone de contrôle, indiquant ainsi une forte saturation du tube de charbon actif lors du prélèvement.

Extrait de la norme NF X43-267 : « Le prélèvement est considéré comme correct lorsque la quantité de polluant présente dans la deuxième zone du tube est inférieure à 5 % de celle déterminée dans la première ».

Dans notre cas, les concentrations en zone de contrôle sont supérieures à 5 %, ainsi la mesure reste sous-estimée pour les hydrocarbures aromatiques >C7-C8 sur le piézair PG2.

Dans le cadre d'une démarche sécuritaire, une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) sera réalisée dans le chapitre qui suit, afin de quantifier les risques sanitaires (inhalation de vapeur dans les futurs bâtiments et ingestion de sol) pour les futurs usagers du site.

Débit pompe : 0,2 L/min pendant 3 h, Volume = 36 L				AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Valeurs repères R1, R2 et R3 pour l'air intérieur de l'INERIS (mg/m3)			PG2		PG3		PG4		PG5		PG6		PG7		
				Bruit de fond (source QQAI (P90) ou INERIS, 2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source QQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	R1	R2	R3	PG2 / ZM + ZC	PG2 (abattement de 95%)	PG3 / ZM	PG3 (abattement de 95%)	PG4 / ZM	PG4 (abattement de 95%)	PG5 / ZM	PG5 (abattement de 95%)	PG6 / ZM	PG6 (abattement de 95%)	PG7 / ZM	PG7 (abattement de 95%)	
Paramètres																									
Méthode		LQ	Unité																						
Hydrocarbures aliphatiques C5-C16																									
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	18	180	-	0.108	<LO	<LO	<LO	<LO	0.058	0.003	<LO	<LO	<LO	<LO	0.069	0.003
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	18	180	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	1	10	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12		méthode interne	0.0556	mg/m3	0.0098	-	-	0.0336	-	1	10	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	1	10	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Somme Hydrocarbures aliphatiques		méthode interne	-	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.108	<LO	<LO	<LO	<LO	0.058	0.003	<LO	<LO	<LO	<LO	0.069	0.003
Hydrocarbures aromatiques C6-C16																									
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7		méthode interne	0.001	mg/m3	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.003	0.0001	<LO	<LO	0.004	0.0002	
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8		méthode interne	0.003	mg/m3	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	-	-	-	0.039	0.004	0.021	0.001	0.011	0.001	0.028	0.0014	0.014	0.0007	0.050	0.003	
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	0.2	180	-	0.069	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.072	0.004
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	0.2	10	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16		méthode interne	0.056	mg/m3	-	-	-	-	-	0.2	10	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Somme Hydrocarbures aromatiques		méthode interne	-	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.108	0.003	0.022	0.001	0.011	0.001	0.031	0.002	0.014	0.001	0.125	0.125	
BTEX																									
Benzène		méthode interne	0.0014	mg/m3	0.0022	0.005	0.0017	0.0057	0.002	0.002	0.01	0.03	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.003	0.0001	<LO	<LO	0.004	0.0002	
Toluène		méthode interne	0.0028	mg/m3	0.009	-	-	0.0469	-	20	20	21	0.039	0.004	0.021	0.001	0.011	0.001	0.028	0.0014	0.014	0.0007	0.050	0.003	
Ethylbenzène		méthode interne	0.0028	mg/m3	0.0021	-	-	0.0075	-	1.5	1.5	22	0.006	<LO	0.003	0.0001	<LO	<LO	0.004	0.0002	<LO	<LO	0.007	0.0003	
m,p-Xylène		méthode interne	0.0028	mg/m3	0.0056	-	-	0.022	-	0.2	-	-	0.039	<LO	0.018	0.001	0.015	0.001	0.020	0.0010	0.014	0.0007	0.036	0.002	
o-Xylène		méthode interne	0.0028	mg/m3	0.0023	-	-	0.0081	-	0.2	-	-	0.010	<LO	0.005	0.0002	0.005	0.0002	0.007	0.0003	0.003	0.0002	0.011	0.001	
Somme Xylènes		méthode interne	-	mg/m3	-	-	-	-	-	0.1	1	8.8	0.050	<LO	0.023	0.001	0.019	0.001	0.026	0.001	0.017	0.001	0.047	0.002	
HAP																									
Naphtalène		méthode interne	0.003	mg/m3	0.009	-	-	-	-	0.01	0.01	0.05	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
COHV																									
Dichlorométhane		méthode interne	0.0069	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Trichlorométhane		méthode interne	0.0056	mg/m3	0.0016	-	0.023	0.0033	-	0.01	0.063	0.15	5.5	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Tétrachlorométhane		méthode interne	0.0056	mg/m3	0.0024	-	0.25	0.0052	-	0.25	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Chlorure de Vinyle		méthode interne	0.0028	mg/m3	-	-	0.01	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Trichloroéthylène		méthode interne	0.0014	mg/m3	-	-	-	-	-	0.01	0.05	3.2	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.172	0.009	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Tétrachloroéthylène		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	0.25	1.25	1.38	<LO	<LO	0.024	0.001	<LO	<LO	0.067	0.003	0.007	0.0004	<LO	<LO	<LO
1,1,1-Trichloroéthane		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	1	5.5	5.5	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.058	0.003	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
1,1,2-Trichloroéthane		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
1,1-Dichloroéthane		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
1,2-Dichloroéthane		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
cis-1,2-Dichloroéthène		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	0.06	0.6	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Trans-1,2-Dichloroéthylène		méthode interne	0.0056	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes		méthode interne	-	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
1,1-Dichloroéthène		méthode interne	0.0028	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0.033	0.0017	<LO	<LO	<LO	<LO

Tableau 5 : résultats d'analyses dans les gaz de sol comparés aux valeurs repères

Légende :

ZM : Zone de mesure

ZC : Zone de contrôle

n.a. : Non applicable

Valeur > seuil retenu

3.4 SCHEMA CONCEPTUEL

Au stade de ces premiers résultats, le schéma conceptuel qui se dessine, dans la configuration projet est le suivant :

- Nappe très profonde et faiblement impactée, non retenue, à ce stade, pour être à l'origine de dégazages vers la surface, et donc de milieu de transfert,
- Gaz du sol, en tant que milieu intégrateur des anomalies sur les matrices sol, impactés en composés volatils dont Solvants, BTEX et HC, jouant le rôle de vecteurs de transfert pour une voie d'exposition par inhalation en composés volatils pour les futurs usagers sur site.

3.4.1 Méthodologie

L'ensemble des données recueillies est présenté sous la forme d'un schéma conceptuel initial qui synthétise les informations suivantes :

- Les zones potentielles de pollutions identifiées au droit du site en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances présentes ;
- Les voies de transfert et les milieux d'exposition potentiels ;
- Les voies d'exposition potentielles pour les usagers du site et hors site (habitants, travailleurs, ...).

Ce schéma conceptuel initial permet, dans le cadre d'un scénario d'usage et d'aménagement précis, d'évaluer de manière qualitative les risques liés à la qualité du sous-sol.

3.4.2 Zones Potentielles de Pollution (ZPP)

D'après l'analyse des données issues de la visite de site et de l'étude historique, documentaire et mémorielle, il y a plusieurs zones potentielles de pollutions au droit du site :

- en partie Est, une majorité de parcelles en friche industrielle (ancienne marbrerie, ancien atelier de serrurerie et menuiserie métallique, ancien atelier mécanique...),
- en partie Sud, des parcelles à l'état de friche (Anciennes activités de fabrication de produits explosifs et inflammables, ancienne habitation, ancienne usine Kodak...),
- en partie centrale, une friche (ancienne usine Philips).

3.4.3 Pollutions potentielles hors-site

D'après l'analyse des piézomètres situés sur la parcelle de l'usine Murata, la nappe très profonde est faiblement impactée en solvant.

3.4.4 Voies de transfert

Au vu de la configuration actuelle du site, les voies de transfert retenues sont :

- Le dégazage des composés volatils sol/nappe et sol/air ambiant ;
- Au droit des espaces enherbées, l'envol de poussières.

3.4.5 Cibles concernées dans l'état actuel avec fin de l'activité

- Au droit du site : futurs usagers de la ZAC (adultes travailleurs, adultes et enfants résidents).
- Hors du site : habitants, travailleurs, écoles.

Au regard de la ZPP et des voies de transfert retenues, le tableau ci-après liste les voies d'exposition possibles identifiées d'après les informations intégrées dans le présent rapport. :

Voie de transferts potentielle		Milieu d'exposition	Voie d'exposition	Cibles concernées		Conclusion	
Primaire	Secondaire			Sur site (futurs usagers de la ZAC)	Hors site (riverains, écoles, travailleurs)	Risque d'exposition possible ?	Justification
		Sol de surface	Ingestion de sol	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Oui	Au niveau des sols non imperméabilisés.
Envol de poussières		Air ambiant	Inhalation/Ingestion de poussières	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Oui	
Dégazage		Air ambiant intérieur	Inhalation air (en phase chantier et exploitation)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Oui	Dégazage de composés volatils contenus dans les remblais de mauvaise qualité chimique (présence de composés volatils dans les sols et gaz de sol ponctuellement sur certaines parcelles)
		Air ambiant extérieur		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Oui	Dégazage de composés volatils contenus dans les remblais de mauvaise qualité chimique (présence de composés volatils dans les sols et gaz de sol ponctuellement sur certaines parcelles) (exposition moins pénalisante par rapport à l'exposition air ambiant intérieur)
Perméation		Eau du réseau	Ingestion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	

	Dégazage de l'eau du réseau	Air ambiant	Inhalation lors de l'utilisation de l'eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Aucune fuite éventuelle du réseau d'acheminement de l'eau potable n'a été portée à la connaissance de Setec hydratec.
Bioaccumulation		Légumes auto-produits, bétail...	Consommation de légumes auto-produits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Oui	Présence potentielles de futurs jardins potagers sur les parcelles non localisés à ce stade.
		Cultures agricoles	Consommation de légumes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Oui	
Migration verticale (Transfert sol => nappe)		Eaux souterraines sur site	Ingestion d'eau /Inhalation / Irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Nappe très profonde (à plus de 45 m). L'eau souterraine est exploitée pour un usage industrielle au droit et à proximité du site.
	Dégazage	Air ambiant intérieur	Inhalation air (en phase chantier et exploitation)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Nappe profondeur (attendue à 45 m environ) très faiblement impactée en solvant (dégazage négligeable)
		Air ambiant extérieur	Inhalation air	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	
Migration latérale (Transfert convectif nappe => ouvrage souterrain)	Dégazage	Air ambiant intérieur	Inhalation air	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Nappe profondeur (attendue à 45 m environ) très faiblement impactée en solvant (dégazage négligeable)

Tableau 6 : Analyse des voies d'exposition et de transferts pour l'élaboration du schéma conceptuel

4. ETUDE QUANTITATIVE DU RISQUE SANITAIRE (A320)

4.1 ANALYSE DES RISQUES ET APPROCHE GENERALE

L'exposition à une ou plusieurs substances chimiques peut avoir un impact sanitaire important, la quantification de ces risques est réalisée à partir d'une évaluation quantitative qui permet de statuer sur la nocivité d'une substance en quantifiant la probabilité qu'un effet adverse pour la santé survienne, selon la démarche suivante :

- Caractérisation du site et identification du danger,
- Evaluation de la toxicité des substances,
- Evaluation de l'exposition des populations,
- Caractérisation du risque.

Au regard du projet d'aménagement (logements, bureaux et parc), les voies d'exposition par inhalation de substances volatiles et par ingestion de sol contaminé sont retenues au stade de l'EQRS.

Afin d'apporter une réponse la plus adaptée possible au projet, setec hydratec a réalisé des évaluations des concentrations dans les milieux d'exposition par le biais de plusieurs modélisations qui ont pris en compte une pièce destinée à la fréquentation des adultes et enfants résidents ainsi que la zone à l'extérieur avec affleurement des terres.

Pour modéliser le transfert des polluants volatils du sol vers ces zones, nous avons utilisé le logiciel MODUL'ERS. Ce logiciel de l'INERIS permet d'estimer les concentrations dans les milieux, les niveaux d'exposition et aussi les niveaux de risque en fonction du temps à partir des équations décrites dans le manuel intitulé « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions », 2010 ; cf. annexe 3).

Dans le cadre du **transfert gaz du sol vers l'air ambiant intérieur et extérieur**, le modèle choisi se base sur une source de polluants affleurant à la surface du sol (équations de de Jury et al. 1984 et 1990). Les données d'entrées clés saisies dans MODUL'ERS sont résumées dans les paragraphes qui suivent; les valeurs physico-chimiques sont issues du guide « Paramètres physico-chimiques des substances prédéfinies dans le logiciel MODUL'ERS (INERIS, 2015) ou du portail des substances chimiques de l'INERIS », alors que les équations sont décrites dans le guide « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » de l'INERIS (2010).

4.2 SUBSTANCES ET CONCENTRATIONS RETENUES

Les investigations sur les milieux sol, gaz du sol et eaux souterraines ont été réalisées au droit des zones où des sources de pollution ont été identifiées et au regard du futur projet d'aménagement : Les analyses réalisées sur site ont permis d'identifier les substances auxquelles sont exposés les futurs usagers du site, à savoir les futurs adultes travailleurs, adultes et enfants fréquentant le site.

Les substances volatiles détectées dans les gaz de sol (teneurs supérieures aux limites de quantification du laboratoire) sont considérées en leur totalité pour évaluer les concentrations inhalées dans l'air intérieur des futurs bâtiments.

Le fait d'utiliser les concentrations dans les gaz du sol permet d'une part de s'affranchir de calcul du dégazage sol/gaz du sol, connu pour surestimer les risques, et d'autre part d'intégrer le dégazage des sols et des eaux souterraines.

Les concentrations identifiées et retenues sont celles représentant la valeur maximale au droit de chaque piézair et sont extrapolées à l'ensemble des espaces extérieurs selon une approche sécuritaire.

Les piézairs présentant les valeurs maximales en polluants sont PG2, PG5 et PG7.

Si le calcul du risque est acceptable pour les valeurs sélectionnées issues des piézaires les plus pénalisants, on considérera que notre démarche est sécuritaire et que les résultats sont représentatifs sur l'ensemble de la zone d'occupation.

Les concentrations en polluants dans l'air extérieur au droit du futur parc ont été calculées à la base des données issues du piézair PG5 situé à proximité immédiate du futur parc.

Les substances et concentrations retenues sont données dans le tableau ci-après :

	PG2	PG5	PG7
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/m³)			
Benzène	-	0.003	0.004
Toluène	0.039	0.028	0.05
Ethylbenzène	0.006	0.004	0.007
Xylènes totaux	0.05	0.026	0.047
HYDROCARBURES TOTAUX (mg/m³)			
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	0.108	-	0.069
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (benzène)	-	0.003	0.004
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (Toluène)	0.039	0.028	0.05
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	-	-	0.072
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/m³)			
Tétrachloroéthylène	-	0.067	-
Trichloroéthylène	-	0.172	-
1,1,1-trichloroéthane	-	0.058	-
1,1-Dichloroéthène	-	0.033	-

Tableau 7 : Substances retenues dans les gaz de sol pour le calcul du risque.

4.3 SELECTION DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

Les VTR retenues sont issues du site « substances.ineris.fr ». Quand elles sont mentionnées, les références bibliographiques présentées par l'ANSES ou l'INERIS, sont retenues en priorité, selon les règles suivantes issues de la démarche proposée par la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence :

Le choix des VTR s'effectue parmi les huit bases de données suivantes : ANSES, US EPA, ATSDR, OMS/IPCS, RIVM, Santé Canada, OEHHA et EFSA.

Si ces bases de données ne proposent qu'une seule VTR finalisée, celle-ci est automatiquement retenue.

Dans le cas contraire, les VTR conduites par l'ANSES sont en premier lieu sélectionnées.

En l'absence de VTR proposée par l'ANSES, la VTR la plus récente parmi les trois bases de données que sont (et dans cet ordre), l'US-EPA, l'ATSDR et l'OMS est retenue.

Si aucune VTR n'est proposée par ces quatre organisme, la VTR la plus récente par les bases de données santé Canada, RIVM OEHHA et EFSA est retenue.

Une vérification de l'actualité scientifique des VTR a été réalisée par Setec Hydratec, en consultant le portail de l'INERIS.

Ces bases de données donnent explicitement, les modes de calculs et hypothèses employées pour l'établissement des VTR qu'elles proposent (facteurs de sécurité, organe cible, durée de l'étude).

Les VTR utilisées sont ainsi présentées dans le tableau ci-après.

Substances	VTR à seuil (mg/m ³)	Source	VTR sans seuil (mg/m ³) ⁻¹	Source
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES				
Benzène	0.01	ANSES, 2008	0.026	ANSES, 2014
Toluène	19	ANSES, 2017	-	-
Ethylbenzène	1.5	ANSES, 2016	0.0025	OEHHA, 2008
Xylènes totaux	0.2	ANSES, 2010/ATSDR, 2007	-	-
COMPOSÉS ORGANIQUES HALOGÉNÉS VOLATILS				
Tétrachloroéthylène	0.4	ANSES,2018	2.6E-4	ANSES,2018
Trichloroéthylène	3.2	ANSES,2018	1E-3	ANSES, 2018
1,1,1-trichloroéthane	1	OEHHA, 2008	-	-
1.1-Dichloroéthène	0.004	ATSDR, 2022	-	-
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH				
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	18.4	TPHCWG, 1997	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	0.2	TPHCWG, 1997	-	-

Les VTR non disponibles ne sont pas renseignées (-)

Tableau 8 : Valeurs toxicologiques de référence

4.4 RECEPTEURS : LES CIBLES

Les cibles considérées sont les adultes travailleurs et les adultes et enfants résidents amenés à être présents quotidiennement au droit du site.

4.5 SCENARII D'EXPOSITION RETENUS

Le tableau ci-après résume les scénarii retenus au regard de l'usage futur du site :

Identification des zones à occupation permanente	Niveau	Les usages identifiés	Identification des individus	Voies d'exposition
Bâtiments sans niveau de sous-sol, de type bureaux	RDC	Bureaux	Adultes travailleurs.	Inhalation de vapeurs à l'intérieur du RDC du bâtiment
Bâtiments sans niveau de sous-sol, de type logement	RDC	Logement	Adultes et enfants résidents.	
Espaces extérieurs	-	Espaces paysagers , parc	Adultes et enfants résidents, adultes travailleurs.	<ul style="list-style-type: none">- Inhalation de vapeurs au droit des espaces extérieurs,- Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières de sol (non pris en compte : la voie d'exposition est négligeable par rapport à la voie inhalation de polluants sous forme gazeuse),- Ingestion de sol et de poussières,- Ingestion de végétaux contaminés (non prise en compte : aménagement non prévu dans le cadre du projet).

Tableau 9 : Scénarii d'études retenus au droit du site

4.6 CRITERES D'ACCEPTABILITE DES RISQUES PAR INHALATION

Pour les voies de transfert d'inhalation de vapeurs, conformément à la méthodologie nationale, les critères d'acceptabilité des risques sont les suivants :

- pour les composés à effets de seuil :
Quotient de danger (QD) <1.
- pour les composés à effets sans seuils :
Excès de Risque Individuel pour l'Inhalation (ERI) < 10⁻⁵.

4.7 CALCUL DES CONCENTRATIONS ET COMPARAISONS AUX VALEURS REGLEMENTAIRES

4.7.1 Données d'entrées de modélisation

Les données et paramètres sont les suivants :

a) Nature de sols

La nature des sols choisis pour caractériser au mieux les terrains rencontrés sur site, a été établie à partir des coupes des terrains des piézais, qui indique la présence, entre autres, de remblai dans une matrice sableuse.

b) Budget espace-temps :

Dans le cadre de cette étude et au regard des scénarios d'exposition, les calculs ont été effectués pour les scénarii les plus pénalisants :

- des usagers adultes restants 24h sur 24 dans leur maison, 350 jours par an pendant 30 ans,
- des enfants, restants 24h sur 24 dans leur maison, 350 jours par an pendant 6 ans,
- Des adultes et enfants fréquentant le parc 2h/jour 350 jours par an pendant 30 ans.

c) Caractéristiques du bâtiment

Des valeurs réalistes, mais plus généralement sécuritaires (majorantes), ont été choisies.

Les caractéristiques physiques de la zone type exposée sont données dans le tableau suivant :

Paramètres	Donnée retenue	Commentaire
Surface totale	18 m ²	Zone de 8 m*8 m et de 2,8 m de hauteur
Volume	179.2 m ³	
Epaisseur du dallage	15 cm	Donnée standard pour ce type d'aménagement
Taux de ventilation	1 vol/h	Ventilation mécanique minimale

Tableau 10: Caractéristiques du bâtiment

	Valeurs	Unités	Origine
Paramètres des sols non saturés			
Teneur en air du sol	0.4	-	Caractéristique d'un sol de type sable proposée par Johnson & Ettinger
Teneur en eau	0.04-0.23	-	
Profondeur de la source gaz du sol	0.5	m	On considérera la source gaz du sol affleurante sous la dalle béton

Tableau 11 : Données requises pour le modèle d'émission de vapeurs depuis les sols vers l'intérieur des bâtiments

Pour l'usage considéré, les paramètres généraux caractérisant l'exposition des différentes cibles ou récepteurs pour le futur projet sont renseignés ci-après, selon les indications fournies par l'INERIS :

	Valeurs	Unités	Origine
Paramètres des sols non saturés			
Teneur en air du sol	0.4	-	Caractéristique d'un sol de type sable proposée par Johnson & Ettinger
Teneur en eau	0.04-0.23	-	
Profondeur de la source gaz du sol	-	m	On considérera la source gaz du sol affleurante au droit des espaces verts non recouverts.
Paramètres liés aux aménagements extérieurs			
Longueur de la zone polluée	30	m	Plus grande longueur « polluée » sur le terrain
Vitesse du vent en extérieur	1	m.s ⁻¹	Hypothèse classique

Tableau 12 : Données requises pour le modèle d'émission de vapeurs depuis les sols vers les espaces extérieurs non recouverts

La source de pollution gaz de sol, a été considérée en limite affleurante sous la dalle béton des bâtiments et sous les vides sanitaires. Le calcul du transfert des vapeurs vers l'air extérieur, au droit des espaces paysagers, se fait par l'intermédiaire du modèle « boîte » qui considère que la longueur de la boîte est égale à la longueur de la source de pollution (retenue 30 m dans ce cas d'étude).

Dans le cadre d'une démarche sécuritaire, le scénario de recouvrement par de la terre végétale, l'enrobé ou par une dalle béton n'a pas été pris en compte.

La concentration dans l'air intérieur pendant la fraction de temps est la même pour les cibles considérées (adultes et enfants résidents) quelle que soit leur hauteur de respiration, ainsi la valeur modélisée est une valeur unique pour l'ensemble des élèves et adultes.

Cependant, les concentrations en polluants modélisées dans l'air extérieur diffèrent selon la hauteur de la cible (1.5 m en moyenne pour les adultes et 1 m pour les enfants).

d) Résultats du calcul des concentrations en air ambiant

Les concentrations des différentes substances (concentrations sous forme gazeuse) obtenues par modélisation sur MODUL'ERS, avec le module Johnson et Ettinger, sont présentées comme suit :

Substances	Concentrations substances air ambiant intérieur des futurs logements (mg/m³)			Valeurs repères R1, R2 et R3 pour l'air intérieur de l'INERIS (mg/m³) (Date de mise à jour : Octobre 2021)		
	Scénario 1 (à l'intérieur des logements au droit PG2)	Scénario 2 (à l'intérieur des logements au droit du PG5)	Scénario 3 (à l'intérieur des logements au droit du PG7)			
				R1	R2	R3
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/m³)						
Benzène	-	2.13E-4	2.84E-4	2E-3	1E-2	3E-2
Toluène	5.54E-3	1.99E-3	3.55E-3	20	21	21
Ethylbenzène	8.4E-4	2.8E-4	4.9E-4	1.5	15	22
Xylènes totaux	7.08E-3	1.84E-3	3.33E-3	0.1	1	8.8
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/m3)						
tétrachloroéthylène	-	4.67E-3	-	0.25	1.25	1.38
trichloroéthylène	-	1.21E-2	-	0.01	0.05	3.2
1,1,1-trichloroéthane	-	4.08E-3	-	1	5.5	5.5
1,1-Dichloroéthène	-	1.34E-3	-	-	-	-
HYDROCARBURES TOTAUX (mg/m³)						
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	1.55E-2	-	4.95E-3	18	180	-
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	-	-	5.17E-3	0.2	180	-

Tableau 13 : Concentrations des substances modélisées au droit des espaces intérieurs.

Après comparaison des concentrations modélisées dans le milieu d'exposition (intérieur (RDC) des futurs bâtiments), **les concentrations modélisées sont inférieures aux valeurs guides d'air intérieur, à l'exception de la concentration modélisée en trichloroéthylène pour les futurs logements au droit de PG5 (partie ouest de la parcelle HO74).**

Substances	Concentrations modélisées dans l'air ambiant extérieur au droit du futur parc (mg/m³)		AIR EXTERIEUR		
	Enfants	Adultes	Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS, 2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/m³)					
Benzène	4.31E-5	2.87E-5	2.2E-3	0.005	0.0017
Toluène	3.98E-4	2.65E-4	0.009	-	-
Ethylbenzène	4.9E-5	3.26E-5	0.0021	-	--
Xylènes totaux	3.61E-4	2.4E-4	-	-	
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/m3)					
tétrachloroéthylène	7.87E-4	5.25E-4	-	-	-
trichloroéthylène	2.22E-3	1.48E-3	-	-	-
1,1,1-trichloroéthane	7.38E-4	4.92E-4	-	-	-
1,1-Dichloroéthène	4.85E-5	3.23E-5	-	-	-

Tableau 14 : Concentrations des substances modélisées au droit du futur parc.

Après comparaison des concentrations modélisées dans le milieu d'exposition (air ambiant extérieur), **les concentrations modélisées sont inférieures aux valeurs guides d'air extérieur.**

4.8 QUANTIFICATION DU RISQUE

Le tableau suivant reprend l'ensemble des résultats obtenus pour le scénario retenu : l'exposition des individus est calculée pour les risques sans seuil (risques cancérigènes) et avec seuil (risques non cancérigènes), en cumulant les risques, sans prise en compte de l'organe cible pour maximaliser les risques et sécuriser les résultats.

Les résultats sont présentés ci-après.

Zones d'études	Quotient de danger (QD)		Excès de risque individuel (ERI)	
	Adultes	Enfants	Adultes	Enfants
Scénario 1 (inhalation air ambiant intérieur des logements au droit PG2)	3.52E-2	3.52E-2	travaillII2E-6	
Scénario 2 (inhalation air ambiant intérieur des logements au droit du PG5)	3.23E-1	3.23E-1	1.88E-5	
Scénario 3 (inhalation air ambiant intérieur des logements au droit du PG7)	6.81E-2	6.81E-2	8.18E-6	
Scénario 4 (Inhalation air ambiant extérieur au droit du futur parc (au droit de PG5))	1.16E-3	1.73E-3	2.04E-7	
Seuil	1,00		1,00E-05	

Tableau 15 : Synthèse des QD et ERI pour les adultes et enfants résidents pour l'ensemble des scénarii

Un dépassement apparaît pour les substances cancérigènes pour le scénario de construction de logements de plain-pied au droit du lot représenté par le piézair PG5. C'est le TCE qui tire le risque et représente 61% du risque total pour ce scénario.

Au regard des résultats obtenus :

- l'usage n'est pas compatible avec l'état des milieux pour la voie inhalation de vapeurs à l'intérieur des bâtiments de logements de plein pied, pour les enfants et les adultes résidents au droit du lot représenté par le piézair PG5,
- l'usage est compatible avec l'état des milieux pour la voie inhalation de vapeurs à l'intérieur des bâtiments de logements de plein pied, pour les enfants et les adultes résidents au droit du lot représenté par les piézairs PG2 et PG7,
- l'usage est compatible avec l'état des milieux pour la voie inhalation de vapeurs à l'extérieur (parc) pour les enfants et les adultes fréquentant le futur parc.

L'ensemble de ces éléments nous indique que des mesures d'ordre sanitaire sont à envisager au droit des logements sur le lot représenté par PG5, au regard des résultats de calcul de risques obtenus.

4.9 MESURES CONSTRUCTIVES D'ORDRE SANITAIRE

Au stade d'avancement du projet, pour le scénario résidentiel au droit du piézair PG5, l'EQRS a indiqué que les concentrations mesurées dans les gaz de sol (voie d'exposition par inhalation de gaz de sol) ne sont pas compatibles en tout point avec les usages projetés. La substance tirant le risque est le trichloréthylène (TCE) identifié dans les gaz de sol.

Le calcul de risque a été repris pour ce scénario en appliquant un taux de ventilation mécanique à 3 v/h.

Une ventilation mécanique renforcée permettra d'obtenir des teneurs résiduelles acceptables avec un QD et ERI en dessous des seuils de risque.

Zones d'études	Quotient de danger (QD)		Excès de risque individuel (ERI)	
	Adultes	Enfants	Adultes	Enfants
Scénario 2 (inhalation air ambiant intérieur des logements au droit du PG5)	1.24E-1	1.24E-1	6.27E-6	
Seuil	1,00		1,00E-05	

Tableau 16 : Synthèse des QD et ERI pour les adultes travailleurs et enfants résidents pour le scénario logement au droit du piézair PG5 avec une ventilation mécanique à 3 v/h

Il n'est dicté de mesures constructives spécifiques pour le Par cet voiries, sur la voie d'exposition par inhalation de composés volatils.

4.10 ANALYSE DES INCERTITUDES

L'analyse des incertitudes est un outil d'aide à la décision indispensable. Toutes les étapes de la démarche sont porteuses d'incertitudes, ces incertitudes influencent les résultats obtenus et les conclusions.

4.10.1 Programme d'investigation et délimitation géographique

L'EQRS réalisée intègre la campagne de prélèvement gaz du sol, dimensionnée en tenant compte de l'état des connaissances sur l'occupation et l'aménagement actuel/ancien et futur du site, la présence de sources potentielles ou avérées de pollution, mais également des contraintes particulières notamment liées aux accès et à la présence de réseaux et d'infrastructures.

Elle repose sur l'exhaustivité, la fiabilité des informations obtenues et l'accès à l'objectif.

Les études historiques, documentaires et de vulnérabilité et des diagnostics de sols, gaz de sol et eaux souterraines ont été réalisées dans le cadre des études antérieures. Seuls les piézairs implantés en fonction des impacts en polluants volatils dans les sols ont été considérés dans le cadre de l'évaluation des risques.

Néanmoins une incertitude persiste sur la présence d'anciennes activité/sources potentielles de pollution non identifiées au droit du site.

Un piézair n'a pas pu être implanté au droit de la parcelle HM21 au droit d'une cuve enterrée fuyarde en raison de l'absence d'autorisation d'accès. Cette parcelle devra faire l'objet d'investigations complémentaires et d'un plan de gestion.

Cela dit, on est dans une situation sous-estimant le risque puisqu'il n'est pas à exclure qu'une zone à plus fortes concentrations puisse exister et n'ait pas pu être identifiée par le maillage/prélèvements réalisé sur site.

4.10.2 Prélèvements des échantillons

Une incertitude demeure sur la perte éventuelle de composés par volatilisation ou transformation, liée aux différentes étapes de prélèvement, conditionnement et conservation.

Les prélèvements de gaz de sol sur site ont été réalisés conformément à la méthodologie recommandée par le guide du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et par les normes NF ISO 18400-101 à 104 de décembre 2017 pour les sols et la norme NF ISO 18400-204 de juillet 2017 pour les gaz de sol, les incertitudes liées aux prélèvements sont ainsi minimisées.

a) Substances et concentrations retenues

Les substances sélectionnées pour le calcul du risque d'inhalation de vapeurs sont les molécules composés limites de quantification du laboratoire ; cette matrice est considérée comme un milieu intégrateur.

Il a été considéré l'ensemble des résultats d'analyses sur les gaz de sol réalisées par Ginger Burgeap en avril 2024 et aucune modélisation n'a été réalisée à partir des teneurs enregistrées dans les sols pour avoir une extrapolation des teneurs en substances volatiles dans les gaz de sol.

Les concentrations sélectionnées pour chaque substance retenue sont les maximas enregistrés pour l'ensemble des piézairs par lot.

Ces valeurs ne sont pas forcément représentatives de tout le site, puisque d'autres concentrations plus importantes peuvent exister ; cependant les valeurs maximales mesurées ont été sélectionnées et appliquées, ce qui surestime le risque.

Aucun dépassement n'a été observé sur les blancs de transport.

Cependant un dépassement a été observé sur la zone de contrôle pour le piézair PG2. Les concentrations en polluants dans les gaz de sol pour ce piézair est sous-estimé.

b) Analyses en laboratoire

Le programme analytique a été élaboré sur la base des informations recueillies lors des études historiques antérieures. Les résultats de cette étude sont ainsi limités aux substances recherchées, une incertitude demeure sur la présence éventuelle de composés au droit du site, non recherchés dans le cadre du programme établi.

Chaque résultat d'analyse présente une incertitude liée aux protocoles mis en œuvre par le laboratoire. Dans un objectif de représentativité, les analyses ont été réalisées dans un laboratoire possédant les accréditations reconnues COFRAC. Les méthodes choisies sont des méthodes normées internationales (ISO ou équivalent) conformément aux exigences en la matière.

c) Conditions de prélèvements

Les conditions météorologiques influencent les mesures réalisées sur les gaz de sol. Un terrain humide ou sec donnera deux résultats différents. La campagne de prélèvements de gaz de sol a été réalisée en avril 2024, dans les conditions météorologiques hivernales, ce qui pourrait sous-estimer les risques.

4.10.3 Incertitudes liées aux choix des VTR

Le choix des VTR s'est basé sur les recommandations présentées dans la Circulaire DGS/EA1/DGPR n°2014-307 du 31 octobre 2014, elle présente un ordre de priorité pour la sélection des VTR.

Le choix des VTR pour les TPH a été réalisé selon les préconisations du TPHCWG.

Les substances n'ayant pas de VTR disponibles pour certains effets n'ont pas été intégrées dans le calcul du risque.

4.10.4 Incertitudes liées aux caractéristiques des sols

En incertitudes, la modélisation des gaz du sol dans l'habitation a été estimée en considérant la présence de sable pour représenter les remblais anthropiques. Ce type de terrain est plus favorable au dégazage.

4.10.5 Incertitudes liées aux dimensions des bâtiments

En l'absence de données précises sur les caractéristiques des futurs bâtis, il a été fait le choix de considérer des valeurs classiques (généralement pénalisantes).

De manière générale les calculs de risque ont été réalisés avec les dimensions réelles pénalisantes.

4.10.6 Ventilation

En l'absence de valeur pour la ventilation, le taux de renouvellement de l'air intérieur retenu pour les bâtiments sans niveau de sous-sol correspond à une ventilation naturelle évaluée à $2,8E-04$ v/s (1 v/h), conformément aux pratiques en la matière.

4.10.7 Incertitudes liées à la modélisation

Modélisation des vapeurs à l'intérieur des bâtiments

La modélisation du transfert des vapeurs du sol vers l'air intérieur des bâtiments a été estimée avec le logiciel MODUL'ERS. Le logiciel utilise Johnson et Ettinger comme modèle. La source sol a été considérée comme infinie, c'est-à-dire que la source d'exposition ne décroît pas au cours du temps et donc aucune atténuation des teneurs n'est enregistrée.

Ce choix de calcul est majorant, il considère un scénario extrême d'exposition concernant une source infinie.

Incertitudes budget espace-temps

Concernant le temps d'exposition en intérieur pour le scénario résidentiel, il a été appliqué les durées d'exposition définies par l'INERIS, valeurs réalistes utilisées dans les hypothèses d'étude de risque pour ces types d'aménagements.

Pour l'usage résidentiel, en l'absence de données sur la configuration des habitations, les hypothèses suivantes ont été prises en compte : habitation individuelle de plain-pied (sans sous-sol), pièce d'une superficie de 18 m², (dimensions de 8 m*8 m et de 2,8 m de hauteur). Ces hypothèses sont conservatives.

4.10.8 Conclusions sur les incertitudes

Tous les paramètres présentés et analysés dans cette partie peuvent influencer la quantification du risque sanitaire, pour certains le risque sera sous-estimé et majorant pour d'autres.

En tenant compte des incertitudes identifiées, les calculs peuvent être considérés majorants et donc sécuritaires.

5. PROPOSITION DE MESURES DE GESTION ET BILAN COUTS/AVANTAGES (A330)

5.1 DEMARCHE ET OBJECTIF

Les résultats d'analyses sur les gaz du sol indiquent que le site est compatible avec l'aménagement envisagé, sous réserve de la mise en place de mesures constructives au droit du futur lot sur la parcelle HO74, mais, indépendamment de ce calcul de risque sanitaire défini dans l'état actuel des sols et gaz du sols impactés, les sources de pollution concentrées doivent faire l'objet de mesure réglementaires de gestion, au sens de la méthodologie nationale en matière de sites et sols pollués, dans la perspective d'une amélioration de la qualité des milieux.

5.1.1 Cadre réglementaire

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites pollués, l'objectif d'un plan de gestion est de proposer un ensemble de mesures de gestion de la pollution le plus adapté à la situation, permettant :

- De supprimer si possible les sources concentrées et d'améliorer la qualité des milieux, dans un esprit de préservation globale de la qualité des milieux (maîtrise des sources).
- De s'assurer que, si les sources de pollution ne peuvent pas être entièrement supprimées, les impacts sur les milieux environnants des sources de pollution présentes sur le site sont bien maîtrisés, par rapport à des usages donnés (maîtrise des impacts).
- De garantir un état des milieux compatible d'un point de vue sanitaire avec l'usage du site et de son environnement.

Les mesures les plus pertinentes sont comparées selon des critères techniques et organisationnels, économiques, d'hygiène et de sécurité, politiques et sociétaux, juridiques et réglementaires : c'est le bilan coûts-avantages.

Ce bilan est un outil d'aide à la décision qui permet d'identifier les solutions de gestion reposant sur le meilleur compromis entre ces critères, en tenant compte des points de vue des acteurs impliqués (exploitant du site, administration, etc.).

Dans tous les cas, pour être valides, les solutions de gestion retenues doivent aboutir à un site compatible, en terme sanitaire, avec son usage et son environnement. Cette validation est réalisée par une analyse des enjeux sanitaires permettant de valider les objectifs de réhabilitation.

Il est rappelé que les propositions de mesures de gestion sont valables dans les limites actuelles de nos connaissances de la qualité des milieux (sols, eaux souterraines, gaz du sol, ...).

5.1.2 Spécificités du site et du projet

La démarche de gestion vise à faire ressortir la pertinence des scénarii de gestion des sols impactés dans le cadre du réaménagement au droit du site d'étude, selon deux objectifs conjoints :

- D'anticiper la gestion des matériaux excavés, avec réutilisation potentielle des terres,
- De garantir un état des milieux compatible d'un point de vue sanitaire et environnemental, avec l'usage futur du site et de son environnement.

5.2 CONTEXTE ET CADRAGE METHODOLOGIQUE SUR LES SOURCES CONCENTREES

5.2.1 Contexte

Conformément à la méthodologie des sites et sols pollués, il faut définir des seuils de réhabilitation, afin de gérer les sources de pollution concentrées, pour le milieu sol.

Ces objectifs de réhabilitation sont présentés ci-après.

5.2.2 Cadrage méthodologique

Conformément à la méthodologie des sites et sols pollués, la définition d'une source concentrée s'établit par au moins trois méthodes convergentes.

Il est réalisé un traitement statistique des données afin d'obtenir un objectif de réhabilitation pour le traitement des zones sources (pollutions concentrées) dans les sols uniquement.

L'objectif est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations.

Au regard de l'ensemble des données recueillis le traitement statistique s'appliquera pour les HCT C10-C40 et les HAP uniquement.

5.1 DEFINITION DES SOURCES CONCENTREES DANS LA NAPPE

La nappe calcaire du Bathonien est la première nappe attendue au droit du site, à plus de 45 m de profondeur avec un sens d'écoulement rayonnant selon deux axes.

Aucun captage AEP n'a été recensé à proximité du site. Cependant un captage abandonné, réalisé par l'entreprise Radiotechnique en 1965, est présent au droit du site, sur la parcelle HO73.

Au regard de la profondeur, de la lithologie et des sources de pollutions présentes au droit du site, la nappe est considérée peu vulnérable à une éventuelle pollution de surface.

Une campagne de prélèvements au droit de trois piézomètres existants sur le site de Murata a été réalisée le 4/06/2024 par la société Ginger Burgeap.

En synthèse, aucun impact significatif dans les eaux souterraines n'a été enregistré. Des concentrations peu significatives en solvants ont été détectées sur un piézomètre. Aucun ouvrage de pompage de la nappe n'est prévue dans le cadre du projet.

5.2 DEFINITION DES SOURCES CONCENTREES DANS LES GAZ DE SOL

Les gaz du sol ont été caractérisés à l'aide de piézairs afin de quantifier le dégazage des substances volatiles et semi-volatiles présentes dans les sols et/ou la nappe souterraine et vérifier la compatibilité du site avec les usages futurs.

Les piézairs ont été implantés par Setec Hydratec au droit des teneurs notables en composés organiques dans les sols détectées lors des études antérieures réalisés par HPC Environnement et en fonction du projet futur. Les investigations sur le milieu gaz du sol ont été réalisés le 29/04/2024.

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence de concentrations en TPH, BTEX et/ou COHV sur l'ensemble des piézairs : Seuls les piézairs PG5 et PG7 présentent des teneurs en benzène

(respectivement 0.003 et 0.004 mg/m³) et en trichloroéthylène (0.172 mg/m³) supérieures aux valeurs de référence pour l'air intérieur R1 et R2 de l'INERIS.

Au regard de l'EQRS réalisé dans le cadre du présent rapport, les concentrations en polluants mesurées dans les gaz du sol au droit des futurs espaces intérieurs et extérieurs ne sont pas en mesure d'induire un risque sanitaire pour les futurs usagers, sous réserve d'appliquer une ventilation mécanique à 3 v/h à l'intérieur des futurs bâtis sur le lot situé au droit du PG5 (parties ouest de la parcelle HO74).

5.3 DEFINITION DES SOURCES CONCENTREES DANS LES SOLS

On distinguera les sources concentrées en composés organiques, potentiellement volatils et donc préjudiciable d'un point de vue sanitaire, aux aménagements envisagés, des sources concentrées en métaux lourds qui seront examinées dans un chapitre spécifique en regard des opportunités de valorisation des terres à définir sur site.

Les sources concentrées en composés organiques sont ainsi présentées comme suit.

Des sources significatives en HCT et HAP sont présentes dans les sols.

Il est à rappeler que des concentrations significatives ont été détectées sur l'ensemble du site comme suit :

Pour les HCT

- D9 (0.35-0.45 m) à 4 900 mg/kg,
- HO74-S11 (0.03-0.3 m) à 2 070 mg/kg,
- HO73-S1 (0-0.5 m) à 1 730 mg/kg,
- HO52-S1 (0-0.5 m) à 20 700 mg/kg,
- HM21-S2B (2-3 m) à 2 010 mg/kg,
- F5 (1-2 m) à 2 800 mg/kg, F5 (2-3 m) à 5 800 mg/kg, F5 (3-3.9 m) à 1 400 mg/kg.

Pour les HAP

- HO56-S1 (0.03-0.4 m) à 191 mg/kg,
- HO74-S11 (0.03-0.3 m) à 191 mg/kg,
- HO73-S1 (0-0.5 m) à 172 mg/kg,
- HO74-S7 (0.03-0.4 m) à 186 mg/kg.

Pour les cyanures totaux

- D12 (0.25-0.8 m) à 95 mg/kg.

La définition des sources concentrées, et par voies de conséquence diffuses, est définie à partir de trois méthodes, dont l'objectif est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement.

Ces trois méthodes sont les suivantes :

- La première consiste à analyser la distribution des données afin de définir des gammes de concentration et de déterminer l'importance de la pollution à travers une approche statistique par histogramme de distribution ;
- La deuxième consiste à réaliser une analyse des percentiles;
- La troisième est établie sur une approche cartographique, selon des cartes de concentration, à partir des mesures effectuées sur le terrain à différentes profondeurs.

L'analyse qui suit intègre l'ensemble des résultats des campagnes antérieures.

5.3.1 Hydrocarbures totaux

a) Approche statistique par histogramme : unimodale ou multimodale et analyse des percentiles

La distribution des concentrations en HCT est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons avec des teneurs réduites entre 15 et 500 mg/kg en HCT assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 500 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

Par contre, 10 échantillons isolés sont observés à partir de la valeur de 1 500 mg/kg, et peuvent être assimilés à des pollutions concentrées singulières.

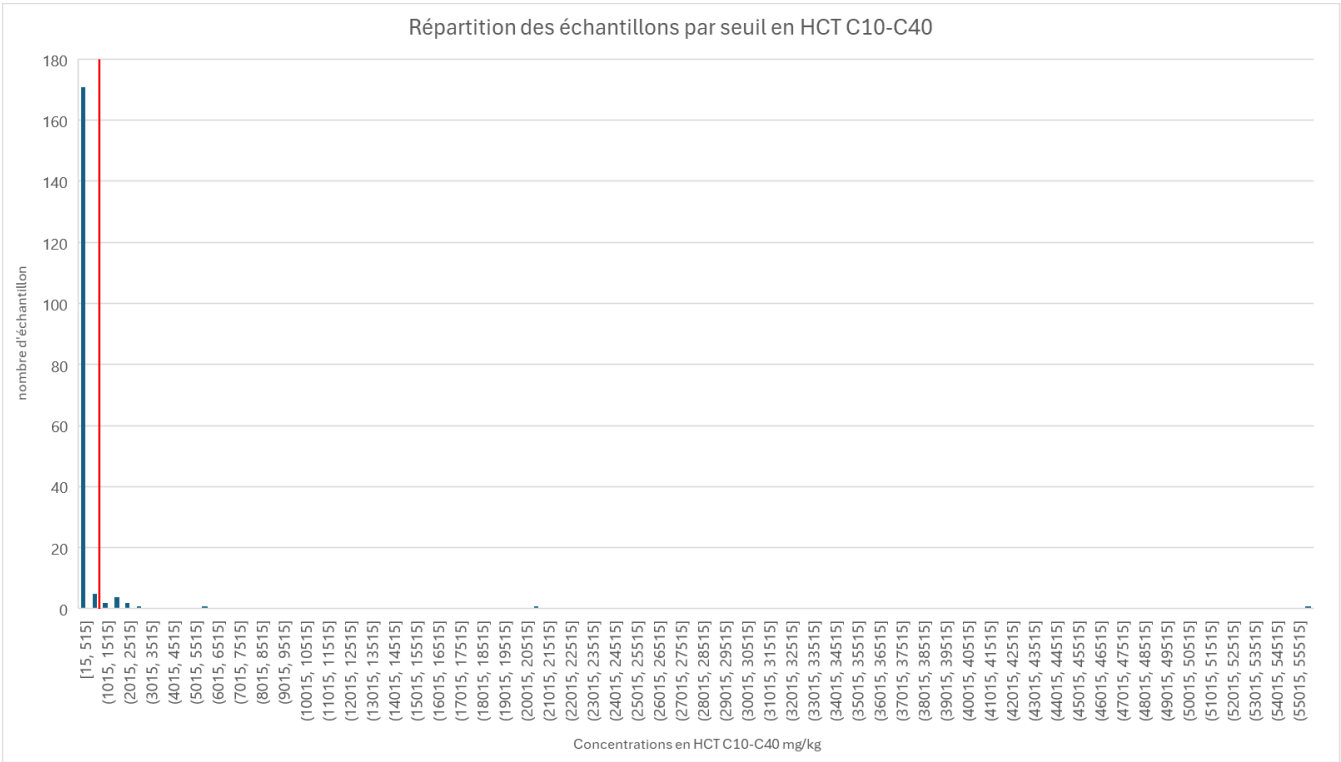


Figure 6 Répartition des échantillons par seuil en HCT C10-C40

En prenant en compte toutes les concentrations en HCT dans les sols, les percentiles de distribution calés sur une loi de distribution normale sont les suivants :

Percentile	Concentration en mg/kg
Percentile 50	34.7
Percentile 90	504
Percentile 95	1 037
Percentile 96	1 400
Percentile 98	2 040

Tableau 17 : Tableau des percentiles pour le HCT C10-C40 dans les sols

La percentile 98 à 2 040 mg/kg est très élevée et l'on peut considérer que les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 1 500 mg/kg environ, proche percentile 96.

b) Analyses des fréquences d'occurrence des concentrations

Le graphique ci-dessus présente, le seuil de coupure théorique pour les HCT C10-C40.

Le graphique met en relation la fréquence cumulée des concentrations en HCT en fonction de la gamme de concentrations.

Sur la base des données disponibles, un premier seuil de coupure identifié statistiquement pour les HCT C10-C40 est à 660 mg/kg (légèrement supérieur à 500 mg/kg (seuil ISDI)).

Un deuxième décrochement des données est observé à 2 160 mg/kg (figure ci-après).

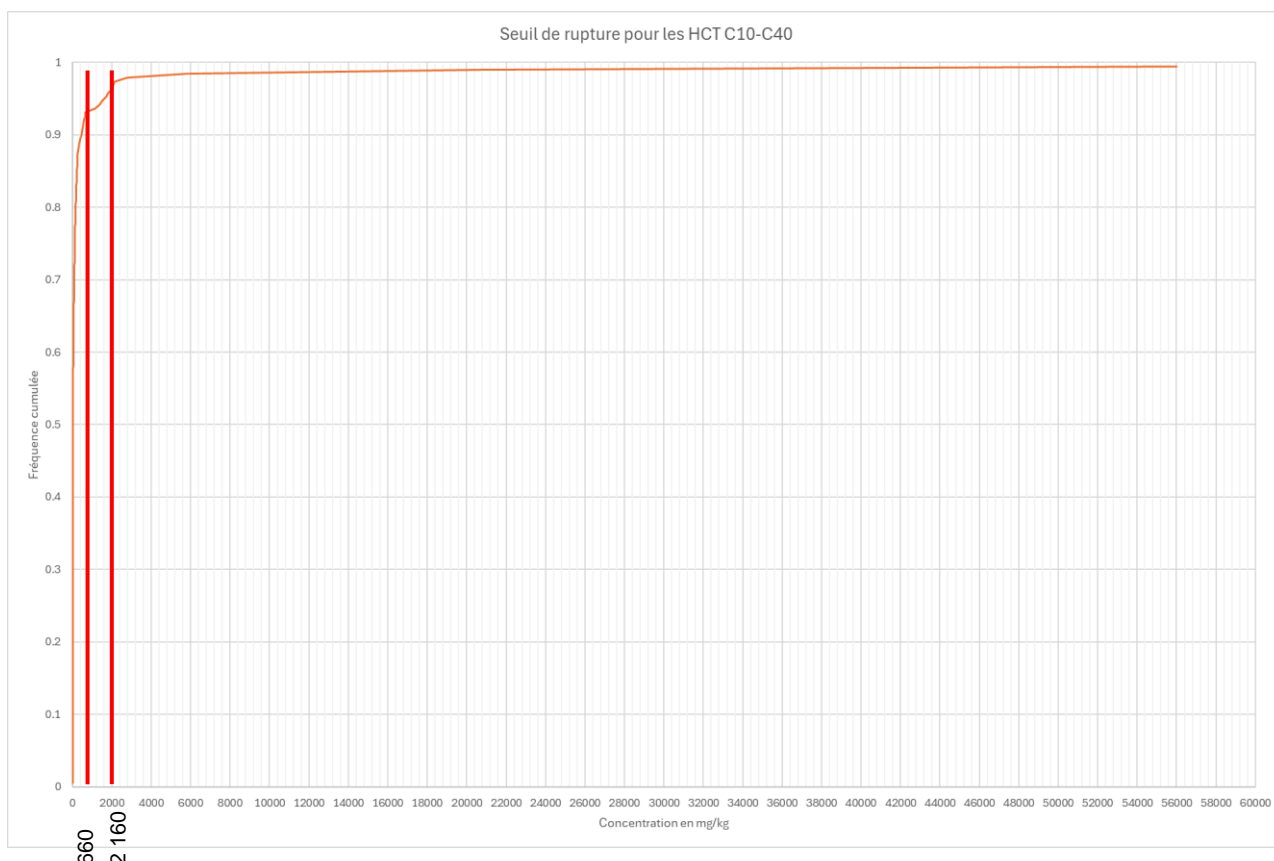


Figure 7 Seuil de rupture pour les HCT_{C10-C40}

c) Approche cartographique

La cartographie ci-après représente la répartition des teneurs en hydrocarbures supérieures au seuil des terres inertes à 500 mg/kg.

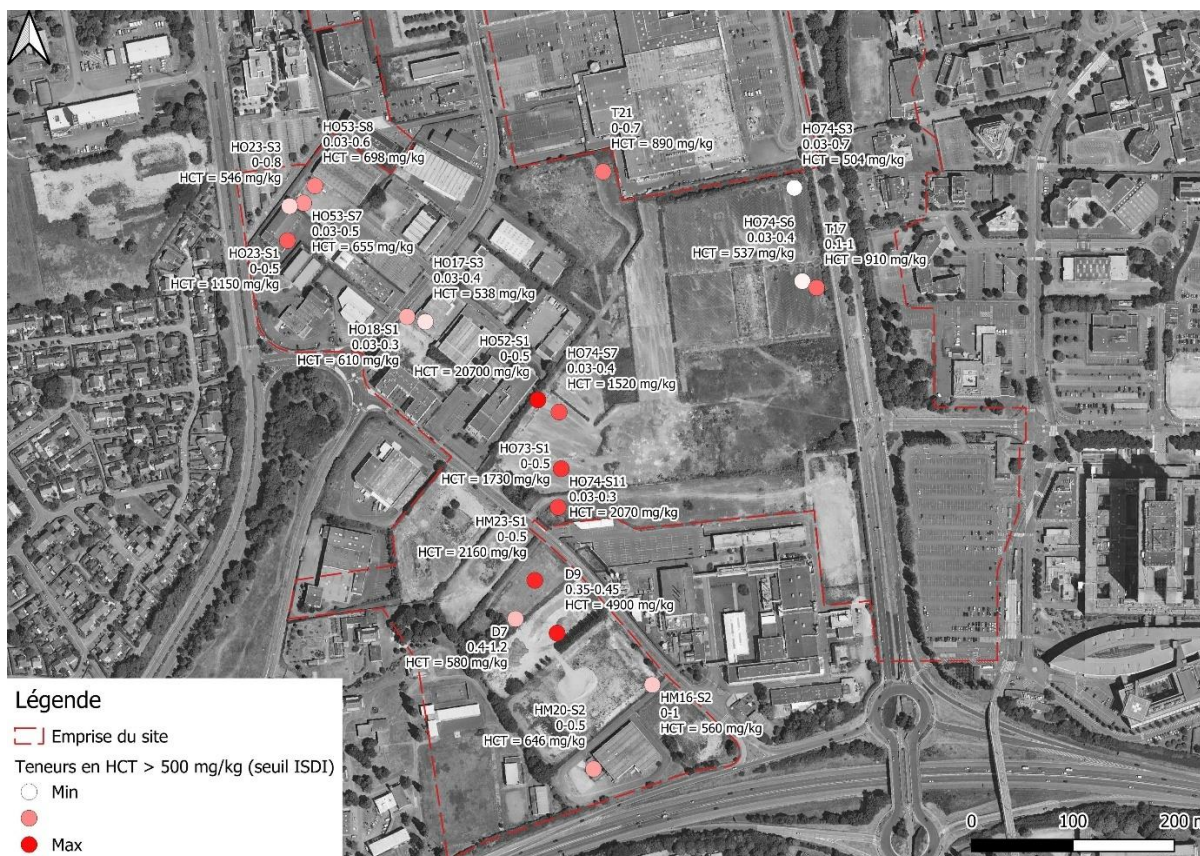


Figure 8 Cartographie des teneurs notables en HCT C10-C40 au droit de la Zac

La cartographie nous indique la présence de teneurs importantes en hydrocarbures au droit de la parcelle HO74 (anciennement occupée par Philips), HM14 et HM23 (ancienne usine kodak).

d) Seuil de coupure en HCT :

On retient un seuil de coupure en HCT à 1 500 mg/kg. Au total, 10 sources principales sont mises en évidence pour le HCT_{C10-C40}, au-delà du seuil de coupure défini à 1 500 mg/kg.

Sondage (profondeur en m)	Concentration en HCT C10-C40 (mg/kg)
HO74-S7 (0.03-0.4)	1 520
HO73-S1 (0-0.5)	1 730
HM14-S4 (0-1)	1 820
HM21-S2-B (2-3)	2 010
HO74-S11 (0.03-0.3)	2 070
HM23-S1 (0-0.5)	2 160
F5t (1-2)	2 800
D9 (0.35-0.45)	4 900
F5t (2-3)	5 800
HO52-S1 (0-0.5)	20 700
F5 (1.8-1.9)	56 000

Tableau 18 : Sondages représentant des sources concentrées en HCT C10-C40

5.3.2 HAP

Plusieurs dépassements significatifs pour la somme des 16 HAP, caractéristiques d'une source concentrée, sont mis en évidence. Les paragraphes suivants présentent le seuil statistique proposé pour les HAP, pour caractériser une pollution concentrée.

a) Approche statistique par histogramme : unimodale ou multimodale et analyse des percentiles

La distribution des concentrations en HAP est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons avec des teneurs réduites entre 0.05 et 25 mg/kg pour la somme des HAP assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 25 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

Par contre, 5 échantillons isolés sont observés à partir de la valeur de 60 mg/kg, et peuvent être assimilés à des pollutions concentrées singulières.

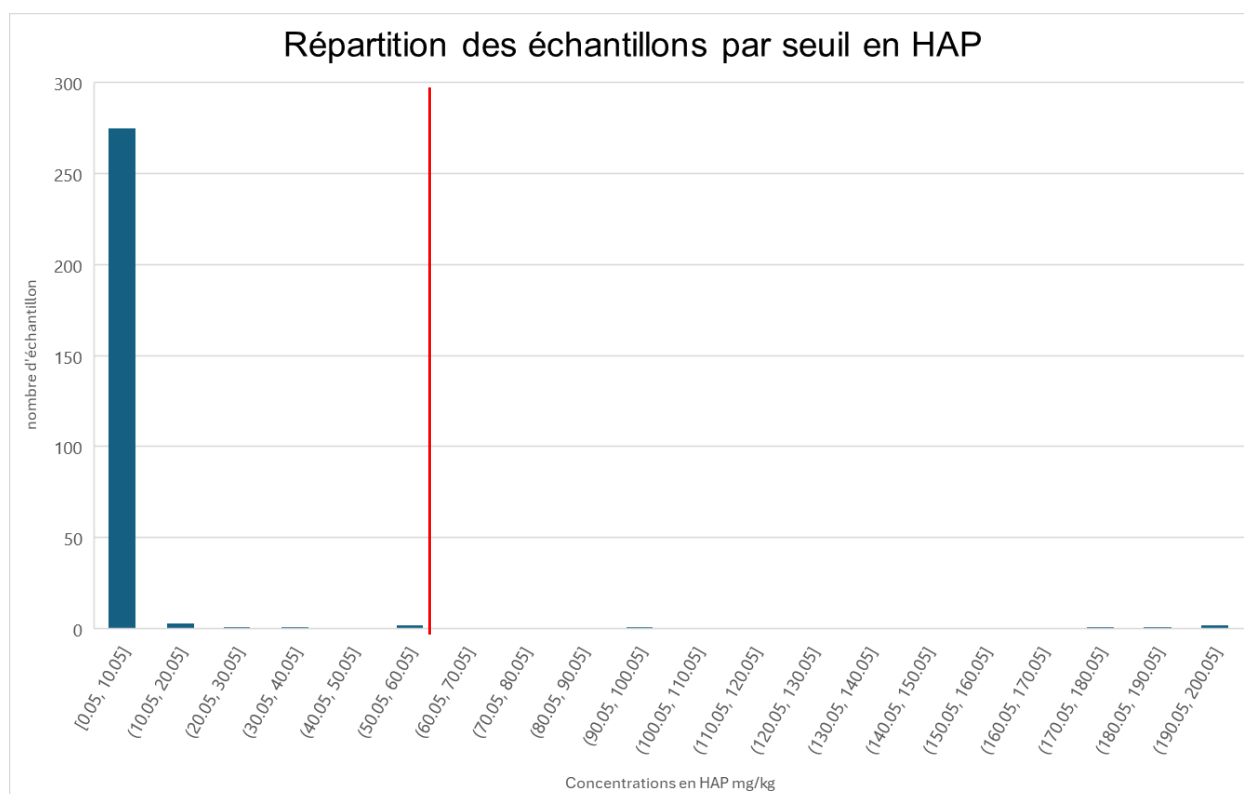


Figure 9 Répartition des échantillons par seuil en HAP

En prenant en compte toutes les concentrations en HAP dans les sols, les percentiles suivants ont pu être observés.

Percentile	Teneurs en HAP mg/kg
Percentile 50	0.05
Percentile 90	2.07
Percentile 95	8.6
Percentile 96	12
Percentile 98	57.5

Tableau 19 : Tableau des percentiles pour les HAP dans les sols

98% des terres ont des teneurs pour la somme des 16 HAP inférieur à 57.5 mg/kg. Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 60 mg/kg environ (proche percentile 98), un seuil légèrement supérieur à la limite d'acceptation des terres en filière de type ISDI (terres inertes).

b) Analyses des fréquences d'occurrence des concentrations

Le graphique ci-dessus présente, le seuil de coupure théorique pour les HAP.

Le graphique met en relation la fréquence cumulée des concentrations pour la somme des HAP en fonction de la gamme de concentrations.

Sur la base des données disponibles, plusieurs seuils de coupure sont identifiés statistiquement pour les HAP à de faibles teneurs (inférieurs à 50 mg/kg (seuil ISDI)) et ne seront donc pas retenus.

Le premier décrochement des données, supérieur à 50 mg/kg est observé à environ 60 mg/kg (figure ci-après).

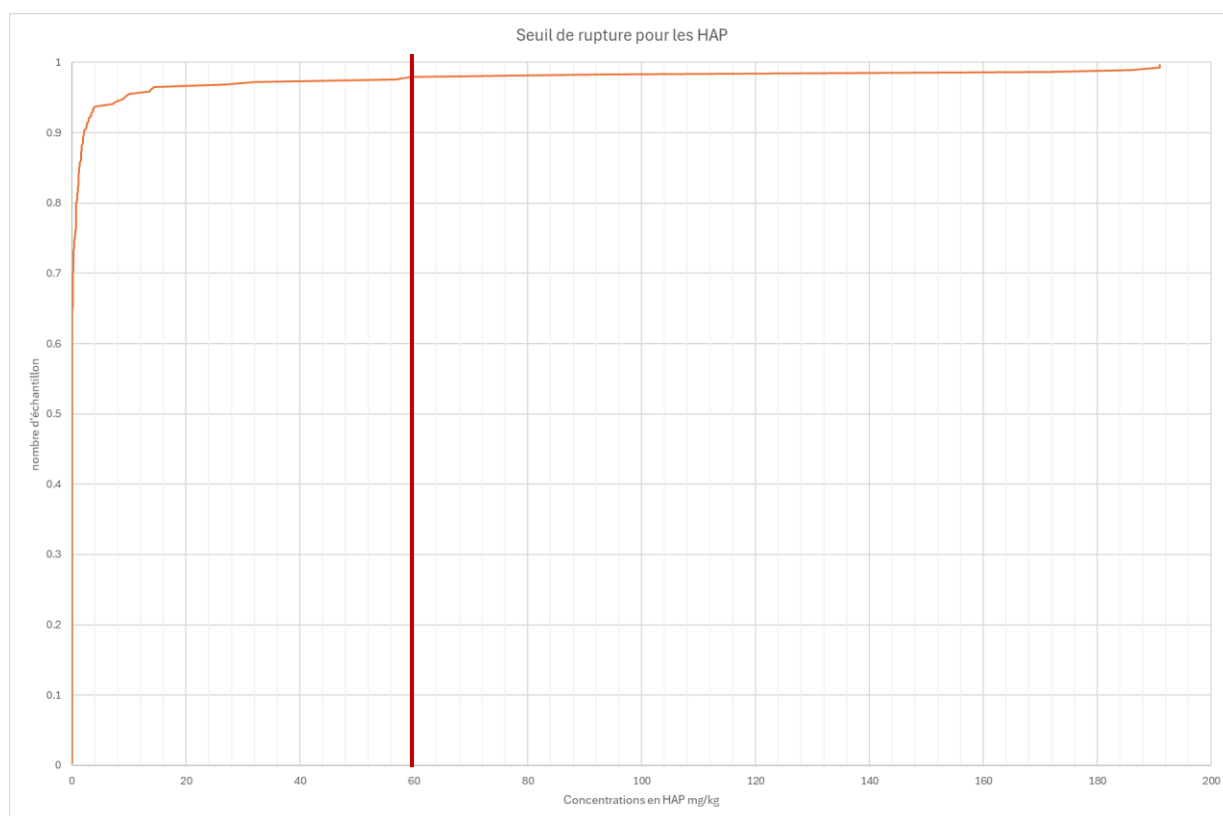


Figure 10 Seuil de rupture pour les HAP

c) Approche cartographique

La cartographie ci-après représente la répartition des teneurs HAP supérieures au seuil des terres inertes à 50 mg/kg.



Figure 11 Cartographie des teneurs notables en HAP au droit de la Zac

La cartographie nous indique la présence de teneurs importantes en hydrocarbures au droit de la parcelle HO74 (anciennement occupée par Philips), HM14 (ancienne usine kodak) et HO56 (anciennes activités de menuiserie puis l'entreprise Kodak).

d) Seuil de coupure en HAP :

On établit le seuil de coupure en HAP à 60 mg/kg.

Au total, 5 sources principales sont mises en évidence pour le HAP, au-delà du seuil de coupure défini à 60 mg/kg.

Sondage (profondeur en m)	Concentration en HAP (mg/kg)
HP14-S1 (0-1)	93
HO73-S1 (0-0.5)	172
HO74-S7 (0.03-0.4)	186
HO74-S11 (0.03-0.3)	191
HO56-S1 (0.03-0.4)	191

Tableau 20 : Sondages représentant des sources concentrées en HAP

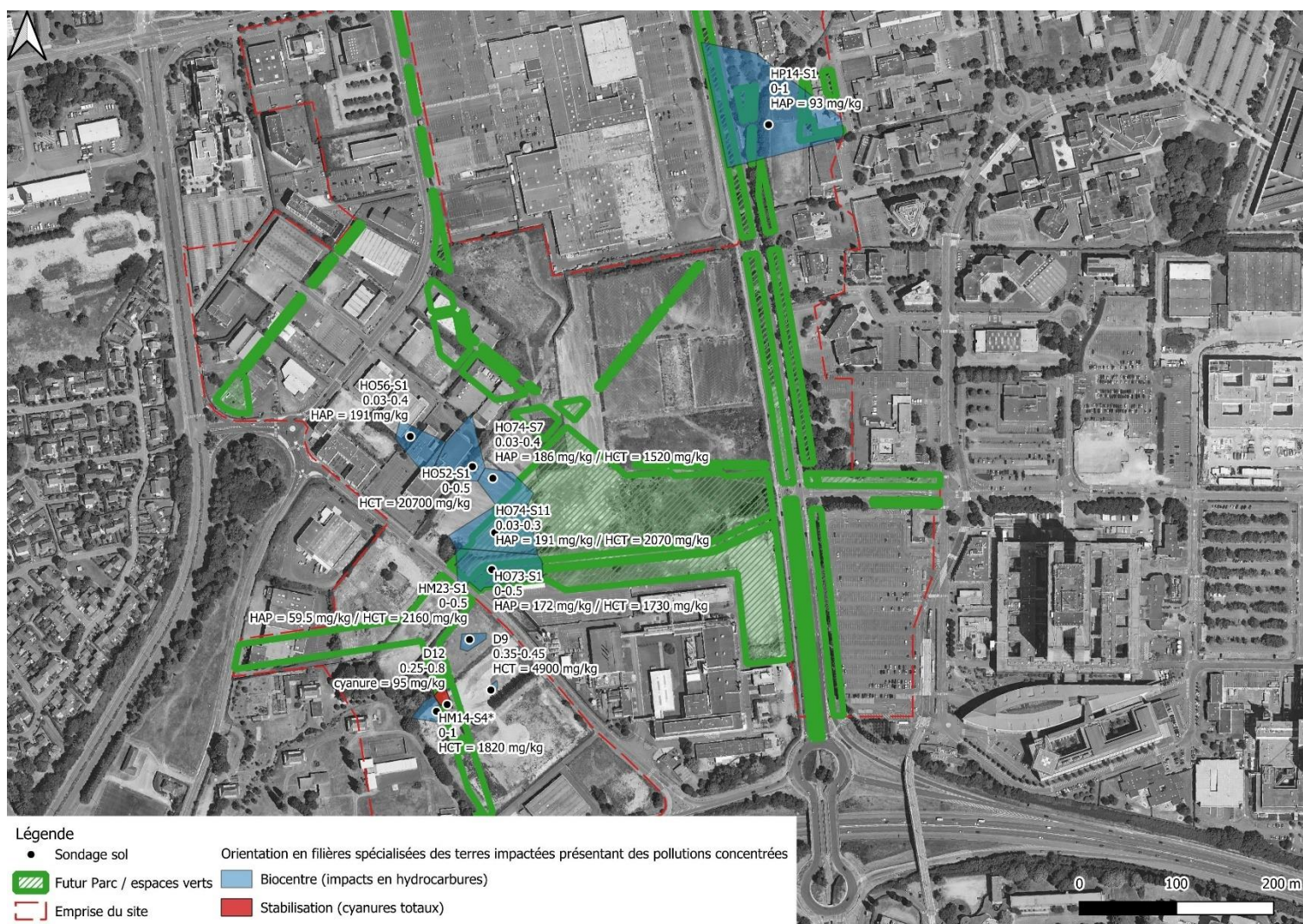


Figure 13 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols à différentes profondeurs entre la surface et 1 m de profondeur.



Figure 14 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols entre 1 et 3 m de profondeur sur la parcelle HO17 (cuve fuyarde).



Figure 15 Cartographie des impacts en hydrocarbures dans les sols entre 2 et 3 m de profondeur sur la parcelle HM21 (cuve fuyarde).



Définition du fond géochimique anthropisé et réemploie des terres

5.4 DEFINITION DU FOND GEOCHIMIQUE ANTHROPISE

5.4.1 Mise en œuvre

En regard de la méthodologie nationale Sites et Sols pollués de 2017, les différentes analyses de sol doivent aussi être interprétées au regard de la charge en métaux lourds sur brut qu'elles représentent, par mailles et par phases : ce sont toutes les analyses de toutes les mailles qui ont ainsi été prises en compte, afin de disposer de la population statistique la plus large et la plus représentative du site, afin d'identifier les sources concentrées en métaux lourds sur matière brute et de définir les seuils de coupures pour le réemploi des terres.

a) Définition des valeurs de références et grille de réutilisation

En référence à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017, des valeurs de références sont définies ou élaborées selon les milieux investigués, pour appréhender une situation et, le cas échéant, permettre d'orienter une stratégie de gestion.

Au travers de la présentation et/ou de la construction de ces valeurs, cette approche a pour objectif d'anticiper certaines orientations par rapport au projet, telles que présentées ci-après :

- Evaluation de la qualité environnementale des milieux dans lesquels le projet/le site doit s'intégrer,
- Anticipation de gestion des terrassements et des filières associées,
- Evaluation des possibilités de valorisation des terres de déblais en alternative aux filières de stockage hors site.

b) Référentiel d'interprétation pour l'évaluation de la qualité environnementale et sanitaire des sols pour les métaux lourds

Les métaux sont des éléments traces naturellement présents dans les sols et il est difficile de distinguer leur origine anthropique du fond géochimique local.

Pour les métaux lourds, il n'existe pas de grille exhaustive préétablie d'analyse de la situation et l'on se base sur différentes approches ou méthodologies :

- La base de données ASPITET à l'échelle nationale, ou autres à une échelle plus locale, pour caractériser les sols « ordinaires » ;
- L'approche ADEME pour caractériser le fond géochimique d'un site, à l'appui de la définition d'un Environnement Local Témoin (ELT) hors pollution anthropique pour servir d'étalon de comparaison ;

Cas particulier du plomb : le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) a fixé des seuils d'alerte pour les teneurs en plomb dans les sols :

- Niveau de vigilance à 100 mg/kg déclenchant une évaluation des risques sanitaires en cas de dépassement ;
- Niveau à 300 mg/kg déclenchant un dépistage de saturnisme chez l'enfant.

Il sera également réalisé une étude statistique afin de définir un fond géochimique propre au site pour les 8 métaux lourds : cuivre, arsenic, cadmium, mercure, nickel, plomb, zinc et chrome.

5.4.2 Définition des seuils de coupures en métaux lourds pour le Réemploi des terres

Les terres du site ont été classées selon les teneurs en polluants organiques (HCT et HAP) et en métaux lourds sur matière brute afin de définir leur potentiel de réemploi.

Le chapitre suivant présente l'étude statistique qui a été menée afin de définir les seuils de coupures pour les 8 métaux lourds.

5.4.3 Approche statistique

Les analyses ont ainsi été représentées sous forme d'histogramme, par métaux lourds sur brut, pour définir :

- La concentration modale et l'intervalle de distribution associé,
- Les concentrations plus élevées représentatives d'un enrichissement non naturel, jugé anthropique en regard de l'activité industrielle ancienne du site.

Une étude statistique pour les 8 métaux lourds sur matière brute est présentée ci-après, avec les seuils de coupures associés. On s'intéressera à la couche de couverture en limons, d'une épaisseur variable sur l'ensemble de la ZAC, qui couvre le substratum Bathonien : c'est cette couche de limon qui sera principalement interceptée par les terrassements dans le cadre des aménagements futurs.

a) Arsenic

La distribution des concentrations en arsenic est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 1.3 et 21.3 mg/kg en arsenic assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 25 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

On note l'enrichissement naturel des limons en arsenic par rapport à la couche superficielle de remblais.

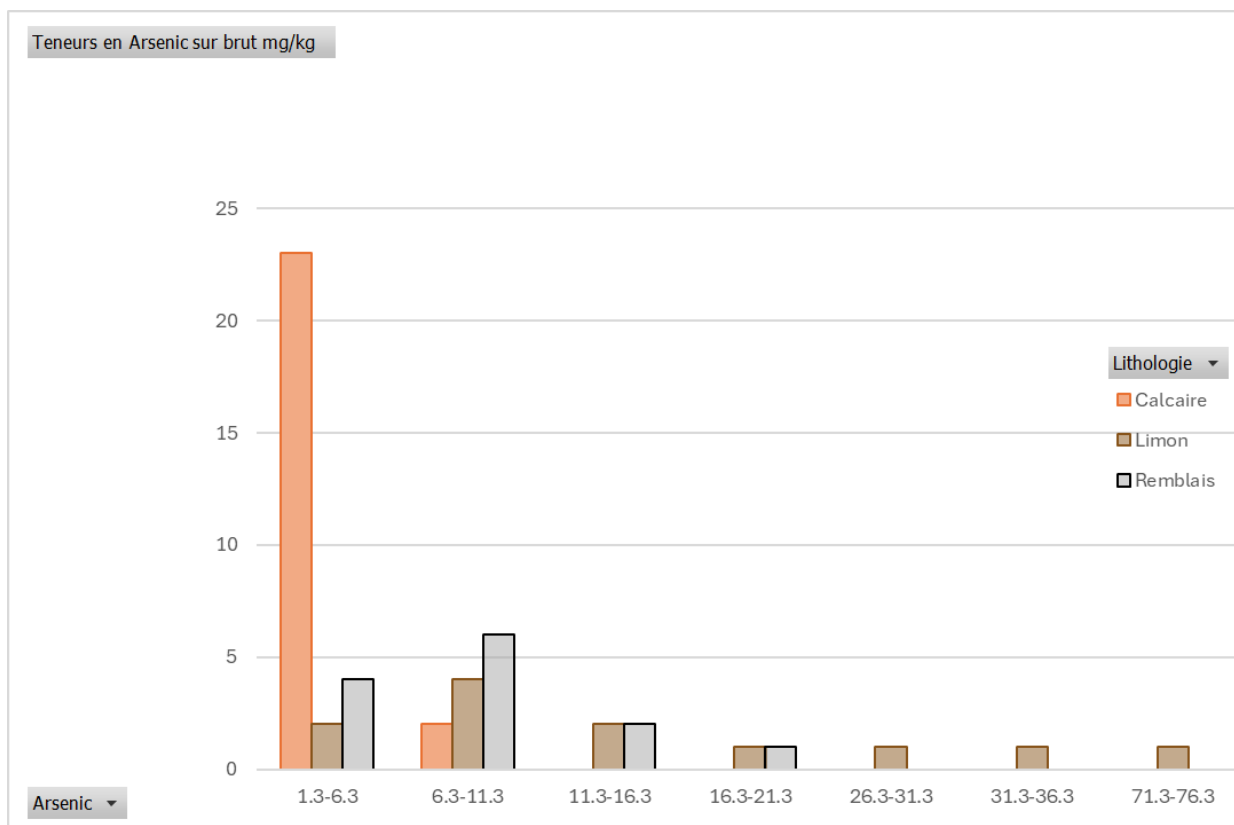


Figure 16 Répartition des échantillons par seuil en Arsenic sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en arsenic dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en Arsenic mg/kg
Percentile 50	11.5
Percentile 90	35.2
Percentile 95	53.1

Tableau 21 : Tableau des percentiles pour l'arsenic dans les limons

La médiane (P50) à 11.5 mg/kg est très basse par rapport aux teneurs couramment observées dans les sols ordinaires (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 35 mg/kg environ (proche percentile 90).

b) Cadmium

La distribution des concentrations en cadmium est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons avec des teneurs réduites entre 0.1 et 0.4 mg/kg en cadmium assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 0.4 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

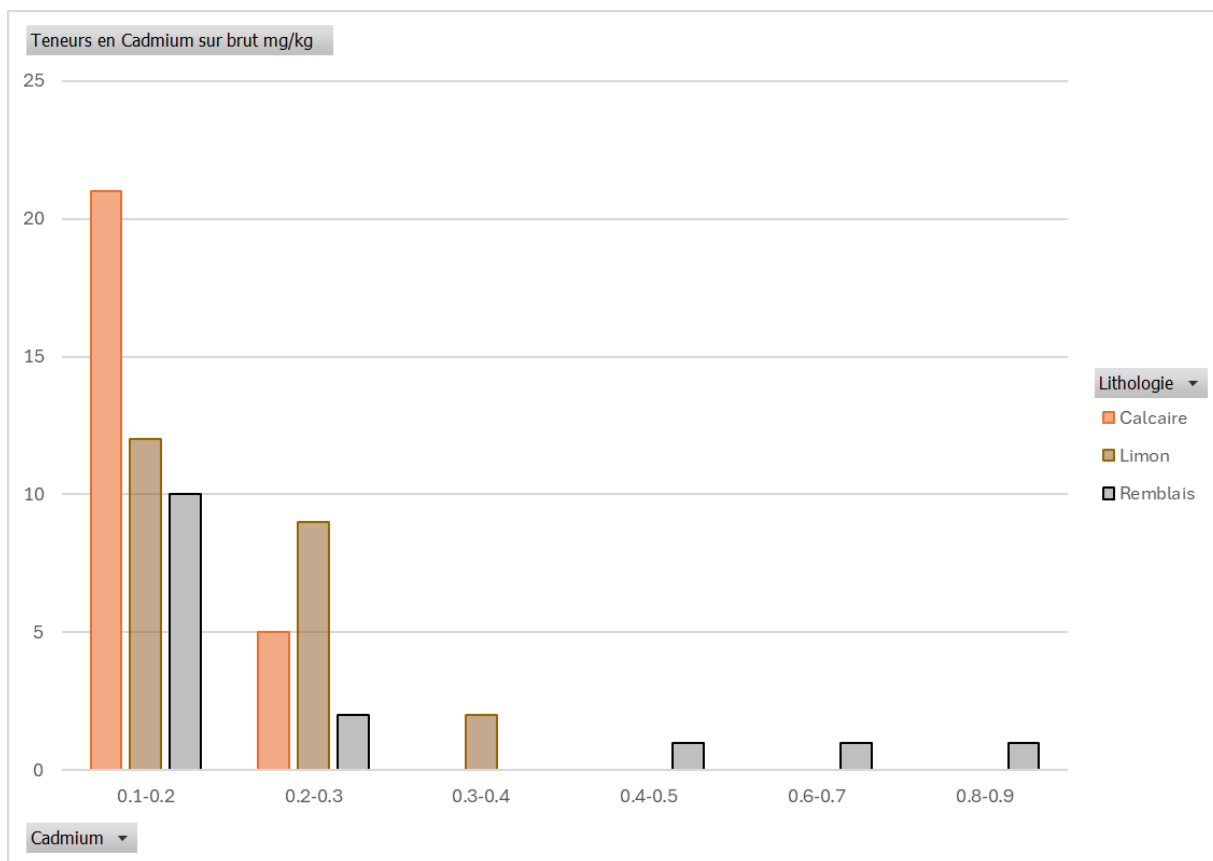


Figure 17 Répartition des échantillons par seuil en cadmium sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en cadmium dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en Cuivre mg/kg
Percentile 50	0.1
Percentile 90	0.2
Percentile 95	0.29

Tableau 22 : Tableau des percentiles pour le cuivre dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en cadmium sur matière brute inférieure à 0.2 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 0.4 mg/kg environ (seuil haut de la distribution des teneurs en cadmium dans les limons).

c) Chrome

La distribution des concentrations en chrome est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 6.9 et 82 mg/kg en chrome assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 82 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

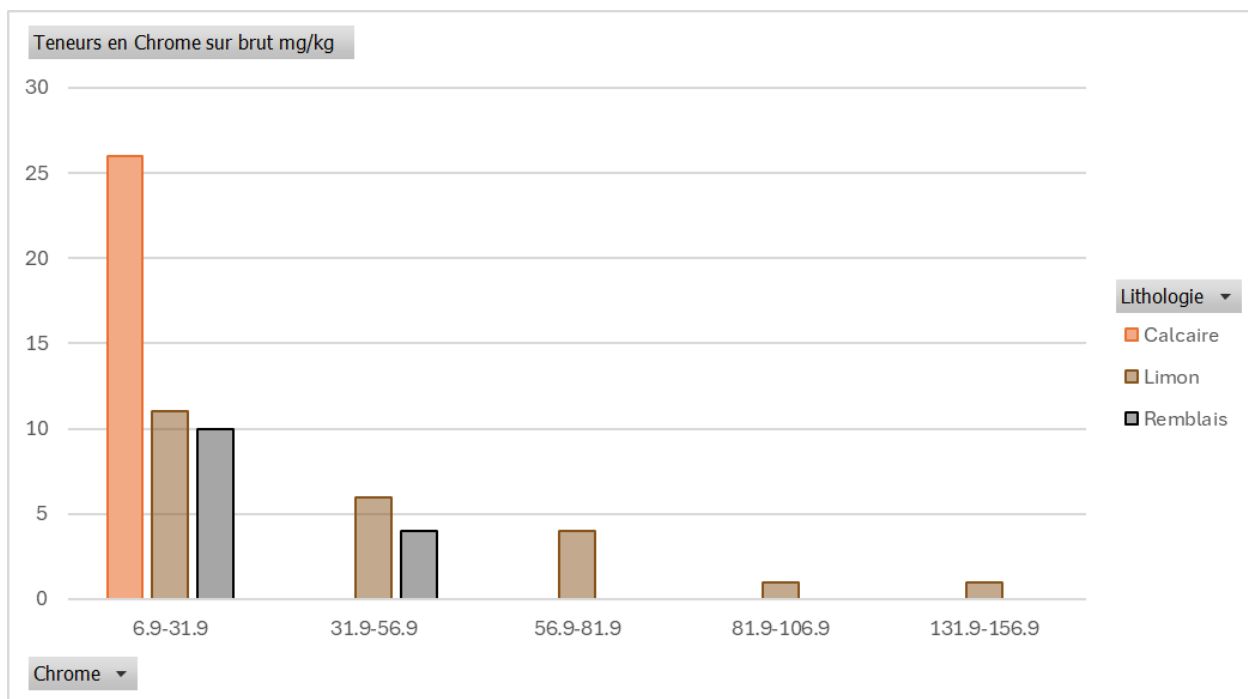


Figure 18 Répartition des échantillons par seuil en Chrome sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en chrome dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en chrome mg/kg
Percentile 50	33
Percentile 90	74.4
Percentile 95	84.1

Tableau 23 : Tableau des percentiles pour le chrome dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en chrome sur matière brute inférieure à 75 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 75 mg/kg environ (proche percentile 90).

d) Cuivre

La distribution des concentrations en cuivre est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons avec des teneurs réduites entre 0.2 et 40 mg/kg en cuivre assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 40 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

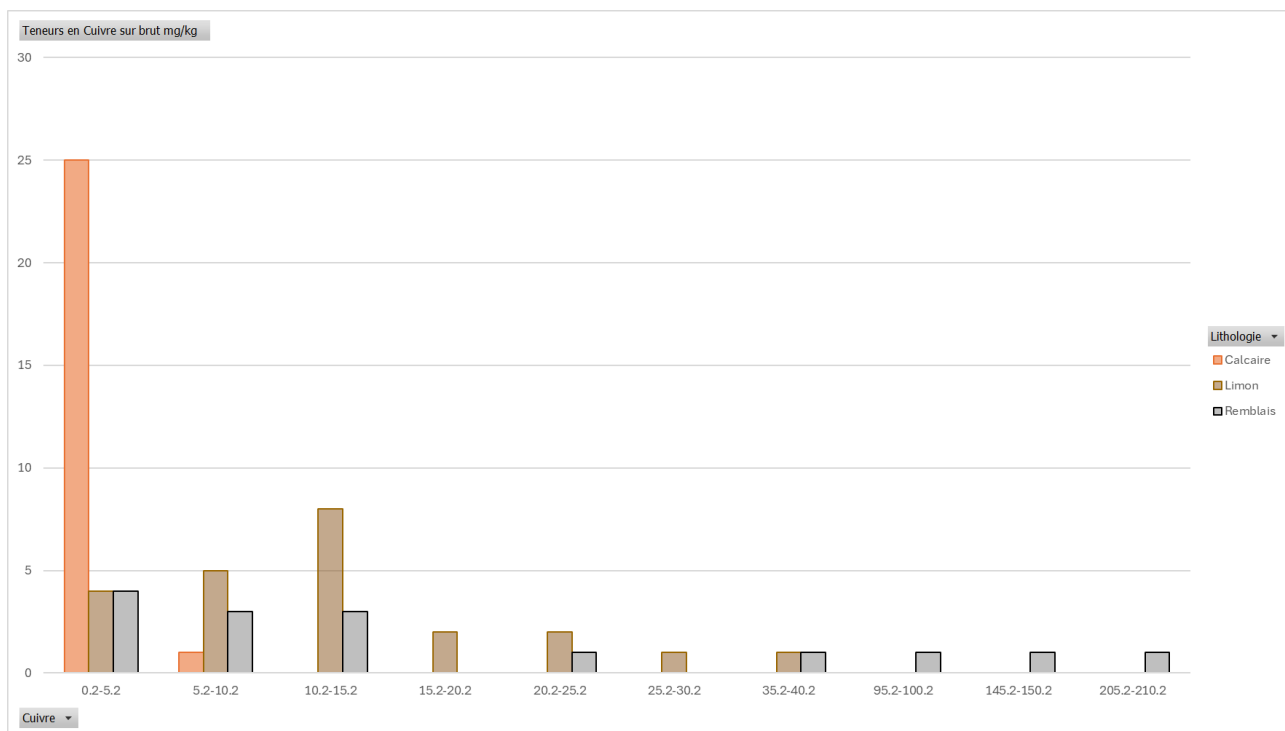


Figure 19 Répartition des échantillons par seuil en cuivre sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en cuivre dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en Cuivre mg/kg
Percentile 50	13
Percentile 90	26.1
Percentile 95	31.95

Tableau 24 : Tableau des percentiles pour le cuivre dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en cuivre sur matière brute inférieure à 26.1 mg/kg, assimilable à des anomalies naturelles retrouvées dans les sols en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 90 mg/kg environ (seuil haut de la distribution des teneurs en arsenic dans les limons).

e) Mercure

La distribution des concentrations en mercure est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 0.05 et 0.15 mg/kg en chrome assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 0.15 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

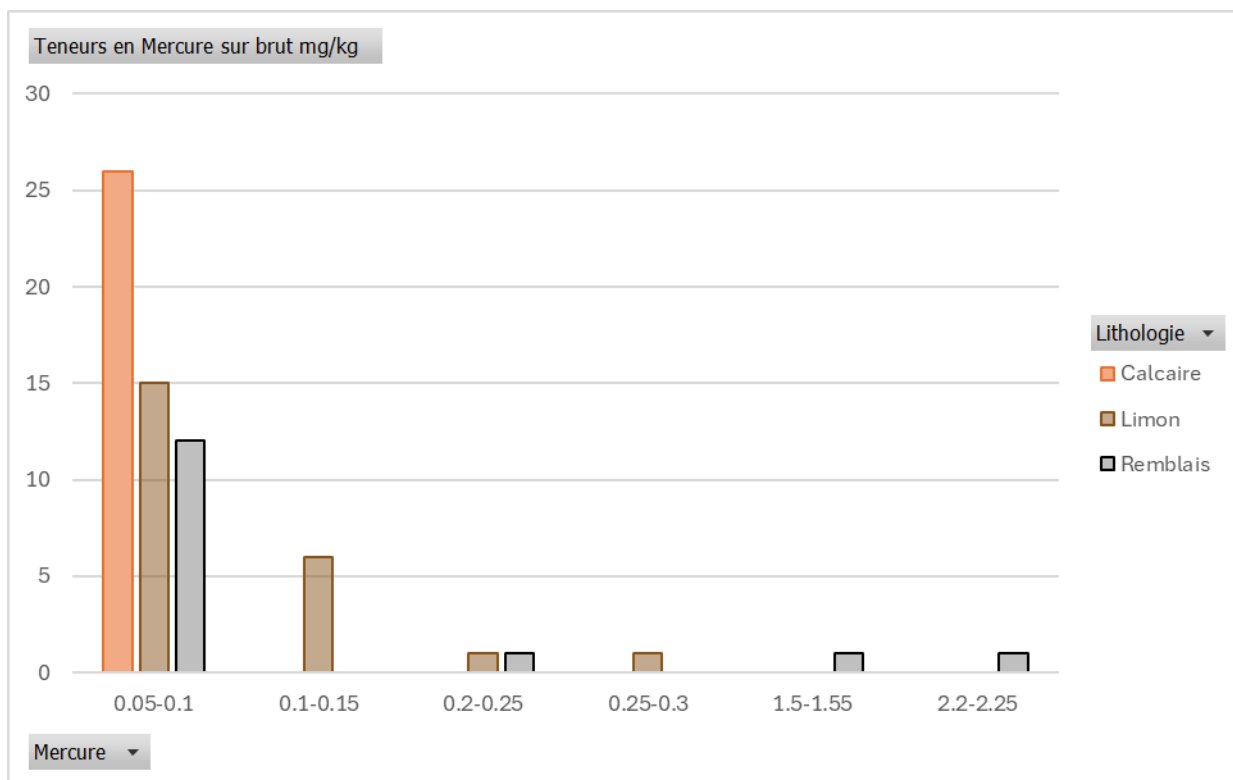


Figure 20 Répartition des échantillons par seuil en mercure sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en mercure dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en mercure mg/kg
Percentile 50	0.06
Percentile 90	0.138
Percentile 95	0.194

Tableau 25 : Tableau des percentiles pour le mercure dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en mercure sur matière brute inférieure à 0.138 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 0.13 mg/kg environ (proche percentile 90).

f) Plomb

La distribution des concentrations en plomb est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 2.2 et 62.2 mg/kg en plomb assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 62.2 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

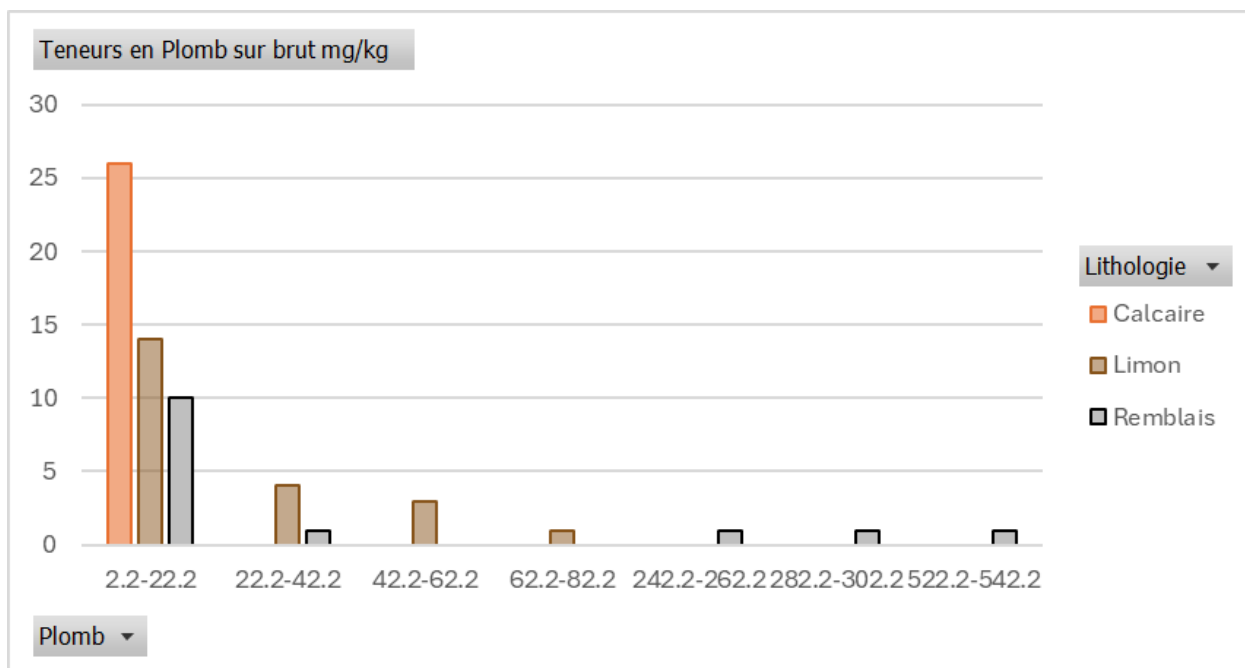


Figure 21 Répartition des échantillons par seuil en plomb sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en mercure dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en plomb mg/kg
Percentile 50	18
Percentile 90	47
Percentile 95	49.85

Tableau 26 : Tableau des percentiles pour le plomb dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en plomb sur matière brute inférieure à 47 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 47 mg/kg environ (proche percentile 90).

g) Nickel

La distribution des concentrations en nickel est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 2.5 et 42.5 mg/kg en nickel assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 42.5 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

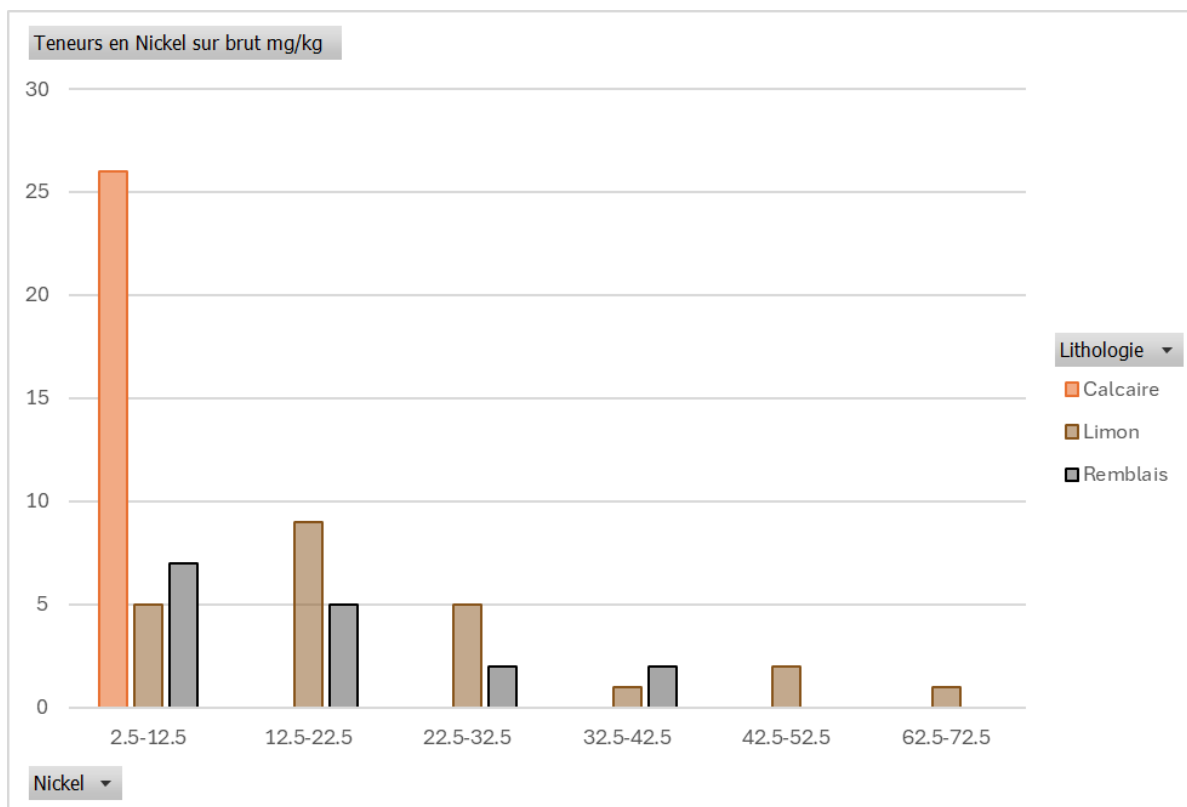


Figure 22 Répartition des échantillons par seuil en nickel sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en nickel dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en nickel mg/kg
Percentile 50	20
Percentile 90	42.6
Percentile 95	45.7

Tableau 27 : Tableau des percentiles pour le nickel dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en nickel sur matière brute inférieure à 42 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 42 mg/kg environ (proche percentile 90).

h) Zinc

La distribution des concentrations en zinc est présentée sous forme d'histogramme.

L'histogramme ci-après, fait ainsi apparaître un ensemble d'échantillons selon les différentes couches lithologiques observées lors de la réalisation des sondages sols, avec des teneurs réduites entre 5.7 et 80 mg/kg en zinc assimilables au bruit de fond local, et d'autres points au-delà de la valeur de 80 mg/kg qui restent encore assimilables à des pollutions diffuses (queue de distribution).

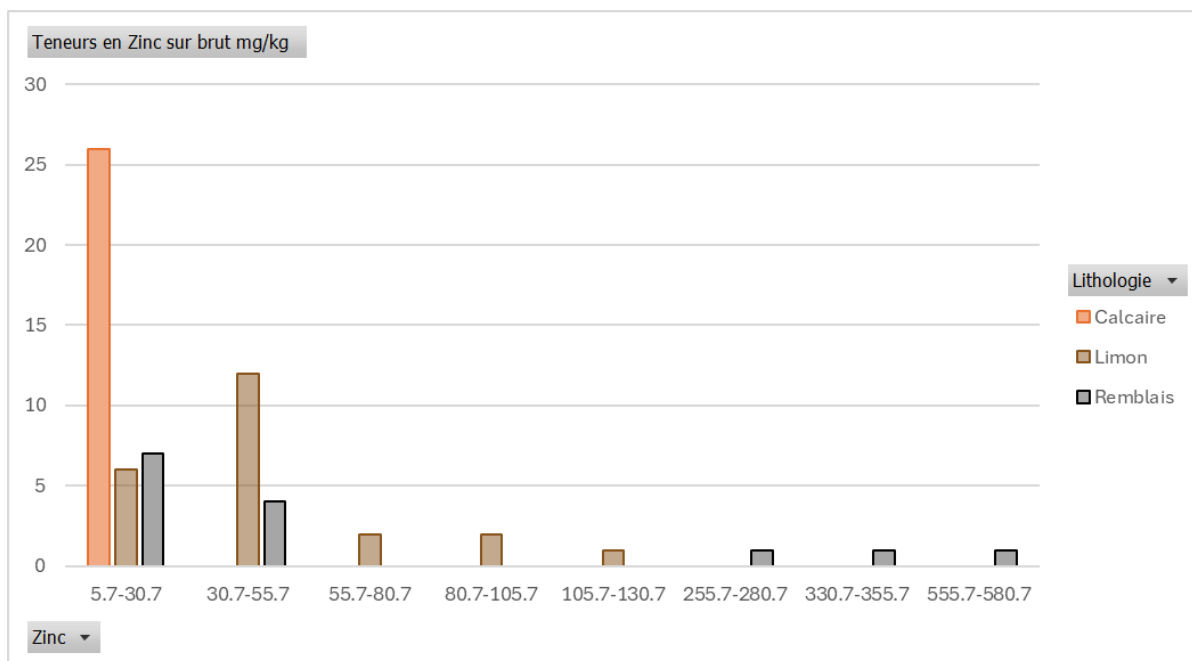


Figure 23 Répartition des échantillons par seuil en zinc sur matière brute en fonction de la lithologie

En prenant en compte toutes les concentrations en zinc dans les sols (limon), les percentiles de distribution sont les suivants :

Percentile	Concentration en zinc mg/kg
Percentile 50	42
Percentile 90	79.6
Percentile 95	94.7

Tableau 28 : Tableau des percentiles pour le zinc dans les limons

90% des terres limoneuses présente des teneurs en nickel sur matière brute inférieure à 80 mg/kg, assimilable à des valeurs couramment observées dans les sols naturelles en France (base ASPITET). Les anomalies apparaissent statistiquement à partir de 80 mg/kg environ (proche percentile 90).

5.4.4 Résultats sur les métaux lourds

Les résultats de l'étude statistique sur les métaux lourds, sont comparés à la gamme de valeurs issues des recherches de l'INRA10 pour des sols ordinaires. Les fonds géochimiques nationaux « Programme ASPITET de l'INRA » et locaux « Réseau de Mesure de la Qualité des Sols : RMQS » sont repris ci-après.

Le fond géochimique défini sur la Zac Mont Coco est résumé selon le tableau ci-après, avec comparaison avec les données indicatives INRA-Aspitet :

en mg/kg sur brut	Commentaire	Fond géochimique des limons défini statistiquement sur la ZMCC	INRA-ASPITET		
			Gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles	Gamme de valeurs dans le cas d'anomalies naturelles fortes
Arsenic	P90 de la distribution	35	1 à 25	30 à 60	60 à 284
Cadmium	seuil haut de la distribution	0.4	0.05 à 0.45	0.70 à 2	2 à 46.3
Chrome	P90 de la distribution	75	10 à 90	90 à 150	150 à 3 180
Cuivre	seuil haut de la distribution	40	2 à 20	20 à 62	65 à 160
Mercure	P90 de la distribution	0.13	0.02 à 0.10	0.15 à 2.3	/
Plomb	P90 de la distribution	47	9 à 50	60 à 90	100 à 10 180
Nickel	P90 de la distribution	42	2 à 60	60 à 130	130 à 2 076
Zinc	P90 de la distribution	80	10 à 100	100 à 250	250 à 11 426

Tableau 29 : Valeurs Aspitet-INRA et le fond géochimique défini statistiquement au droit de la Zac Mont Coco

Certaines mailles présentent donc des anomalies en métaux lourds sur brut, et ces déblais, réutilisés en remblais, devront alors faire l'objet d'une mesure de gestion spécifique permettant d'isoler et tracer ces terres réemployées sur site.

5.5 REFERENTIEL D'INTERPRETATION POUR L'EVALUATION DE LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DES SOLS

Le tableau suivant, tel que présenté aux chapitres précédant, dresse la synthèse des seuils de réutilisation retenus.

Famille de substances	Substance	Seuils de réutilisation (mg/kg ms)	Source
8 Métaux lourds	Arsenic	35	(1)
	Cadmium	0.4	
	Chrome	75	
	Cuivre	40	
	Mercure	0.13	
	Plomb	47	
	Nickel	42	
	Zinc	80	
HCT	C10-C40	1 500	(2)
HAP	Somme des HAPs	60	

(1) Etude statistique détaillée dans le chapitre 6.1.

(2) Etude statistique détaillée dans le chapitre 4.3.

Tableau 30 : seuils de coupures retenus pour l'évaluation des anomalies anthropiques en métaux lourds dans les sols

5.6 VALIDATION SANITAIRE DES SEUILS DE COUPURE EN METAUX LOURDS ET EN COMPOSES VOLATILS

5.6.1 Pour les composés organiques

La vérification sanitaire a été faite par l'EQRS précédente, établie à partir du piézair le plus sécuritaire présent à proximité immédiate du futur parc : les seuils sanitaires réglementaires sont bien respectés pour le scénario inhalation d'air ambiant extérieur.

Les terres végétales d'apport qui serviront de couverture devront être conformes aux seuils pour les polluants listés dans le paragraphe ci-après.

A défaut d'une étude géostatistique poussée qui nécessiterait de disposer d'un nombre élevé d'analyses de sol au droit du site et de son environnement proche, nous disposons de bases de données publiques donnant des référentiels reconnus.

Pour les paramètres organiques, le BRGM a édité un « guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement » (version 2 – Avril 2020) qui donne des valeurs indicatives pour une réutilisation des terres en contexte résidentiel collectif. Ces références, bien qu'indicatives, intègrent une approche sanitaire sécuritaire.

Famille de substances	Substance	Valeur d'Analyse de la Situation - VAS (mg/kg ms)	Source
BTEX	Benzène	0.05	Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement » (version 2 – Avril 2020)
	Somme des TEX (Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	1.5	
COHV	Tétrachloroéthylène	0,2	
	Trichloroéthylène	0,1	
	cis-1,2-dichloroéthène	0,1	
	Chlorure de vinyle	0,1	
PCB	Somme des PCBs	1	Arrêté du 12/12/2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (ISDI)

Tableau 31 : Seuils retenus pour l'évaluation des terres à utiliser en couverture (en mg/kg MS)

5.6.2 Pour les composés en métaux lourds

A ce stade, on retient l'hypothèse que les terres de réemploi seront recouvertes par un dallage, enrobé ou terres végétales saines évitant ainsi l'envol de poussières et l'exposition par inhalation de poussière et ingestion de sol.

Il n'est pas prévu de jardins potagers, jardins familiaux, jardins ouvriers, activité d'élevage et écopastoralisme sur site.

5.7 GRILLE DE REUTILISATION DES TERRES

La grille de réemploi est présentée ci-après :

Teneurs en polluants				Potentiel de réemploi
Polluants organiques mg/kg			Polluants métalliques	
HCT	HAP	BTEX / COHV / PCB		
> 1 500	> 60	-	-	Traitement avant réemploi
< 1 500	< 60	Teneurs supérieures aux seuils de coupures définis	Métaux lourds sur matière brute supérieurs aux seuils de coupures définis	Traitement des métaux lourds avant réemploi (confinement et zone de servitude ou autre traitement)
< 1 500	< 60	Teneurs inférieures aux seuils de coupures définis	Métaux lourds sur matière brute inférieurs aux seuils de coupures définis	Réemploi au droit des espaces extérieurs sous confinement pérenne

Tableau 32 : Grille de réemploi des terres

La cartographie ci-après identifie les mailles selon les 3 classes.

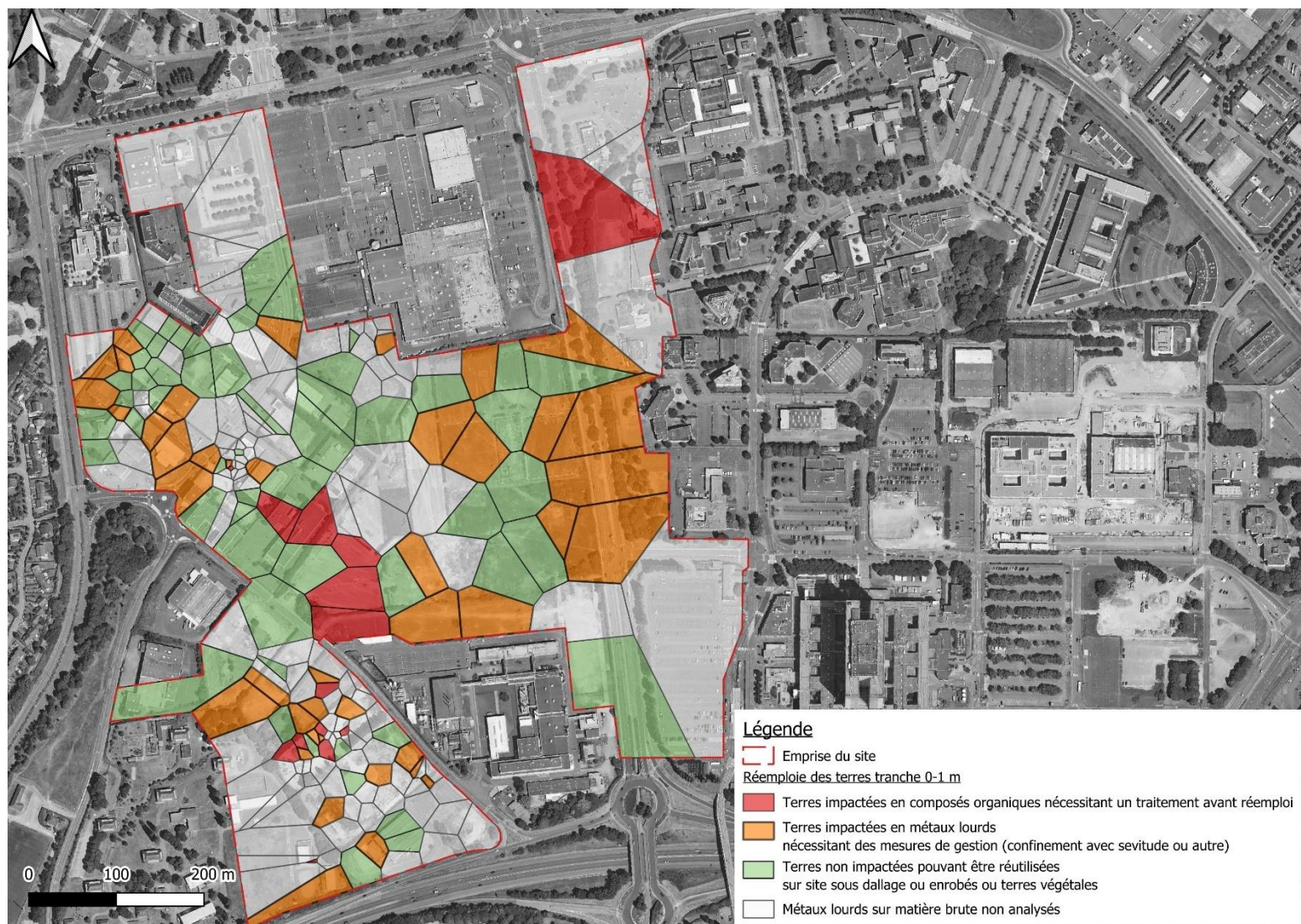


Figure 24 Cartographie de la répartition des mailles selon leurs potentiel de réemploi (tranche excavée entre 0 et 1 m)

5.8 IDENTIFICATION DES DIFFERENTES OPTION DE GESTION POSSIBLES ET BILAN COUT-AVANTAGE – A330

5.8.1 Démarche et objectif

a) Cadrage

L'objectif est d'identifier les différentes options de gestion possibles, toutes valides au plan sanitaire, et de présenter le bilan coût avantage de ces options, afin de les hiérarchiser en proposant l'option ou les options de gestion présentant le bilan coût/avantage le plus adapté au moins adapté.

Cette prestation répond aux objectifs suivants :

- identifier les différents scénarios de gestion possibles qui doivent être tous valides sur le plan sanitaire;
- élaborer un bilan coûts/avantages pour ces scénarios de gestion afin de les hiérarchiser en proposant l'option ou les options de gestion présentant le bilan coût/avantage le plus adapté au moins adapté.

Les mesures de gestion portent sur :

- La gestion des sources de pollution concentrée
- La gestion des terrassements pour mise à la cote des terrassements.

b) Mise en œuvre

Dans un premier temps, la grille de sélection des terres fait référence à des mises en décharges hors site des terres de déblais, afin de comparer les solutions entre elles.

Un chapitre spécifique est consacré aux voies alternatives de gestion des terres de déblais.

5.8.2 Identification et justification des critères retenus et de leur pondération pour la comparaison des deux solutions

Nous adoptons la grille de comparaison des solutions comme suit :

Critères	Commentaire
Technique	Les techniques sont comparées selon leur faisabilité, efficacité et contraintes, dans le contexte du site, et selon les moyens à engager pour les contrôler
Environnemental et sociétal	Les solutions sont examinées par rapport à leur impact environnemental et leur perception potentielle par les riverains aux abords du site
Juridique	Les solutions sont appréciées par rapport aux engagements juridiques qu'elles induisent sur la MOA
Délais	Les solutions sont comparées par rapport aux délais de réalisation, aléas éventuels
Financier	Les solutions sont comparées par rapport au cout estimatif de leur mise en œuvre

Cette grille est jugée robuste pour comparer les deux solutions et nous adopterons un code couleur pour comparer les solutions entre elles par critère, sans adopter de notation qui apparait superflue dans le contexte d'examen de ces solutions.

5.8.3 Mesure de gestion n°1 : Excavation et évacuation hors site des pollutions concentrées en HCT et HAP avec remblaiement de la fouille

a) Orientation / estimation des volumes de terres excavées dans le cadre de la purge

Dans le cadre de la maîtrise de la source et au regard de la qualité des terrains (présence de concentrations importantes en HCT et HAP sur matière brute), des objectifs de réhabilitation ont été présentés dans le paragraphe 5.3.

Pour cette première mesure de gestion proposée, une purge de la source concentrée dans les sols au droit des sondages à différentes hauteurs entre la surface et 3 m de profondeur maximum (sondage F5/F5t uniquement) est nécessaire pour l'élimination des pollutions concentrées dans les sols supérieures aux seuils de coupures. A noter qu'une partie des sols de ces mailles, dont les teneurs sont inférieures aux seuils de réhabilitation pourra être réutilisée pour le remblaiement de la fouille.

Au total 11 zones sources principales ont été mises en évidence pour les HCT et HAP :

Sondage	Hauteur impactée (m)	Teneur (mg/kg)	Filière d'évacuation
HO74-S7	0.03-0.4	HCT = 1 520 / HAP = 186	Biocentre
HO73-S1	0-0.5	HCT = 1 730 / HAP = 172	
HM14-S4	0-1	HCT = 1 820	
HM21-S2-B	2-3	HCT = 2 010	
HO74-S11	0.03-0.3	HCT = 2 070 / HAP = 191	
HM23-S1	0-0.5	HCT = 2 160	
F5/F5t	1-2	HCT = 2 800 / 56 000	
	2-3	HCT = 5 800	
D9	0.35-0.45	HCT = 4 900	
HO52-S1	0-0.5	HCT = 20 700	
HP14-S1	0-1	HAP = 93	
HO56-S1	0.03-0.4	HAP = 191	
Total			

Tableau 33 : Orientation des terres représentant les sources concentrées

Les emprises des mailles impactées seront affinées en fonction de reconnaissances complémentaires à réaliser avant la mise en œuvre des travaux.

b) Contrôle des mesures de gestion

Des prélèvements et analyses de fond et de flancs de fouille doivent être réalisés après purge des zones à pollution concentrée afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de réhabilitation en HCT et HAP. Au regard des dimensions de la zone à purger, il s'agira de réaliser un prélèvement par flanc de fouille et un prélèvement en fond de fouille, avec analyses en HCT et HAP (soit 5 unités par zone), jusqu'à l'atteinte des objectifs de réhabilitation à savoir des teneurs résiduelles dans les sols inférieurs à 1 500 mg/kg en HCT et 60 mg/kg en HAP.

Le cas échéant, des terrassements complémentaires devront être réalisés, puis des nouveaux contrôles de flanc de fouille seront mis en œuvre.

La fouille sera comblée par des terres d'apport saines ou éventuellement remblayées avec les terres du site ne présentant pas d'impacts, et sous réserve de la prise en compte des contraintes géotechniques.

c) Répartition des terres avec coûts associés

Le plan de terrassement prévisionnel a été réalisé en s'appuyant sur les résultats obtenus à l'issue des différentes campagnes d'investigations antérieures. Le plan de terrassement des pollutions concentrées est présentée en figure 11 ci-dessus.

Les tableaux ci-dessous récapitulent la distribution des terres impactées en hydrocarbures en prenant en compte l'aspect analytique.

Maille/ sondage	Profondeur (m)	Résultats d'analyses (paramètres déclassants)	Filière	Surface (m²)	Volume (m³)	tonnes	Coût filière (€ HT)	Coût total / maille (€)
HO74-S7	0.03-0.4	HCT > 1 500 mg/kg et/ou HAP > 60 mg/kg	Traitement hors site par Biocentre	250*	100	180	75 €/t	13 500
HO73-S1	0-0.5			250*	125	225		16 875
HM14-S4	0-1			522	522	939.6		70 470
HM21-S2-B	2-3			26	26	46.8		3 510
HO74-S11	0.03-0.3			250*	75	135		10 125
HM23-S1	0-0.5			346	173	311.4		23 355
F5/F5t	1-2			24	48	86.4		6 480

	2-3						
D9	0.35-0.45			79	39.5	71.1	5 332.5
HO52-S1	0-0.5			250*	125	225	16 875
HP14-S1	0-1			250*	250	450	33 750
HO56-S1	0.03-0.4			250*	100	180	13 500
Total				1 583	2 850		214 000

** au regard de la surface théorique importante des terres impactées (impact non délimité latéralement), une surface de 250 m² a été prise en compte.*

Tableau 34 : Tableau d'orientation des terres impactées en fonction des mailles et des profondeurs

Les zones purgées seront comblées par de la terre saine d'apport.

En considérant, un prix d'apport de terre saine de 11 €/t HT, le coût associé s'établit à environ 31 000 € HT pour le remblaiement des purges.

Le cout estimatif de gestion par purge et traitement hors site, des sources concentrées est estimé à 275 k € HT selon la décomposition suivante :

Prestations envisagées	Unité	Qté	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
TRAITEMENT DES SOURCES CONCENTREES				
Purge des terres impactées				
Terrassement des terres impactées en HCT et HAP, en fouille ouverte, sans dispositif de soutènement spécifique, hors nappe, sans pompage d'épuisement de fouille	tonnes	3 000	5	15 000
Transport et traitement en filière biologique hors site, y compris TGAP	tonnes	2 850	75.00	213 750
Fourniture de terres saines d'apport, pour le remblaiement des fouilles après purge avec compactage sommaire.	tonnes	2 850	11.00	31 350
Remblaiement des purges avec compactage sommaire	tonnes	3 000	5	15 000
ESTIMATION DU TOTAL en € HT :				275 000

Tableau 35: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°1

5.8.4 Mesure de gestion n°2 : excavation et traitement sur site par Biotertre

Le Biotertre consiste à mettre des sols pollués en tertres ou andains sur site en vue d'un traitement biologique. Pour ce faire, un amendement et les conditions dans le Biotertre sont contrôlées (aération, ajouts de nutriments ...) afin de garantir un développement optimal des micro-organismes endogènes dégradant les polluants.

Le procédé nécessite au préalable une excavation des terres impactées. Les sols pollués sont mélangés avec un amendement (agent structurant) et sont par la suite dirigés vers une aire de traitement contenant a minima un système de collecte de lixiviats et des unités d'aération (extraction ou insulation d'air) afin d'optimiser le transfert de l'oxygène et la stimulation de la biodégradation. La biodégradation est contrôlée (température, taux d'humidité, nutriments, oxygène, pH).

Les Biotertres sont recouverts par une géomembrane imperméable afin de limiter les infiltrations d'eaux pluviales, la volatilisation des polluants et le contrôle des différents paramètres physico-chimiques (température, humidité...). Les lixiviats et les rejets atmosphériques sont traités sur site avant d'être rejetés.

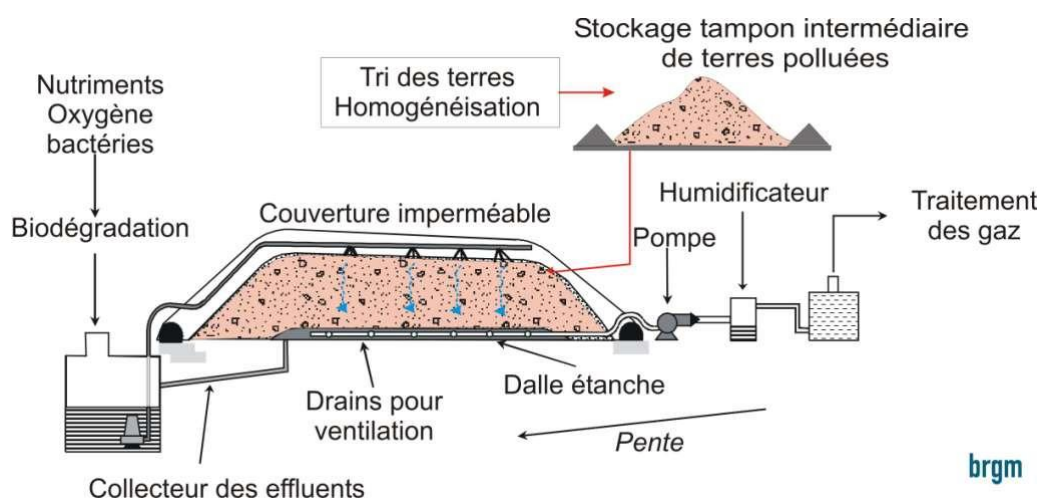


Figure 25 Procédé de traitement Biotertre ventilé Ex Situ.

a) Contrôle des mesures de gestion

Les terres à traiter devront être excavées afin de former les biotertres.

Des prélèvements et analyses de fond et de flancs de fouille doivent être réalisés après purge des zones à pollution concentrée afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de réhabilitation en HCT et HAP. Au regard des dimensions de la zone à purger, il s'agira de réaliser un prélèvement par flanc de fouille et un prélèvement en fond de fouille, avec analyses en HCT et HAP (soit 5 unités par zone), jusqu'à l'atteinte des objectifs de réhabilitation à savoir des teneurs résiduelles dans les sols inférieurs à 1 500 mg/kg en HCT et 60 mg/kg en HAP.

Le cas échéant, des terrassements complémentaires devront être réalisés, puis des nouveaux contrôles de flanc de fouille seront mis en œuvre.

La fouille sera comblée par des terres d'apport saines ou éventuellement remblayées avec les terres du site ne présentant pas d'impacts, et sous réserve de la prise en compte des contraintes géotechniques.

b) Paramètres de suivi et inconvénients

Le biotertre nécessite, en général, des mesures régulières sur les volumes et concentrations des effluents gazeux et liquides (eau résiduaire), qui sont à gérer : conditions de rejets des eaux, gestion des événements de drainage des gaz résiduels.

Le suivi des paramètres suivants sera nécessaire en cours du traitement par biotertre :

- Taux d'humidité : une humidité élevée rend difficile l'aération des terres. A l'inverse, tous les microorganismes ont besoin d'eau pour se développer,
- Nutriments : notamment l'azote et le phosphore nécessaire au développement des bactéries,
- La température : qui impacte l'activité microbienne (à maintenir entre 15 et 30 degrés),
- si nécessaire dénombrement bactérien dans les sols et dans l'eau,
- Les concentrations en polluants dans les sols et les gaz des sols (suivi de la production de CO₂ notamment),
- Concentrations en polluants dans les rejets atmosphériques et paramètres relatifs au traitement des gaz (débits, dépression, perte de charge, saturation du charbon actif....),
- Concentrations en polluants dans les rejets liquides et paramètres relatifs au traitement des eaux (débits, saturation des filtres....).

Ses inconvénients et ses facteurs limitants sont les suivants :

- l'hétérogénéité des sols peut interférer sur l'homogénéité de la distribution de la circulation d'air et donc sur l'efficacité du traitement,
- le pourcentage de particules fines contenues dans le sol est un facteur limitant,
- les sols contenant de l'argile et un taux de matière organique élevé engendrent une grande adsorption des polluants sur la matrice solide, ce qui diminue les rendements épuratoires,
- le système nécessite souvent un tri au préalable ; les granulométries supérieures à 60 mm sont souvent exclues du procédé,
- les émissions atmosphériques nécessitent parfois un traitement d'air (surcoût),
- les concentrations élevées en métaux/métalloïdes sont incompatibles avec ce procédé,
- des températures faibles diminuent considérablement l'efficacité du traitement,
- la hauteur des tertres est généralement comprise entre 1 et 3 m au maximum, ce qui implique une surface au sol parfois conséquente,
- l'ajout d'agents structurants parfois, augmente le volume de matériaux à traiter,
- Les temps de traitement nécessaires varient de quelques semaines à plusieurs mois, voire 18 à 24 mois.

La faisabilité de la mise en place de ce traitement est à confirmer dans le cadre d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) où des essais en laboratoire et des essais de terrain seront menés.

c) Coûts associés

L'investissement initial est notamment lié à l'ouvrage de traitement à mettre en place et aux différents travaux et aménagements qui peuvent être nécessaires (plateforme de pose aplanie, réseau interne de drainage gaz et eau résiduaire).

Les terres traitées peuvent être réutilisées pour le remblaiement des fouilles, en fonction des résultats d'analyses.

Le coût global lié au réemploi des terres sous voirie hors Maîtrise d'Œuvre est estimé à environ 168 K€ HT selon la décomposition suivante :

Prestations envisagées	Unité	Qté	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
TRAITEMENT DES SOURCES CONCENTREES				
<i>Traitement par biotertre sur site</i>				
Terrassement des terres impactées en HCT et HAP, en fouille ouverte, sans dispositif de soutènement spécifique, hors nappe, sans pompage d'épuisement de fouille	tonnes	3 000	5	15 000
Traitement biologique de terres sur site	tonnes	2 850	45.00	128 250
Création d'une plateforme pour implanter le biotertre	m ³	1 000	10	10 000
Reprise des terres pour remblaiement	tonnes	3 000	5	15 000
ESTIMATION DU TOTAL en € HT :				168 000

Tableau 36: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°2

5.8.5 Mesure de gestion n°3 : excavation et remblaiement de la fouille avec confinement par couverture et étanchéification

Le confinement sur site permet de créer un merlon en recouvrant la zone de terres polluées sous une couche de géosynthétiques pour limiter la diffusion des polluants, ou bien d'encapsuler totalement les sols pollués dans une alvéole creusée à cet effet et fermée par une couverture étanche afin de limiter les infiltrations d'eaux de pluie et la migration des gaz. Il faut donc mettre en place un dispositif d'étanchéité par géomembranes en fond et en couverture, généralement composé de géotextile, géomembrane et géocomposite de drainage des gaz du sol résiduels et eaux de ressuyage en fond de confinement, selon le schéma suivant :

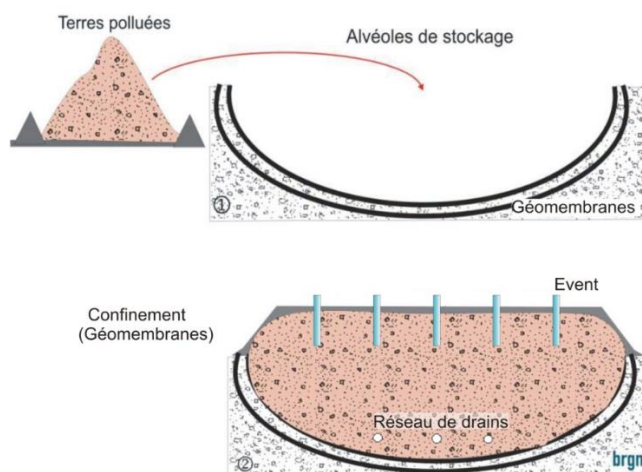


Figure 26 Schéma de l'encapsulation on site.

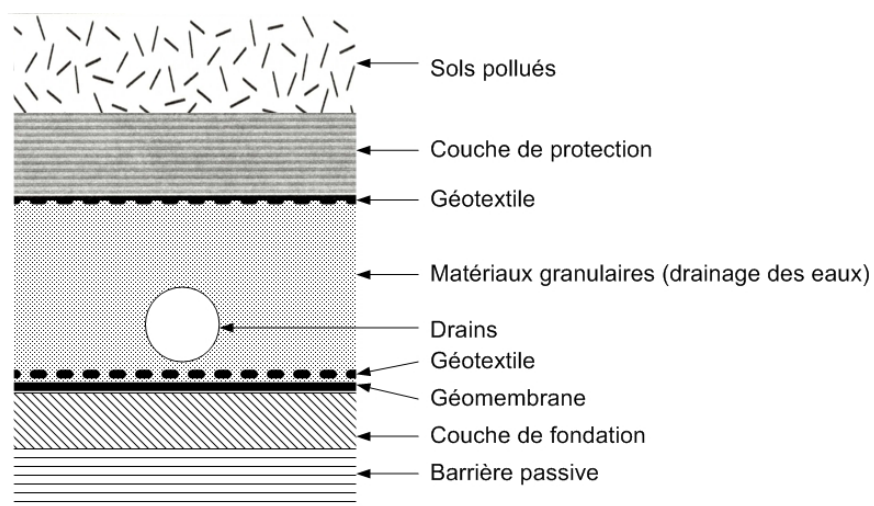


Figure 27 Exemple de couche de fond d'encapsulation (partiellement adapté de Lecomte, 1998).

a) Contrôle des mesures de gestion

Des prélèvements et analyses de fond et de flancs de fouille doivent être réalisés après purge des zones à pollution concentrée afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de réhabilitation en HCT et HAP. Au regard des dimensions de la zone à purger, il s'agira de réaliser un prélèvement par flanc de fouille et un prélèvement en fond de fouille, avec analyses en HCT et HAP (soit 5 unités par zone), jusqu'à l'atteinte des objectifs de réhabilitation à savoir des teneurs résiduelles dans les sols inférieurs à 1 500 mg/kg en HCT et 60 mg/kg en HAP.

Le cas échéant, des terrassements complémentaires devront être réalisés, puis des nouveaux contrôles de flanc de fouille seront mis en œuvre.

La fouille sera comblée par des terres d'apport saines ou éventuellement remblayées avec les terres du site ne présentant pas d'impacts, et sous réserve de la prise en compte des contraintes géotechniques.

b) Contrôle des mesures de gestion

L'encapsulation nécessite des mesures régulières sur les volumes et concentrations des effluents gazeux et liquides (eau résiduaire), qui sont à gérer : conditions de rejets des eaux, gestion des événements de drainage des gaz résiduels.

c) Coûts associés

L'investissement initial est notamment lié à l'ouvrage de confinement à mettre en place et aux différents travaux et aménagements qui peuvent être nécessaires (plateforme de pose aplanie, réseau interne de drainage gaz et eau résiduaire).

Ce confinement nécessite une maintenance significative afin de garantir la pérennité de l'ouvrage. Un suivi analytique est nécessaire sur la gestion des drainages gaz et eau résiduaire.

Le coût global lié au réemploi des terres sous voirie hors Maîtrise d'Œuvre est estimé à environ 147 K€ HT selon la décomposition suivante :

Prestations envisagées	Unité	Qté	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
TRAITEMENT DES SOURCES CONCENTREES				
Confinement des terres impactées				
Terrassement des terres impactées en HCT et HAP, en fouille ouverte, sans dispositif de soutènement spécifique, hors nappe, sans pompage d'épuisement de fouille	tonnes	3 000	5	15 000
Confinement des terres impactées hors SP8 et SH12	tonnes	2 850	30	85 500
Fourniture de terres saines d'apport, pour le remblaiement des fouilles après purge avec compactage sommaire.	tonnes	2 850	11.00	31 350
Remblaiement des purges avec compactage sommaire	tonnes	3 000	5	15 000
ESTIMATION DU TOTAL en € HT :				146 850

Tableau 37: Evaluation des coûts des travaux de dépollution de la mesure de gestion n°3

Afin de réduire les coûts, il peut également être envisagé de réutiliser les terres ne présentant aucun indices organoleptiques et des teneurs en hydrocarbures conformes aux seuils définis (HCT > 1 500 mg/kg et HAP > 60 mg/kg), pour combler les zones purgées, et sous réserve de la prise en compte des contraintes géotechniques.

Dans ce cas, le poste « fourniture de terres saines » n'est pas à prendre en compte.

5.8.6 Comparaison des deux solutions de gestion

Le tableau suivant compare les deux solutions avec le code couleur suivant pour leur valorisation :

	Evacuation et évacuation hors site des pollutions concentrées	Excavation et traitement des terres impactées sur site par Biotertre	Excavation et encapsulation des terres impactées sur site
Critère technique	<p>Cette solution est la plus robuste et ne nécessite pas de spécificité technique particulière qui ne serait pas déjà connue par l'entreprise de travaux : gestion des terrassement en sécurité, gestion des évacuations avec traçabilité normalisée des terres, importation de terre de réemploi, dont il faut s'assurer de la qualité à la fois sanitaire et géotechnique conformes aux critères de réemploi. Aucun suivi post-traitement n'est nécessaire pour cette mesure de gestion.</p>	<p>Encombrement important du site Tri et amendement des terres nécessaires Mise au jour de polluants (odeurs, poussières) Gestion des effluents, Risque de pollution résiduelle dans les terres après traitement, Traitement long nécessitant une immobilisation partielle du site, Cout non maîtrisé en cas de non atteinte des objectifs</p>	<p>Cette solution est maîtrisée et nécessite une vigilance et rigueur sur les opérations de déblais/remblais sur site, avec parfois la nécessiter de stocker les terres en zone tampon sur site ou hors site, dans l'attente de leur confinement; ce qui conduit à une gestion de l'espace pouvant être délicate. Il faut également prévoir de la place pour le confinement des terres.</p> <p>On considère que les confinements, lorsqu'ils sont bien conçus et bien mis en place, sont très efficaces et ne permettent pas ou très peu de fuites vers l'extérieur. Dans tous les cas, les flux sortant du confinement doivent être compatibles avec les usages sur et hors site.</p> <p>L'encapsulation des terres doit également intégrer la composante géotechnique. Un suivi à long terme devra être opéré obligatoirement et devra permettre de vérifier son fonctionnement et de suivre l'évolution de son efficacité.</p>
Critère de planning	<p>Cette solution est facilement programmable et n'a pas d'incidence notable sur le planning de chantier (quelques semaines).</p>	<p>Temps de traitement long (18 à 24 mois) ; cette solution nécessite des études préalables (Plan de Conception des Travaux (PCT)). Cependant, le réemploi des terres traitées par biotertre dans le cadre des futurs aménagements nécessitera une validation sanitaire et géotechnique.</p>	<p>Cette solution nécessite des études préalables (études géotechniques, Plan de Conception des Travaux (PCT)).</p>

Critère juridique	Les terres de déblais sortant du site sont assujetties à la réglementation déchet, par le RNTDS et Trackdéchet pour les déblais dangereux.	Il est nécessaire de réaliser le traçage des terres après traitement.	Il est nécessaire de réaliser le traçage des terres qui nécessitent un confinement par rapport aux terrains d'assise.
Critère environnemental	Cette solution sollicite des filières de stockage hors site des terres, lorsque celles-ci ne peuvent pas être valorisées, ce qui accentue l'impact environnemental du chantier; les norias d'évacuation des terres hors site induisent aussi un bilan Carbone dégradé sur le chantier, avec les nuisances associées.	Le traitement des terres impactées sur site est bénéfique dans la mesure où il soulage les filières de traitement-stockage des terres hors site, et réduit les transports routiers. On note également la réduction de déchets générés dans le cadre du traitement des terres sur site.	Le confinement des terres impactées sur site est bénéfique dans la mesure où il soulage les filières de traitement-stockage des terres hors site, et réduit les transports routiers. On note également l'absence de déchets générés dans le cadre du confinement des terres sur site.
Critère de coût.	Les évacuations hors site, en filières de valorisation ou de stockage, attestent d'un coût pouvant être significatifs, surtout pour les terres fortement impactées que l'on retrouve sur site.	Le traitement des terres présente un coût moindre que l'évacuation des terres.	Le confinement des terres présente un coût moindre que l'évacuation des terres.

	solution plus avantageuse/adaptée
	solution moins avantageuse/adaptée
	comparaison neutre entre les deux solutions examinées

Tableau 38 : Comparaison des deux solutions de gestion retenues

Les solutions étudiées visent à préciser les solutions de traitement des terrains impactés, à partir d'une démarche argumentée, permettant de garantir une maîtrise de la source de pollution.

Dans ce cadre, il est préconisé l'excavation et l'évacuation hors site des terres impactées qui représente la solution la plus optimisée tant du point de vue technique que financier (Bilan Coût-Avantages).

5.8.7 Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre de l'aménagement du parc

a) Plan déblais/remblais

Sur la base du plan topographique actuel ainsi que le plan topographique du futur parc transmis par le paysagiste « , nous avons modélisé les déblais/remblais à l'aide du logiciel COVADIS.

La comparaison entre les MNT « existant » et « fond de forme projet » ainsi modélisés a permis de déterminer les volumes de déblais/remblais à prévoir sur le projet.

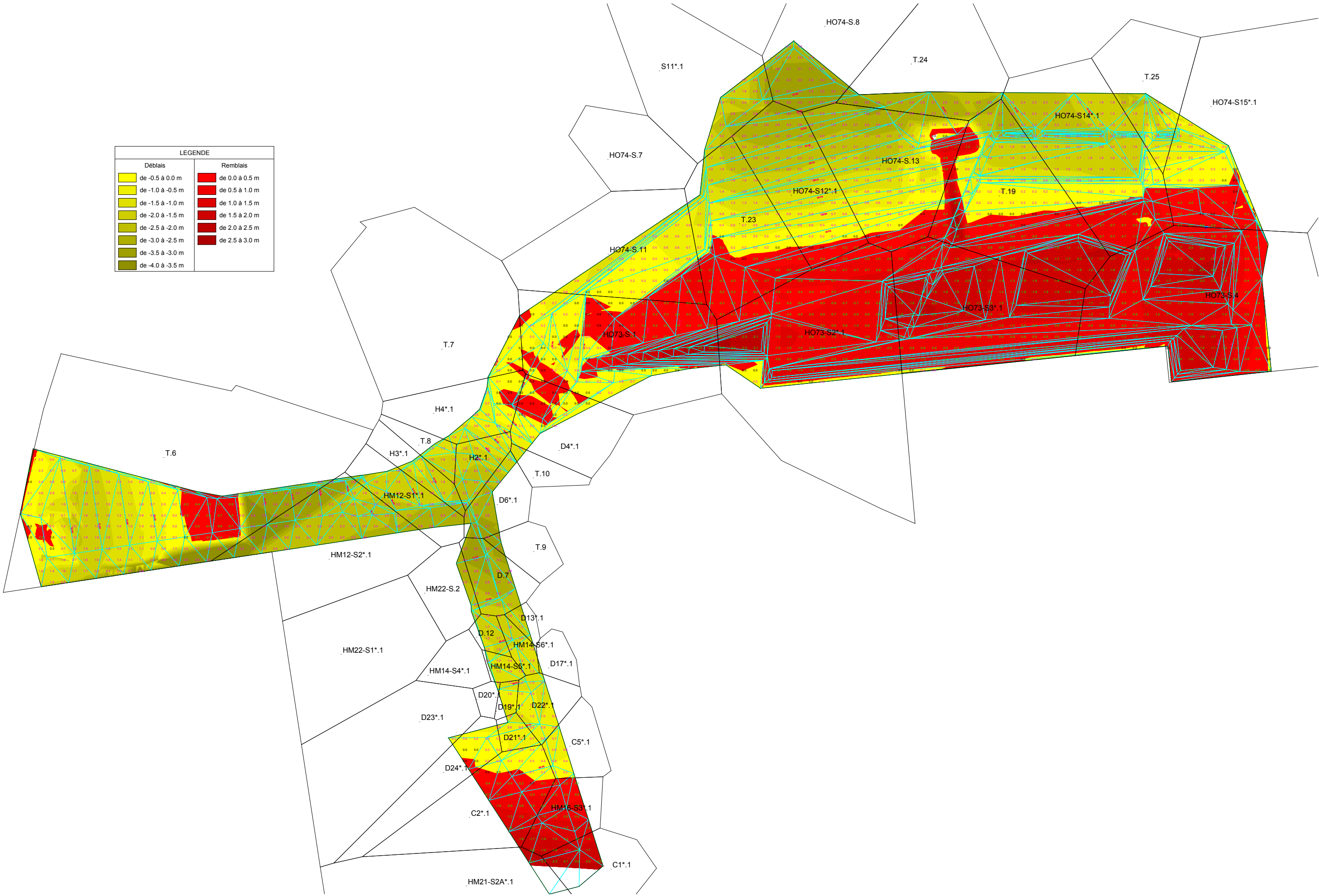
La version du plan MNT du parc « 241125-CMC-Altimetrie parc.DWG » est daté du 24/11/2025.

Le projet est ainsi majoritairement en déblais.

La figure ci-après illustre le plan déblais/remblais au droit du futur parc :

Figure 28 Plan déblais/remblais au droit du futur parc.

LEGENDE	
Déblais	Remblais
de -0.5 à 0.0 m	de 0.0 à 0.5 m
de -1.0 à -0.5 m	de 0.5 à 1.0 m
de -1.5 à -1.0 m	de 1.0 à 1.5 m
de -2.0 à -1.5 m	de 1.5 à 2.0 m
de -2.5 à -2.0 m	de 2.0 à 2.5 m
de -3.0 à -2.5 m	de 2.5 à 3.0 m
de -3.5 à -3.0 m	
de -4.0 à -3.5 m	



b) Terrassement et évacuation hors site des déblais sans réutilisation sur site

La répartition par filière des mailles à excaver a été établie à partir des résultats d'analyse disponibles comparés aux critères d'acceptation de l'arrêté du 12/12/2014, des lithologies rencontrées et des observations (indices organoleptiques).

Cette solution est présentée à titre d'illustration en contre-exemple, dans la mesure où la valorisation des terres reste à privilégier, en alternative à l'envoi en filière de stockage.

Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) :

Si absence d'indices organoleptiques (couleur noirâtre, odeurs, présence de volatils au PID, mâchefers, remblais avec présence de débris ou de matériaux anthropiques...);

Si dépassement uniquement pour les sulfates ou fraction soluble (sur éluât);

Si présente des teneurs de l'ensemble des composés chimiques respectant les seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes;

Installation de Stockage de Déchets Inertes Aménagée (ISDI+) :

Si absence d'indices organoleptiques (couleur noirâtre, odeurs, présence de volatils au PID, mâchefers, remblais avec présence de débris ou de matériaux anthropiques...) et lithologie présentant des limons sableux et/ou des sables limoneux et/ou des sables;

Si dépassement sur éluât présente des teneurs inférieures ou égales à 3 fois la valeur seuil définie par l'arrêté du 12 décembre 2014;

Installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) :

Si présence d'indices organoleptiques (couleur noirâtre, odeurs, présence de volatils au PID, mâchefers, remblais avec présence de débris ou de matériaux anthropiques...);

Si dépassement sur éluât avec des teneurs supérieures à 3 fois la valeur seuil définie par l'arrêté du 12 décembre 2014 et inférieures aux seuils ISDD;

Biocentre :

Si présence d'indices organoleptiques (couleur noirâtre, odeurs, présence de volatils au PID, mâchefers, remblais avec présence de débris ou de matériaux anthropiques...);

Si dépassement sur éluât avec des teneurs inférieures au seuil ISDND et des dépassements pour les composés hydrocarbonés compatible avec un traitement en biocentre (avec des microorganismes).

Installation de stockage de déchets dangereux (ISDD) :

Si présence d'indices organoleptiques (couleur noirâtre, odeurs, présence de volatils au PID, mâchefers, remblais avec présence de débris ou de matériaux anthropiques...);

Si dépassement sur éluât avec des teneurs supérieures aux seuils ISDND.

Tableau 39 : Définition des filières

c) Plan de maillage et répartition des terres avec coûts associés

L'ensemble des échantillons n'a pas fait l'objet d'analyses pack ISDI selon l'arrêté du 12/12/2014. Ainsi, les résultats ont été extrapolés en terres inertes en l'absence d'impacts en polluants analysés.

Seuls les sondages T19, T23 et T25 ont fait l'objet d'analyses en pack ISDI selon l'arrêté du 12/12/2014 en profondeur. Aucun dépassement des seuils fixés par l'arrêté n'a été détecté sur ces sondages à partir d'un mètre de profondeur. Ainsi pour les excavations profonds supérieurs à un mètre, les terres ont été considéré inertes par extrapolation.

Un plan de terrassement prévisionnel a été réalisé en s'appuyant sur les résultats obtenus à l'issue des campagnes d'investigations antérieures. La répartition par filières des terres et le plan de terrassement est présentée ci-après.



* : les échantillons n'ont pas fait l'objet d'analyses pack ISDI selon l'arrêté du 12/12/2014, les résultats ont été extrapolés en terres inertes en l'absence d'impacts en polluants analysés

Figure 29 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création du futur parc à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.

Le tableau ci-après résume l'orientation des terres excavées dans le cadre de la création du futur parc :

Secteurs	Sondage	Surface totale	Surface dans le périmètre	Surface déblais	Volume entre les deux MNT					Justificatif filière	
					Déblais	Ht moyen	Surface remblais	Remblais	Ht moyen	Tranche 1	Tranche 2
P1	HO73-S.1	3988	3225	1311	332	0.25	1913	1169	0.61	Biocentre	ISDI
	HO73-S.4	6233	4626	49	4	0.08	4578	5193	1.13	ISDI	ISDI
	HO73-S2.1	7177	3753	138	14	0.10	3615	3200	0.89	ISDI	ISDI
	HO73-S3.1	3887	3887	40	4	0.11	3847	5050	1.31	ISDI	ISDI
	HO74-S.11	3287	1524	1231	694	0.56	293	132	0.45	Biocentre sur 30 cm	ISDI
	HO74-S.13	3048	3048	2562	3944	1.54	482	170	0.35	ISDI	ISDI
	HO74-S.8	3739	731	731	2272	3.11	0	0	0	ISDI	ISDI
	HO74-S12.1	2201	2201	1991	3375	1.70	210	48	0	ISDI	ISDI
	HO74-S14.1	3598	3106	2363	3909	1.65	743	453	0.61	ISDI	ISDI
	HO74-S15.1	8528	1454	755	376	0.50	698	170	0.24	ISDI	ISDI
	S11.1	3445	538	538	1218	2.26	0	0	0	ISDI	ISDI
	T.19	3587	3587	1663	1770	1.06	1923	2096	1.09	ISDI	ISDI
	T.23	2599	2510	1505	1638	1.09	1006	365	0.36	ISDI+ sur 40 cm	ISDI
	T.24	2825	622	622	1673	2.69	0	0	0	ISDI	ISDI
	T.25	1760	497	497	732	1.47	0	0	0	1 m ISDI+ puis ISDI	ISDI
	Sous-total P1		35307		21956			18045			
P2	H2*.1	510	510	510	913	1.79	0	0	0	ISDI	ISDI
	H3*.1	532	289	289	518	1.79	0	0	0	ISDI	ISDI
	H4*.1	1269	547	481	283	0.59	66	3	0.04	ISDI	ISDI
	HM12-S1*.1	948	641	641	1374	2.14	0	0	0	ISDI	ISDI
	HM12-S2*.1	3118	1424	1424	3825	2.69	0	0	0	ISDI	ISDI
	T.6	10807	4556	3926	5782	1.47	630	272	0.43	ISDI	ISDI
	T.7	5189	197	168	18	0.11	29	3	0.10	ISDI	ISDI
	T.8	363	178	178	276	1.55	0	0	0	ISDI	ISDI
	T.10	335	30	30	35	1.16	0	0	0	ISDI	ISDI
	C1*.1	1229	275	0	0		275	509	1.85	ISDI	ISDI
	C2*.1	2141	952	301	80	0.27	651	452	0.69	ISDI	ISDI
	C5*.1	711	191	188	91	0.49	3	0	0.02	ISDI	ISDI
	D.7	734	592	592	1602	2.70	0	0	0	Biocentre sur 1.2 m	ISDI
	D.12	213	180	180	295	1.64	0	0	0	Désorption sur 80 cm	ISDI
	D4*.1	1512	649	370	93	0.25	279	17	0.06	ISDI	ISDI
	D6*.1	726	344	344	909	2.64	0	0	0	ISDI	ISDI
	Sous-total P2		11557		16094			1256			
P3	D13*.1	153	75	75	137	1.81	0	0	0	ISDI	ISDI
	D17*.1	330	5	5	6	1.25	0	0	0	ISDI	ISDI
	D19*.1	139	107	107	111	1.03	0	0	0	ISDI	ISDI
	D20*.1	141	6	6	6	1.04	0	0	0	ISDI	ISDI
	D21*.1	213	200	200	138	0.69	0	0	0	ISDI	ISDI
	D22*.1	586	389	389	385	0.99	0	0	0	ISDI	ISDI
	D23*.1	3375	11	11	2	0.19	0	0	0	ISDI	ISDI
	HM14-S5*.1	177	160	160	217	1.35	0	0	0	ISDI	ISDI
	HM14-S6*.1	242	239	239	358	1.50	0	0	0	ISDI	ISDI
	HM16-S3*.1	829	638	0	0	0.00	638	658	1.03	ISDI	ISDI
	HM21-S2A*.1	3439	50	0	0		50	114	2.27	ISDI	ISDI
	HM22-S.2	833	104	104	251	2.41	0	0	0	ISDI	ISDI
	T.9	523	40	40	121	3.07	0	0	0	ISDI	ISDI
	D24*.1	1096	289	260	59	0.23	29	2	0.06	ISDI	ISDI
	Sous-total P3		2314		1790			773			
	Total		49179		39840			20074			

Tableau 40 : Tableau d'orientation des terres dans le cadre des excavations liées au futur projet (création du parc)

Filières		Volume filière	Tonnes filière	Coût filière de stockage (€ HT)	Coûts (€ HT)
Futur Parc					
ISDI	Installation de Stockage de Déchets Inertes	37 188	66 938	13 €/t	870 197
ISDI+	Installation de Stockage de Déchets Inertes à Seuil Augmenté	1 098	1 977	30 €/t	59 329
BIO	Biocentre	1412	2 541	75 €/t	190 616
Désorption	Désorption	144	259	150 €/t	38 925
Total		39 843	71 716	-	1 159 070

Tableau 41 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière

Les terres excavées dans le cadre de la mise à niveau du futur parc, issues des mailles HO73-S1, HO74-S11, et HO74-S7, sont impactées en hydrocarbures (HCT > 1 500 mg/kg et/ou HAP > 60 mg/kg) et doivent être évacuées hors site (paragraphe 7.3).

7 874 tonnes de terres issues des mailles T7, T19, T23 et T24, peuvent être réemployé directement sans réserve.

7 600 tonnes environ, issus des excavations au droit des mailles HO73-S2, HO73-S3 et HO74-S12 peuvent être réemployés au droit des futurs espaces extérieurs sous couverture pérenne.

5.8.8 Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un ou deux niveaux au droit des lots privés

a) Création des sous-sol sur un niveau

Répartition des terres vis-à-vis d'une éventuelle évacuation hors site

Dans l'hypothèse où l'ensemble de la zone concernée par la création des sous-sol sur un niveau serait excavé sur une hauteur de 3 m environ, soit 168 350 tonnes, pourraient être destinés à des filières hors site, pour un coût d'évacuation, de transport et d'enfouissement des terres estimé à environ 2 375 K euros HT, sous réserve d'acceptation de la part des installations de stockage.

La cartographie ci-après présente l'orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sol sur un niveau sur la tranche 0-1 m. En raison de l'absence d'analyses systématiques sur la tranche profonde de terres située entre 1 et 3 m, les terres sont considérées inertes par extrapolation.



Figure 30 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un niveau à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.

Le tableau ci-après résume l'orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un niveau, en cas d'évacuation en filière spécialisée :

Filières		Volume filière m ³	Tonnes filière	Coût filière de stockage (€ HT)	Coûts (€ HT)
Création des sous-sol					
ISDI	Installation de Stockage de Déchets Inertes	92 052	165 694	13 €/t	2 154 028
ISDI+	Installation de Stockage de Déchets Inertes à Seuil Augmenté	537	966	62 €/t	59 929
BIO	Biocentre	938	1 689	95 €/t	160 483
Total		93 528	168 350	-	2 374 500

Tableau 42 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière

Pour rappel, les échantillons non analysés en pack ISDI ont été considéré inerte, en l'absence d'indices organoleptiques.

Répartition des terres vis-à-vis de la grille de réemploie

Le tableau ci-après résume la répartition des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un niveau selon la grille de réemploi des terres préalablement définie :

Filières		Volume filière m ³	Tonnes filière
	Traitement avant réemploi	63.5	114
	Traitement des métaux lourds avant réemploi (confinement et zone de servitude ou autre traitement)	5 523	10570
	Réemploi au droit des espaces extérieurs sous confinement pérenne	19 206	3 4571
	Métaux lourds non analysés	68 735	123 095
Total		93 528	168 350

Tableau 43 : Tableau récapitulatifs des volumes selon la grille du réemploi des terres sur la ZAC



a) Création des sous-sol sur deux niveaux

Dans l'hypothèse où l'ensemble de la zone concernée par la création des sous-sol sur un niveau serait excavé sur une hauteur de 6 m environ, soit 283 296 tonnes, pourraient être destinés à des filières hors site, pour un coût d'évacuation, de transport et d'enfouissement des terres estimé à environ 8 032 K euros HT, sous réserve d'acceptation de la part des installations de stockage.

La cartographie ci-après présente l'orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sol sur un niveau sur la tranche 0-1 m. En raison de l'absence d'analyses systématiques sur la tranche profonde de terres située entre 1 et 6 m, les terres sont considérées inertes par extrapolation.

Le tableau ci-après résume l'orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur deux niveaux, en cas d'évacuation en filière spécialisée :

Filières		Volume filière m ³	Tonnes filière	Coût filière de stockage (€ HT)	Coûts (€ HT)
Création des sous-sol					
ISDI	Installation de Stockage de Déchets Inertes	261 197	489 826	13 €/t	6 367 739
ISDI+	Installation de Stockage de Déchets Inertes à Seuil Augmenté	3 347	6 024	62 €/t	373 525
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux	12 562	3 156	80 €/t	252 504
BIO	Biocentre	6189	10 925	95 €/t	1 037 953
Total		283 296	509 933	-	8 031 721

Tableau 44 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière

Pour rappel, les échantillons non analysés en pack ISDI ont été considéré inerte, en l'absence d'indices organoleptiques.



Figure 31 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur deux niveaux à différentes hauteurs entre 0 et 1 m.

Le tableau ci-après résume la répartition des terres excavées dans le cadre de la création des sous-sols sur un niveau selon la grille de réemploi préalablement définie :

Filières		Volume filière m3	Tonnes filière
	Traitement avant réemploi	3 233	5 820
	Traitement des métaux lourds avant réemploi (confinement et zone de servitude ou autre traitement)	9 649	17 368
	Réemploi au droit des espaces extérieurs sous confinement pérenne	17 200	30 960
	Métaux lourds non analysés	253 213	455 784
Total		283 296	509 933

Tableau 45 : Tableau récapitulatifs des volumes selon la grille du réemploi des terres sur la ZAC



5.8.9 Mesures de gestion des terres excavées dans le cadre du réaménagement des voiries

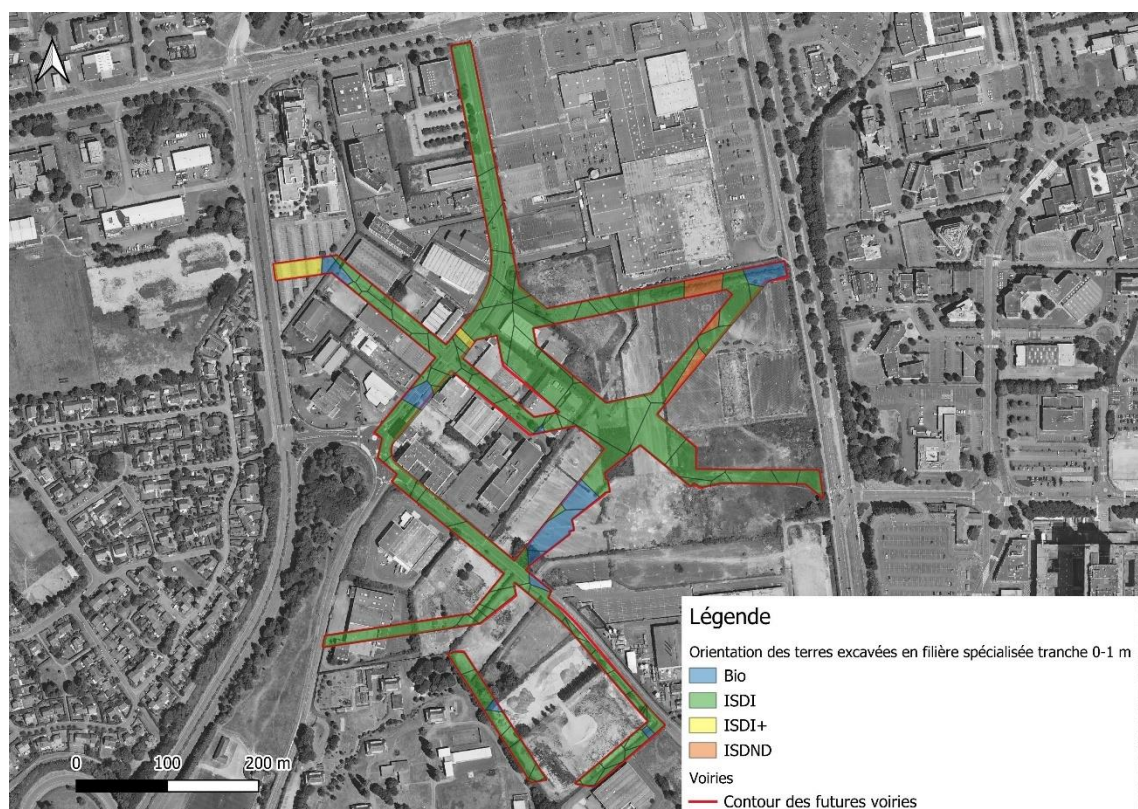


Figure 32 Orientation des terres excavées dans le cadre de la création des voiries

Filières		Volume filière m ³	Tonnes filière	Coût filière de stockage (€ HT)	Coûts (€ HT)
Création des voiries					
ISDI	Installation de Stockage de Déchets Inertes	22 152	39 874	13 €/t	518 362
ISDI+	Installation de Stockage de Déchets Inertes à Seuil Augmenté	503	906	62 €/t	56 186
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux	503	906	80 €/t	72 498
BIO	Biocentre	2 014	3 625	95 €/t	344 367
Total		25 173	45 311	-	991 413

Tableau 46 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière

5.8.10 Répartition des déblais / remblais par secteur

Le tableau ci-après résume les volumes de terres excavées ainsi que la répartition par filière pour chaque aménagement futur (Parc, voiries et création des sous-sols au droit des lots privés).

Filières	Volume filière	Tonnes filière	Coût filière de stockage (€ HT)	Coûts (€ HT)
Futur Parc				
ISDI	37 188	66 938	13 €/t	870 197
ISDI+	1 098	1 977	30 €/t	59 329
BIO	1412	2 541	75 €/t	190 616
Désorption	144	259	150 €/t	38 925
Total	39 843	71 716	-	1 159 070
Création des voiries				
ISDI	22 152	39 874	13 €/t	518 362
ISDI+	503	906	62 €/t	56 186
ISDND	503	906	80 €/t	72 498
BIO	2 014	3 625	95 €/t	344 367
Total	25 173	45 311	-	991 413
Création des sous-sol sur 2 niveaux				
ISDI	261 197	489 826	13 €/t	6 367 739
ISDI+	3 347	6 024	62 €/t	373 525
ISDND	12 562	3 156	80 €/t	252 504
BIO	6189	10 925	95 €/t	1 037 953
Total	283 296	509 933	-	8 031 721
Création des sous-sol sur 1 niveau				
ISDI	92 052	165 694	13 €/t	2 154 028
ISDI+	537	966	62 €/t	59 929
BIO	938	1 689	95 €/t	160 483
Total	93 528	168 350	-	2 374 500

Tableau 47 : Tableau récapitulatifs des volumes et coûts par filière selon les différents aménagements futurs

	Volume filière m ³			
Secteurs	ISDI	ISDI+	Bio	ISDND
C	620	13	41	-
3	152	32	17	22
0	386	-	-	-
T1	319	-	-	-
Q1	100	-	34	-
Q2	594	-	-	-
1A	3084	-	87	-
1B	2158	-	278	-
G	1210	-	20	-
2	1662	-	264	267
ES	980	-	-	-
M	88	-	-	-
EC	134	-	132	-
EN	577	16	87	-
5	71	-	39	21
F	37	-	-	-
S1	6	-	-	-
T2	594	-	65	-
4	208	-	-	-

Tableau 48 : Tableau récapitulatifs des volumes par filière selon les différents secteurs

	Volume filière m3					
	Deblais	Remblais	ISDI	ISDI+	Bio	ISDND
Vert	1676.362	2385.522	1474	32	149	22
Jaune	4525.153	3264.208	4281	29	215	0
Rouge	3665.647	709.397	3368	0	298	0
Bleu	3312.859	1967.376	2748	0	298	267
Magenta	1108.598	282.224	984	0	104	21
Cyan	125.238	1572.292	125	0	0	0

Tableau 49 : Tableau récapitulatifs des volumes par filière selon les différents secteurs groupés

La cartographie ci-après présente l'orientation des terres excavées au droit de l'ensemble de la ZAC sur la tranche 0-1 m. En raison de l'absence d'analyses systématiques sur les sondages, les terres sont considérées inertes par extrapolation en l'absence d'indices organoleptiques.

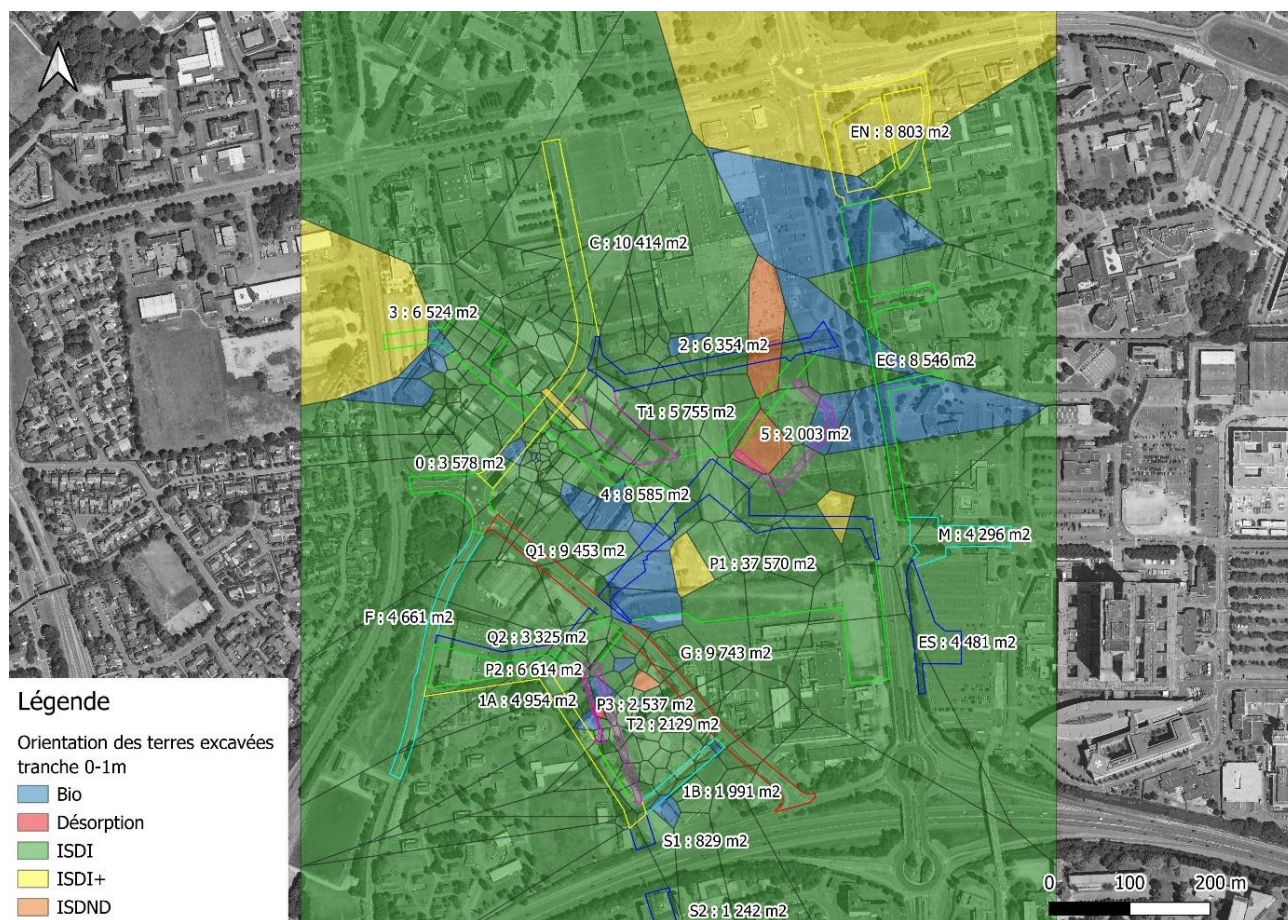


Figure 33 Orientation des terres excavées à différentes hauteurs entre 0 et 1 m au droit de l'ensemble de la ZAC.

5.8.11 Réutilisation d'une partie des déblais en remblais sur site

L'évacuation hors site des terres de déblais en filière spécialisée pose une problématique à la fois de coût et d'impacts environnementaux sur le bilan carbone du projet, et sur les filières d'acceptation des terres.

D'où l'intérêt à chercher à valoriser les terres de déblais peu impactées (ISDI, ISDI+, biocentre et ISDND), selon des dispositions qui restent à préciser :

- les terres impactées en hydrocarbures (HCT > 1 500 mg/kg et HAP > 60 mg/kg) sur l'ensemble de la ZAC pourront faire l'objet d'un traitement biologique sur site,
- Afin de réduire les volumes de terres non réutilisables directement, nous recommandons la réalisations de sondages complémentaires avec des analyses en métaux lourds, HCT, HAP, BTEX, COHV et PCB,

- Les terres présentant des teneurs en polluants organiques ou métalliques supérieures aux seuils de coupures (cf. tableau 29), pourront faire l'objet d'une réutilisation sur site pour la réalisation des aménagements extérieurs (hors recouvrement), sous réserve d'une étude géotechnique,
- Les terres ne présentant pas de dépassements par rapport aux seuils de coupures, pourront être réemployées sans réserve,
- Une fertilisation des terres sur site est envisageable, afin de permettre une réutilisation de terres excavées pour les nouvelles plantations. La fertilisation des terres devra être validée par une étude sanitaire.

5.9 RECOMMANDATIONS

5.9.1 Pré-caractérisation

Les terrassements devront faire l'objet d'une pré-caractérisation maillée des fouilles, afin que l'entreprise obtienne ses certificats préalables d'acceptation en filières de traitement-valorisation-stockage hors site sur des filières reconnues.

La qualité des terres de déblais devra faire l'objet d'analyses de type pack ISDI pour :

- Disposer avant évacuation, des certificats d'acceptation préalables selon les filières choisies et justifiées par leur AP (dont filière biocentre, ISDI, ISDND et centre de valorisation),
- Contrôler la qualité des terres de déblais avant évacuation.

A cette fin, un maillage sera établi préalablement aux terrassements pour permettre le géoréférencement des terres et leur suivi par bon de transport-évacuation-stockage-traitement.

Au besoin, des zones tampons sur aire étanche, seront aménagées pour vérifier la qualité de terres suspectes avant leur évacuation.

L'ensemble des mouvements de terre sera enregistré dans un registre de chantier.

La réception des terrassements sera conduite par constat sur les bords et fond de fouille, par analyse pack ISDI avec COHV et HCT C5-C16 en complément des HCT.

Les résultats d'analyse seront comparés au référentiel ISDI (12/12/2014).

Dans le cas d'opération sur tri sur site, les dispositions seront prises pour éviter l'envol des poussières et stocker les terres hors ISDI sur aire étanche.

En cas d'apport extérieur, celles-ci devront faire l'objet d'analyse de sol de type pack ISDI avec, en plus, analyses des 8 métaux sur brut et HC C5-C10.

Le dossier des ouvrages exécutés devra permettre d'identifier, par mailles, les zones terrassées en remblais, en déblais, et de conserver ainsi la mémoire des opérations de terrassement.

5.9.2 Gestion des stocks tampons

Les points bas de fond de fouille feront l'objet de dispositions de pompage pour éviter la stagnation préjudiciable des eaux pluviales. Les rejets devront être conformes aux seuils définis par le gestionnaire du réseau d'assainissement.

Dans le cas de stockage tampons temporaire de terres, les stocks seront confinés par un polyane dessus-dessous et le stock recouvert à chaque fin de poste de travail, pour éviter la dispersion des contaminants (aérosols, poussières, lessivage des terres).

5.9.3 EPI et EPC

Les ouvriers et compagnons intervenants en fond de fouille ou affectés au stockage-déstockage des zones tampons de terres porteront un masque anti-poussière de classe P3 au regard du risque de dégazage des terres en composés volatils de type COHV détectés dans les gaz de sol et porteront des vêtements couvrants.

Un vestiaire propre/vestiaire sale avec casier vêtements propres/vêtements sales sera aménagé en base vie.

Il est interdit de manger, boire, fumer en zone de travaux.

Ces prescriptions seront à valider par le CSPS.

Les EPI/EPC seront adaptés en fonction des mesures régulières d'air ambiant en fond de fouille en phase travaux : balise de détection et masque A2B2 P3 à porter de main par les ouvriers les plus exposés en fond de fouille en cas d'alarme par la balise de détection.

5.9.4 Conditions de réaménagement du site

A l'issue des travaux, les terres présentant des dépassements en polluants par rapport aux seuils de coupures (tableau 29), seront soit recouvertes d'une couverture à minima de 30 cm de terre végétale ou recouvertes par un dallage ou enrobé.

Dans le cadre des éventuels aménagements futurs de type jardins partagés, nous recommandons la réalisation d'un aménagement de type hors-sol, de manière à isoler le terrain support (remblais contaminés) de la terre productive (création de bacs de culture), ou bien de réaliser, sur l'ensemble des zones de culture, un recouvrement ou substitution par 50 cm de terre saine d'apport avec un grillage avertisseur à l'interface sol en place et terre saine d'apport. En cas de plantation d'arbres fruitiers un décaissement de 1 m x 1 m, sur 1 m de profondeur, remblayé par de la terre saine, devra être réalisé au droit de chaque zone envisagée pour les arbres.

5.9.1 Mise en sécurité des cuves

Les diagnostics antérieurs ont montré la présence de deux cuves fuyardes au droit des parcelles HO17 et HM21.

Des cuves enterrées sont également présentes au droit des parcelles HO08 et HM19. Aucun impact significatif en polluant n'a été détecté sur les sondages sol réalisés par HPC à proximité de ces cuves.

Les parcelles HM22 abrite une potentielle cuve enterrée et la parcelle HO107 une cuve à fioul enterrée non localisée. Une campagne géoradar a été réalisée au droit de ces parcelles par Ginger Burgeap (résultats attendus).

Lors des travaux d'aménagement, avant l'extraction éventuelle des cuves enterrées, il sera nécessaire de réaliser le nettoyage et le dégazage des cuves. Un certificat de nettoyage / dégazage devra être fourni avant l'extraction. À l'issue de l'évacuation, le prestataire devra vous fournir un BSD des déchets hydrocarbures ainsi qu'un certificat de destruction de la cuve.

Nous recommandons dans le cadre de l'extraction de la cuve, le suivi des travaux en vue de :

- vérifier la bonne application des règles d'hygiène et sécurité,
- réaliser le constat de fond de fouille et un éventuel prélèvement de fond de fouille en cas de découverte d'impact.

5.9.2 Mesures constructives

On veillera aux points suivants au droit des mailles présentant des impacts en polluants organiques :

- Au droit des mailles impactées en hydrocarbures, cyanures et/ou solvants, la présence de matériaux de canalisation d'eau potable ne laisseront pas passer les gaz : ces matériaux seront en acier, fonte ou autre adapté au risque de perméation ;
- Recouvrir les sols pour éviter le risque d'exposition dans le projet futur ;
- L'application d'une ventilation mécanique évaluée à minima à 3 v/h, au droit du futur lot situé sur HO74.

Ces restrictions pourront être levées avec une réactualisation de ce plan de gestion conduite par un bureau d'étude certifié dans le domaine des Sites et Sols pollués.

5.9.3 Programme de surveillance des milieux

En phase travaux :

Les eaux d'exhaure, eaux de ressuyage des terres, eaux pluviales feront l'objet de contrôle mensuels en phase travaux, sur les paramètres attachés à leur exutoire.

Il est préconisé de réaliser des contrôles en fond et flancs de fouilles avec des analyses en HCTC10-C40, HC C5-C16, BTEX, HAP, COHV afin de vérifier l'absence de pollutions concentrées au droit des futurs aménagements.

Un suivi environnemental sur la nappe ne semble pas nécessaire sur le volet de la gestion des sols impactés, en regard de la situation de nappe très profonde ; mais celle-ci servant d'exutoire aux EP, une vigilance devra néanmoins être définie sur la nappe souterraine servant d'exutoire.

5.9.4 Plan de conception des travaux

Le volet de valorisation agronomique des terres devra nécessiter des tests en laboratoire et des essais pilotes sur site ; ce point sera examiné dans un prochain document.

Concernant la gestion des terres fortement impactées, celles-ci peuvent suivre une filière de traitement sur site ou hors site, en biocentre sans que le PCT soit nécessaire.

6. MISE A JOUR DU SCHEMA CONCEPTUEL (ETAT FUTUR)

A l'issue des investigations, il convient de réviser l'approche initiale basée sur le projet futur établie sur la base des informations recueillies de manière à actualiser le schéma conceptuel permettant de définir l'approche préliminaire du risque sanitaire.

Le schéma conceptuel vise à illustrer :

- Les sources de pollution ;
- Les cibles ;
- Les voies de transfert ;
- Les voies d'exposition.

6.1 IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION

Au stade de ces premiers résultats, le schéma conceptuel qui se dessine, dans la configuration projet est le suivant :

- Nappe très profonde (à partir de 45 m) et faiblement impactée, non retenue, à ce stade, pour être à l'origine de dégazages vers la surface, et donc de milieu de transfert,
- Gaz du sol, en tant que milieu intégrateur des anomalies sur les matrices sol, impactés en composés volatils dont Solvants, BTEX et HC, jouant le rôle de vecteurs de transfert pour une voie d'exposition par inhalation en composés volatils pour les futurs usagers sur site,
- Des anomalies ponctuelles en hydrocarbures (HCT et HAP) et en métaux lourds sur certaines parcelles.

6.2 LES CIBLES POTENTIELLES

Les cibles concernées :

- Au droit du site : futurs usagers de la ZAC (travailleurs, adultes et enfants résidents) ;
- Hors site : les riverains, les travailleurs, les écoliers...

6.3 LES VOIES DE TRANSFERT

Au regard des sources et des voies de transfert retenues et des recommandations données le tableau ci-après liste les voies d'exposition possibles identifiées d'après les informations intégrées dans le présent rapport.

Au regard de la ZPP et des voies de transfert retenues, le tableau ci-après liste les voies d'exposition possibles identifiées d'après les informations intégrées dans le présent rapport. :

Voie de transferts potentielle		Milieu d'exposition	Voie d'exposition	Cibles concernées		Conclusion	
Primaire	Secondaire			Sur site (futurs usagers de la ZAC)	Hors site (riverains, écoles, travailleurs)	Risque d'exposition possible ?	Justification
		Sol de surface	Ingestion de sol	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Il a été recommandé de mettre en place un recouvrement au droit des zones impactées en polluants (métaux lourds, HCT, HAP, bromures, cyanures...).
Envol de poussières		Air ambiant	Inhalation/Ingestion de poussières	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	
Dégazage		Air ambiant intérieur	Inhalation air (en phase chantier et exploitation)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Dégazage de composés volatils contenus dans les remblais de mauvais qualité chimique (présence de composés volatils dans les sols et gaz de sol ponctuellement sur certaines parcelles) / L'EQRS a montré l'absence de risque sous réserve d'appliquer une ventilation mécanique à 3 v/h à l'intérieur des futurs bâtis sur la partie ouest de la parcelle HO74.
		Air ambiant extérieur		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Dégazage de composés volatils contenus dans les remblais de mauvais qualité chimique (présence de composés volatils dans les sols et gaz de sol ponctuellement sur certaines parcelles) (exposition moins pénalisante par rapport à l'exposition air ambiant intérieur)

Perméation		Eau du réseau	Ingestion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Aucune fuite éventuelle du réseau d'acheminement de l'eau potable n'a été portée à la connaissance de Setec hydratec.
	Dégazage de l'eau du réseau	Air ambiant	Inhalation lors de l'utilisation de l'eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	
Bioaccumulation		Légumes auto-produits, bétail...	Consommation de légumes auto-produits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Présence potentielles de futurs jardins potagers sur les parcelles non localisés à ce stade. Des recommandations spécifiques sur l'aménagement de jardins potagers ont été données.
		Cultures agricoles	Consommation de légumes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	
Migration verticale (Transfert sol => nappe)		Eaux souterraines sur site	Ingestion d'eau /Inhalation / Irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non	Nappe très profonde (à plus de 45 m). L'eau souterraine est exploitée pour un usage industrielle au droit et à proximité du site.
	Dégazage	Air ambiant intérieur	Inhalation air (en phase chantier et exploitation)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Nappe profondeur (attendue à 45 m environ) très faiblement impactée en solvant (dégazage négligeable)
		Air ambiant extérieur	Inhalation air	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	
Migration latérale (Transfert convectif nappe => ouvrage souterrain)	Dégazage	Air ambiant intérieur	Inhalation air	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Non	Nappe profondeur (attendue à 45 m environ) très faiblement impactée en solvant (dégazage négligeable)

Tableau 50 : Analyse des voies d'exposition et de transferts pour l'élaboration du schéma conceptuel

7. CONCLUSION

Dans le cadre d'un projet de réaménagement de la Zac Mont Coco, la Maitrise d'ouvrage SPL EPOPEA a mandaté Setec Hydratec pour une mission AMO Etude et la réalisation un plan de gestion regroupant les missions A320 et A330 doit aussi être réalisé.

Les principales recommandations données au droit de la zac :

Sur les sols :

- Gérer les terres impactées en hydrocarbures (cas des terres fortement impactées en HCT > 1 500 mg/kg et HAP > 60 mg/kg) en mettant en place la mesure de gestion suivante : l'excavation et le traitement biologique sur site, dont le coût a été estimé à 215 k€ H.T. Au total il y a 1 580 m³ de terres impactées en hydrocarbures sur l'ensemble de la ZAC à traiter,
- Des recommandations pour le réaménagement du site sont préconisées : le dégazage/l'inertage et l'enlèvement des cuves enterrées présentes sur site, des équipements de protection individuels adaptés aux travaux, matériaux particuliers pour les canalisations au droit des mailles impactées en hydrocarbures (HAP et HCT),
- D'autre part, concernant la gestion des terres de déblais dans le cadre des aménagements, des seuils de coupures ont été établis pour les différents polluants (métaux lourds, HCT, HAP, COHV, BTEX et PCB), afin de déterminer les possibilités du réemploi des terres sur site,
- A l'issue des travaux, les terres présentant des dépassements en polluants par rapport aux seuils de coupures définis, seront soit recouvertes d'une couverture à minima de 30 cm de terre végétale ou recouvertes par un dallage ou enrobé.

Concernant l'aménagement de jardin potager, les recommandations suivantes ont été données :

- La substitution des zones de cultures sur 50 cm (ou sur la hauteur du réseau racinaire) par de la terre saine ou la création d'aménagements de type bacs de culture hors-sol. Il peut également être envisagé un recouvrement des zones de cultures par 50 cm de terre végétale au droit des futurs jardins partagés,
- Concernant les arbres fruitiers, le décaissement de 1 m x 1 m, sur 1 m de profondeur, remblayé par de la terre saine, pour autoriser la plantation de ce type d'arbres.

Ces recommandations pourront être éventuellement levées en réalisant des sondages et analyses adaptés au droit des parcelles accueillant ce type d'aménagement.

Sur les eaux souterraines

- La nappe calcaire du Bathonien est la première nappe trouvée au droit du site, à plus de 45 m de profondeur avec un sens d'écoulement rayonnant selon deux axes drainant, l'un vers le Nord-Est et l'autre vers le Sud-Ouest,
- Aucun impact significatif dans les eaux souterraines n'a été enregistré lors de la campagne de 4/06/2024 réalisé sur les piézomètres de Murata : Des concentrations peu significatives en solvants ont été détectées sur un piézomètre (PZC localisé à l'ouest de la parcelle HO73).
- La nappe peu potentiellement être utilisée pour l'infiltration des eaux pluviales.

Sur les gaz de sol

- Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence de concentrations en TPH, BTEX et/ou COHV sur l'ensemble des piézaires : Seuls les piézaires PG5 et PG7 présentent des teneurs en benzène (respectivement 0.003 et 0.004 mg/m³) et en trichloroéthylène (0.172 mg/m³) supérieures aux valeurs de référence pour l'air intérieur R1 et R2 de l'INERIS.

- Au regard de l'EQRS réalisé dans le cadre du présent rapport, les concentrations en polluants mesurées dans les gaz du sol au droit des futurs espaces intérieurs et extérieurs ne sont pas en mesure d'induire un risque sanitaire pour les futurs usagers, sous réserve d'appliquer une ventilation mécanique à 3 v/h à l'intérieur des futurs bâtis sur le lot situé au droit du PG5 (parties ouest de la parcelle HO74).

8. LIMITES D'UTILISATION DU RAPPORT

Un diagnostic de contamination du milieu souterrain a pour une seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été 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 ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

La responsabilité de Setec Hydratec ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

En cas de découverte de pollutions non identifiées lors des études environnementales, le maître d'ouvrage devra engager des études et ou des travaux pour adapter son projet à ces nouvelles données et ainsi assurer la comptabilité entre l'état des sols et la protection de la sécurité, de la santé ou de la salubrité publiques, l'agriculture et l'environnement au regard du nouvel usage projeté.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

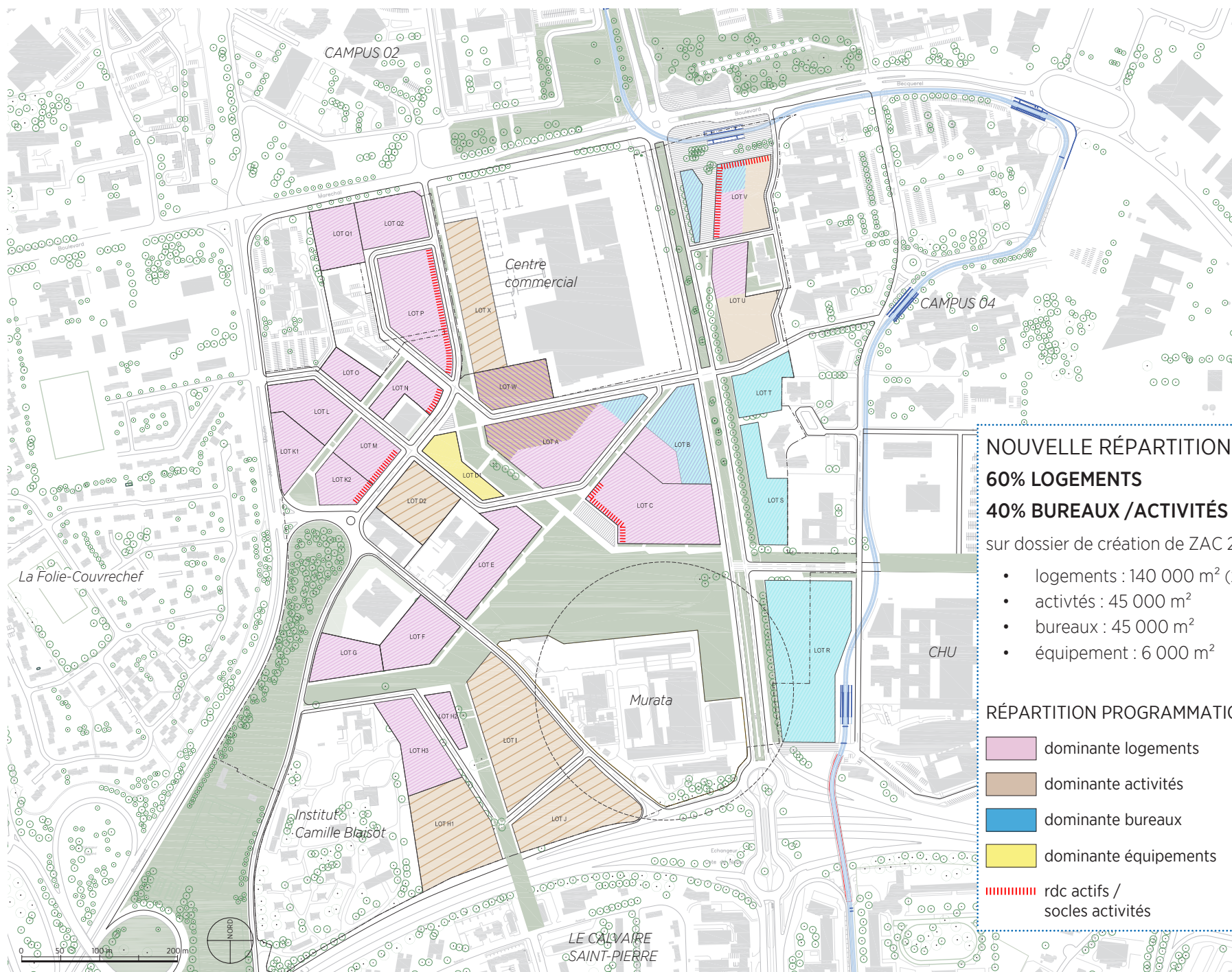
CODIFICATION DES PRESTATIONS SELON LA NORME NF X 31-620-2 DE

DECEMBRE 2021

CODIFICATION DES PRESTATIONS SELON LA NORME NF X 31-620-2 DE DECEMBRE 2018Code norme NFX 31-620-2	Prestation norme AFNOR NFX 31-620-2	Missions SETEC
DOMAINE A		
OFFRES GLOBALES DE PRESTATIONS		
AMO Etude	Assistance à maîtrise d'ouvrage	
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	Contrôles de la mise en œuvre du programme d'investigations ou de surveillance, contrôle 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 ELEMENTAIRES – Diagnostic de l'état des milieux		
A100	Visite du site	
A110	Etude historique, documentaire et mémorielle	
A120	Etude de vulnérabilité des milieux	
A130	Elaboration 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 ou à excaver	
A270	Interprétation des résultats des investigations	
EVALUATION DES IMPACTS SUR LES ENJEUX A PROTEG		
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	
ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES		
A320	Analyse des enjeux sanitaires	X
OPTIONS DE GESTION POSSIBLES ET REALISATION D'UN BILAN COUTS/AVANTAGES		
A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages	X
RESTRICTIONS D'USAGE OU DE SERVITUDES		
A400	Dossiers de restriction d'usages, de servitudes	

ANNEXE 2 :

PLAN DE MASSE DU FUTUR PROJET



NOUVELLE RÉPARTITION PROGRAMMATIQUE

60% LOGEMENTS

40% BUREAUX / ACTIVITÉS

sur dossier de création de ZAC 236 000 m² :

- logements : 140 000 m² (2 200 lgts)
- activités : 45 000 m²
- bureaux : 45 000 m²
- équipement : 6 000 m²

RÉPARTITION PROGRAMMATIQUE

- dominante logements
- dominante activités
- dominante bureaux
- dominante équipements
- rdc actifs / socles activités

ANNEXE 3 :

RESULTATS DE LA MODELISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANT DANS L'AIR AMBIANT EXTERIEUR

Inhalation interieur RDC h24_adulte resident - PG5



Report generated: Thu Jul 04 16:45:22 CEST 2024

Table of contents

- 1 Project properties
- 2 Materials/Species
- 3. Model description
 - 3.1. Constantes_Reglages
 - 3.2. Conc_gaz_air_interieur_J_E
 - 3.3. Niveaux_Exposition_Risque
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	Inhalation interieur RDC h24_adulte resident - PG5
Author	ZMCC_Inhalation_intérieur_PG5
Description	Modele_base : version 2.0.1

CHAMP D'UTILISATION

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations de risque prospectives effectuées dans le cadre de l'analyse des effets pour la santé des installations classées et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels des sites et sols pollués.

Il est donc avant tout orienté vers l'estimation des expositions et des risques chroniques pour une source de contamination locale.

Toutefois, les concentrations dans les milieux et les niveaux d'exposition sont également données en fonction du temps. La représentativité de ces données de sortie dépend de celles des données d'entrée et des hypothèses sur lesquelles reposent les modèles utilisés (calcul dynamique ou à l'état stationnaire, temps nécessaire pour satisfaire une hypothèse d'équilibre,...). Le détail de ces hypothèses est présenté dans le document "Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle" (référence INERIS DRC-08-94882-16675B).

MODUL'ERS peut être utilisé pour des substances organiques et inorganiques. Toutefois, dans sa version actuelle, MODUL'ERS ne prend pas en compte le pH des milieux et ne calcule pas la fraction ionisée des substances organiques partiellement ionisables. Pour étudier les substances organiques partiellement ionisables, il peut être nécessaire d'ajuster les paramètres relatifs aux substances en fonction de la répartition entre la forme neutre et la forme ionisée dans le milieu. Pour le mercure, MODUL'ERS donne des valeurs de paramètres pour les formes inorganique et organique, mais n'estime pas la répartition des deux formes dans les différents milieux.

2. Materials/Species

Materials


Name	Enabled
1-1-1 Trichloroéthane	Yes
1-1 Dichloroéthène	Yes
Benzène	Yes
Ethylbenzène	Yes
Toluène	Yes
Trichloroéthylène	Yes
Tétrachloroéthylène	Yes
Xylènes	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air interieur J E		1
	Conc gaz air interieur J E	Conc gaz air interieur J E to Niveaux Exposition Risque	2
		Niveaux Exposition Risque	3
1	2	3	

3.1. Constantes Reglages

Constantes Reglages		Sub-system
Id	Constantes_Reglages	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Constantes Reglages	
Object	Output	Sub-system
inorganique	inorganique	Conc gaz air interieur J E
organique	organique	Conc gaz air interieur J E
type Polluant	type Polluant	Conc gaz air interieur J E

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
1-1-1_Trichloroéthane	organique	Constantes_Reglages.non_defini
1-1_Dichloroéthène	organique	
Benzène	organique	
Ethylbenzène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Toluène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroéthylène	organique	
Tétrachloroéthylène	organique	
Xylènes	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name		Symbol	Unit		
Durée d'exposition de l'individu		Duree_expo,individu	year		
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérogènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
70.0	30.0				

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
Age minimal de chaque classe d'âge	Age _{min,classes}	year				
Description						
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérogènes). Pour chaque classe d'âge à prendre en compte, définir l'âge minimal. Les classes doivent se succéder selon l'âge croissant. Pour les classes non utilisées, laisser la valeur infinie par défaut.						
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.0	0.0				
classe_10	Infinity	Infinity				
classe_2	6.0	1.0				
classe_3	Infinity	3.0				
classe_4	Infinity	6.0				

classe_5	Infinity	11.0
classe_6	Infinity	15.0
classe_7	Infinity	18.0
classe_8	Infinity	
classe_9	Infinity	

3.2. Conc gaz air interieur J E

Conc gaz air interieur J E		Sub-system
Id	Conc_gaz_air_interieur_J_E	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	<p>Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (USEPA, 2004; Johnson et al., 1991). Il permet le calcul des concentrations gazeuses attendues dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans un bâtiment.</p> <p>La concentration de la source est définie comme une constante .</p> <p>Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle (dalle d'un bâtiment de plain pied ou dalle d'un sous-sol). Dans le cas d'un bâtiment construit sur sous-sol, la concentration dans le lieu de vie est assimilée à celle du sous-sol (comme dans le modèle proposée par l'USEPA).</p> <p>La moyenne annuelle de la concentration dans le lieu de vie est également calculée.</p> <p>Dans ce module, l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes entre la source et la surface inférieure de la dalle du bâtiment . Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface. La partie enterrée du bâtiment est supposée entièrement incluse dans une couche de mêmes caractéristiques que la couche 2 (on utilise les caractéristiques de cette couche de sol pour estimer les flux convectif et diffusif au niveau de la dalle). Par conséquent, si une seule couche de sol a besoin d'être renseignée entre la source et la surface d'émission (sol homogène), renseigner la couche numérotée 2 et laisser les valeurs par défaut des paramètres pour la couche 1.</p> <p>Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une source infinie ou la solution pour une source finie proposée par l'USEPA.</p> <p>La solution en source finie suppose nécessairement que la dalle du bâtiment se situe au niveau du sol (pas de sous-sol enterré, d'où Profondeur de la surface inférieure de la dalle inférieure ou égale à l'épaisseur de la dalle). Par ailleurs, dans le cas d'une source finie, si la distance entre la source et la dalle est nulle (epaisseur_couche1 et epaisseur_couche2 égales à 0), par défaut cette distance sera considérée comme égale à 1 cm par le modèle.</p> <p>Dans le cas de la solution pour une source infinie, la concentration dans l'air du sol peut être calculée en tenant compte ou non du mélange de substances présentes dans le sol et en appliquant ou non la loi de Raoult pour cela.</p> <p>Dans le cas d'une source nappe, en plus du transfert dans la frange capillaire, il est possible de considérer la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé").</p> <p>La concentration de bruit de fond peut être prise en compte. La fraction gazeuse peut être définie par l'utilisateur (Cag_i_BF_E) ou calculée à partir de l'équation 1.1.35 et de la concentration de bruit de fond dans l'air incluant les fractions gazeuse et particulaire (Ca_i_BF).</p> <p>Attention, les équations du modèle de Johnson et Ettinger donnent les concentrations moyennes dans l'air émises entre t=0 et T. Par conséquent, les concentrations Cag_i_inh_attrib_C, Cinh, Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an calculées par le modèle dans ce module ne sont pas véritablement les concentrations au temps t mais les concentrations moyennées depuis l'instant t=0. Quant à la concentration moyenne sur la vie entière, elle est estimée par excès en multipliant la concentration émise depuis t=0 par la fraction annuelle d'exposition la plus élevée (Max_f_annuelle_temps_int).</p>	
Object	Input	Sub-system

inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cinh	definition Cinh	
Description		
Sélectionner la concentration à prendre en compte pour le calcul du niveau d'exposition des cibles. Il peut s'agir d'une valeur calculée par le modèle : concentration attribuable au site (valeur_Cag_i_inh_attrib) ou concentration totale (valeur_Cag_i_inh_tot) ou d'une valeur définie par l'utilisateur (valeur_entrée)		
Materials	Value	Predefined value
1-1-1_Trichloroéthane	valeur_Cag_i_inh_attrib	
1-1_Dichloroéthène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Benzène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Ethylbenzène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Toluène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Trichloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tétrachloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Xylènes	valeur_Cag_i_inh_attrib	

Full Name	Symbol	Unit
definition_source	definition source	
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le type de modélisation : modèle de Johnson et Ettingher en source finie utilisable uniquement dans le cas d'une source sol et si la dalle du bâtiment se situe au niveau du sol (pas de sous-sol enterré) ou en source infinie (source-sol ou source-nappe).		
Materials	Value	Predefined value
1-1-1_Trichloroéthane	source_infinie	
1-1_Dichloroéthène	source_infinie	
Benzène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Ethylbenzène	source_infinie	
Toluène	source_infinie	
Trichloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tétrachloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Xylènes	source_infinie	

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Dépression entre l'intérieur du bâtiment (lieu où a lieu l'émission) et le sol	Δp	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$			
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined

2.0 4.0 0.0 20.0

Comment

Vérifié

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Epaisseur de la dalle du bâtiment	ldalle	m
------------------------------------------	--------	---

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12	0.08	0.15		

Comment

Vérifié. 0,12 m : épaisseur minimale pour une maison (0,08 m autrefois), 0,15 épaisseur minimale pour un usage industriel

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Hauteur du bâtiment	H _{Bat}	m
----------------------------	------------------	---

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.8	2.5				

Comment

Vérifié

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Largeur_Bat	Largeur _{Bat}	m
--------------------	------------------------	---

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
8.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Longueur du bâtiment	Longueur _{Bat}	m
-----------------------------	-------------------------	---

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
8.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Permeabilite_air_relative	Permeabilite _{air,relative}	
----------------------------------	--------------------------------------	--

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
-------	------------	-----------	-----------	-----	------------

1.0 0.0 0.45 1.0

Comment

Vérifié. Selon le degré de saturation, sables : 0,67 à 1 ; limons : 0,45 à 1, argiles : 0,57 à 1

Full Name	Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	$\kappa_{a,2}$	m ²

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol). Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-9	0.0	1.0E-16	1.0E-10		

Comment

Vérifié. Sols sableux : 10⁻¹³ à 10⁻¹⁰ ; Sols limoneux : 10⁻¹³ à 10⁻¹¹ ; Sols argileux : 10⁻¹⁶ à 10⁻¹²

Full Name	Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol 2	n ₂	unitless

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.4	0.0	0.25	0.5		

Comment

Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)

Full Name	Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué	Porosite _{couche,source}	unitless

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.4	0.0	0.25	0.5		

Comment

Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)

Full Name	Symbol	Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol	Profondeur _{dalle}	m

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission				t_{ra}	s^{-1}
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.8E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à $t_{ra}=0,5 \text{ h}^{-1}$					

Full Name				Symbol	Unit
Température du sol				T_s	K
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
283.0	285.5				
Comment					
Vérifié. Température moyenne annuelle en France					

Full Name				Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche de sol 2				$\Theta_{couche2}$	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.135	0.0	0.04	0.33		
Comment					
Vérifié. Sables : de 0,04 à 0,23 ; limons : de 0,05 à 0,3 ; argile : 0,08 à 0,33					

Vector parameters

Full Name					Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'air					Da	m ² s ⁻¹
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	7.8E-6	NaN				
1-1_Dichloroéthène	9.0E-7	NaN				
Benzène	8.8E-6	9.669999999999999E-6				
Ethylbenzène	7.5E-6	NaN				
Toluène	8.7E-6	NaN				
Trichloroéthylène	7.9E-6	8.73E-6				
Tétrachloroéthylène	7.2E-6	7.83E-6				
Xylènes	8.5E-6	NaN				

Materials	Comment
1-1-1_Trichloroéthane	
1-1_Dichloroéthène	
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 9,1E-6
Ethylbenzène	
Toluène	
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 8,2E-6
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,3E-6
Xylènes	

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'eau	De	m ² s ⁻¹

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	8.8E-10	NaN				
1-1_Dichloroéthène	1.04E-9	NaN				
Benzène	9.8E-10	1.03E-9				
Ethylbenzène	7.8E-10	NaN				
Toluène	8.6E-10	NaN				
Trichloroéthylène	9.1E-10	9.65E-10				
Tétrachloroéthylène	8.2E-10	8.69E-10				
Xylènes	9.9E-10	NaN				

Materials	Comment
1-1-1_Trichloroéthane	
1-1_Dichloroéthène	
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,2E-10
Ethylbenzène	
Toluène	
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,8E-10
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,1E-10
Xylènes	

Full Name	Symbol	Unit
Concentration dans l'air du sol à la surface de la nappe ou au niveau de la source sol (hors bruit de fond)	Cas _{source,E}	mg m ³

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	0.058	NaN				
1-1_Dichloroéthène	0.033	NaN				
Benzène	0.0030	NaN				
Ethylbenzène	0.0040	NaN				
Toluène	0.028	NaN				

Trichloroéthylène	0.172	NaN
Tétrachloroéthylène	0.067	NaN
Xylènes	0.026	NaN

Full Name	Symbol	Unit
Constante de Henry à température du sol	H_{Ts}	$\text{Pa m}^3 \text{mol}^{-1}$

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	1867.88	-1.0				
1-1_Dichloroéthène	2830.0	-1.0				
Benzène	432.6	560.0	481.0	640.0		
Ethylbenzène	617.0	-1.0				
Toluène	537.0	-1.0				
Trichloroéthylène	1044.0	1024.0				
Tétrachloroéthylène	2114.0	1794.0				
Xylènes	680.0	-1.0				

Materials	Comment
1-1-1_Trichloroéthane	
1-1_Dichloroéthène	
Benzène	Valeurs à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 330
Ethylbenzène	
Toluène	
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 550
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 810
Xylènes	

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	I_2	m


Description

Epaisseur de la couche 2 de la ZNS (située entre la couche 1 et la dalle du bâtiment). Dans le cas d'une source nappe, la hauteur de la frange capillaire n'est pas incluse dans l'épaisseur de la couche 2. A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	0.0010	0.0				
1-1_Dichloroéthène	0.0010	0.0				
Benzène	0.0010	0.0				
Ethylbenzène	0.0010	0.1				
Toluène	0.0010	0.0				
Trichloroéthylène	0.0010	0.0				
Tétrachloroéthylène	0.0010	0.0				
Xylènes	0.0010	0.0				

Full Name			Symbol		Unit	
Fraction annuelle de temps passé à l'intérieur sur le site			f		unitless	
			annuelle,temps,int			
Description						
A définir pour le calcul du niveau d'exposition par inhalation						
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.96	0.726				
classe_10	0.0					
classe_2	0.96	0.726				
classe_3	0.0	0.63				
classe_4	0.0	0.63				
classe_5	0.0	0.643				
classe_6	0.0	0.606				
classe_7	0.0	0.686				
classe_8	0.0					
classe_9	0.0					
Classes_d'age	Comment					
classe_1	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_10						
classe_2	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_3	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_4	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_5	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_6	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_7	Temps passé au domicile. Voir rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A pour plus d'informations					
classe_8						
classe_9						

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individus (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérogènes et non cancérogènes.</p> <p>Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérogènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérogènes. Pour le calcul du risque cancérogène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	Sub-system
Cinh_fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh_fraction,expo,vie,entiere	Cinh_fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_ Trichloroéthane	1.0	NaN				

1-1_Dichloroéthène	0.0040	NaN
Benzène	0.01	NaN
Ethylbenzène	1.5	NaN
Toluène	19.0	NaN
Trichloroéthylène	3.2	NaN
Tétrachloroéthylène	0.4	NaN
Xylènes	0.2	NaN

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTR _{inh,ss}	mg ⁻¹ m ³

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1-1-1_Trichloroéthane	NaN					
1-1_Dichloroéthène	NaN					
Benzène	0.026	NaN				
Ethylbenzène	0.0025	NaN				
Toluène	NaN					
Trichloroéthylène	0.0010	NaN				
Tétrachloroéthylène	2.6E-4	NaN				
Xylènes	NaN					

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	70.0 Years
Output option	Produce specified output only
Time series	Linear Increment(start,end,1.0)
Solver	NDF
Absolute tolerance	Auto
Relative tolerance	0.0010
Initial step size	1.0E-5
Maximum step size	0.5
Minimum step size	Auto
Refine output	1
Limit number of data points to last	1000
Control error relative to norm of solution	No
Allowed number of step size violations	1
Enable saturation	Yes
Maximum order	5
LU decomposition matrix format	Dense

5. Results

Tables

Time table

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [1-1-1 Trichloroéthane]	Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [1-1 Dichloroéthène]	Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Benzène]	Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Ethylbenzène]
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
1,00E0	4,08E-3	1,00E0	1,34E-3	1,00E0	2,13E-4	1,00E0	2,80E-4
2,00E0	4,08E-3	2,00E0	1,34E-3	2,00E0	2,13E-4	2,00E0	2,80E-4
3,00E0	4,08E-3	3,00E0	1,34E-3	3,00E0	2,13E-4	3,00E0	2,80E-4
4,00E0	4,08E-3	4,00E0	1,34E-3	4,00E0	2,13E-4	4,00E0	2,80E-4
5,00E0	4,08E-3	5,00E0	1,34E-3	5,00E0	2,13E-4	5,00E0	2,80E-4
6,00E0	4,08E-3	6,00E0	1,34E-3	6,00E0	2,13E-4	6,00E0	2,80E-4
7,00E0	4,08E-3	7,00E0	1,34E-3	7,00E0	2,13E-4	7,00E0	2,80E-4
8,00E0	4,08E-3	8,00E0	1,34E-3	8,00E0	2,13E-4	8,00E0	2,80E-4
9,00E0	4,08E-3	9,00E0	1,34E-3	9,00E0	2,13E-4	9,00E0	2,80E-4
1,00E1	4,08E-3	1,00E1	1,34E-3	9,00E0	2,13E-4	1,00E1	2,80E-4
1,10E1	4,08E-3	1,10E1	1,34E-3	1,00E1	2,13E-4	1,10E1	2,80E-4
1,20E1	4,08E-3	1,20E1	1,34E-3	1,10E1	2,13E-4	1,20E1	2,80E-4
1,30E1	4,08E-3	1,30E1	1,34E-3	1,20E1	2,13E-4	1,30E1	2,80E-4
1,40E1	4,08E-3	1,40E1	1,34E-3	1,30E1	2,13E-4	1,40E1	2,80E-4
1,50E1	4,08E-3	1,50E1	1,34E-3	1,40E1	2,13E-4	1,50E1	2,80E-4
1,60E1	4,08E-3	1,60E1	1,34E-3	1,50E1	2,13E-4	1,60E1	2,80E-4
1,70E1	4,08E-3	1,70E1	1,34E-3	1,60E1	2,13E-4	1,70E1	2,80E-4
1,80E1	4,08E-3	1,80E1	1,34E-3	1,70E1	2,13E-4	1,80E1	2,80E-4
1,90E1	4,08E-3	1,90E1	1,34E-3	1,80E1	2,13E-4	1,90E1	2,80E-4
2,00E1	4,08E-3	2,00E1	1,34E-3	1,90E1	2,13E-4	2,00E1	2,80E-4
2,10E1	4,08E-3	2,10E1	1,34E-3	2,00E1	2,13E-4	2,10E1	2,80E-4
2,20E1	4,08E-3	2,20E1	1,34E-3	2,10E1	2,13E-4	2,20E1	2,80E-4
2,30E1	4,08E-3	2,30E1	1,34E-3	2,20E1	2,13E-4	2,30E1	2,80E-4
2,40E1	4,08E-3	2,40E1	1,34E-3	2,30E1	2,13E-4	2,40E1	2,80E-4
2,50E1	4,08E-3	2,50E1	1,34E-3	2,40E1	2,13E-4	2,50E1	2,80E-4
2,60E1	4,08E-3	2,60E1	1,34E-3	2,50E1	2,13E-4	2,60E1	2,80E-4
2,70E1	4,08E-3	2,70E1	1,34E-3	2,60E1	2,13E-4	2,70E1	2,80E-4
2,80E1	4,08E-3	2,80E1	1,34E-3	2,70E1	2,13E-4	2,80E1	2,80E-4
2,90E1	4,08E-3	2,90E1	1,34E-3	2,80E1	2,13E-4	2,90E1	2,80E-4
3,00E1	4,08E-3	3,00E1	1,34E-3	2,90E1	2,13E-4	3,00E1	2,80E-4
3,10E1	4,08E-3	3,10E1	1,34E-3	3,00E1	2,13E-4	3,10E1	2,80E-4
3,20E1	4,08E-3	3,20E1	1,34E-3	3,10E1	2,13E-4	3,20E1	2,80E-4
3,30E1	4,08E-3	3,30E1	1,34E-3	3,20E1	2,13E-4	3,30E1	2,80E-4
3,40E1	4,08E-3	3,40E1	1,34E-3	3,30E1	2,13E-4	3,40E1	2,80E-4
3,50E1	4,08E-3	3,50E1	1,34E-3	3,40E1	2,13E-4	3,50E1	2,80E-4
3,60E1	4,08E-3	3,60E1	1,34E-3	3,50E1	2,13E-4	3,60E1	2,80E-4
3,70E1	4,08E-3	3,70E1	1,34E-3	3,60E1	2,13E-4	3,70E1	2,80E-4
3,80E1	4,08E-3	3,80E1	1,34E-3	3,70E1	2,13E-4	3,80E1	2,80E-4
3,90E1	4,08E-3	3,90E1	1,34E-3	3,80E1	2,13E-4	3,90E1	2,80E-4
4,00E1	4,08E-3	4,00E1	1,34E-3	3,90E1	2,13E-4	4,00E1	2,80E-4
4,10E1	4,08E-3	4,10E1	1,34E-3	4,00E1	2,13E-4	4,10E1	2,80E-4
4,20E1	4,08E-3	4,20E1	1,34E-3	4,10E1	2,13E-4	4,20E1	2,80E-4

4,30E1	4,08E-3
4,40E1	4,08E-3
4,50E1	4,08E-3
4,60E1	4,08E-3
4,70E1	4,08E-3
4,80E1	4,08E-3
4,90E1	4,08E-3
5,00E1	4,08E-3
5,10E1	4,08E-3
5,20E1	4,08E-3
5,30E1	4,08E-3
5,40E1	4,08E-3
5,50E1	4,08E-3
5,60E1	4,08E-3
5,70E1	4,08E-3
5,80E1	4,08E-3
5,90E1	4,08E-3
6,00E1	4,08E-3
6,10E1	4,08E-3
6,20E1	4,08E-3
6,30E1	4,08E-3
6,40E1	4,08E-3
6,50E1	4,08E-3
6,60E1	4,08E-3
6,70E1	4,08E-3
6,80E1	4,08E-3
6,90E1	4,08E-3
7,00E1	4,08E-3

4,30E1	1,34E-3
4,40E1	1,34E-3
4,50E1	1,34E-3
4,60E1	1,34E-3
4,70E1	1,34E-3
4,80E1	1,34E-3
4,90E1	1,34E-3
5,00E1	1,34E-3
5,10E1	1,34E-3
5,20E1	1,34E-3
5,30E1	1,34E-3
5,40E1	1,34E-3
5,50E1	1,34E-3
5,60E1	1,34E-3
5,70E1	1,34E-3
5,80E1	1,34E-3
5,90E1	1,34E-3
6,00E1	1,34E-3
6,10E1	1,34E-3
6,20E1	1,34E-3
6,30E1	1,34E-3
6,40E1	1,34E-3
6,50E1	1,34E-3
6,60E1	1,34E-3
6,70E1	1,34E-3
6,80E1	1,34E-3
6,90E1	1,34E-3
7,00E1	1,34E-3

4,20E1	2,13E-4
4,30E1	2,13E-4
4,40E1	2,13E-4
4,50E1	2,13E-4
4,60E1	2,13E-4
4,70E1	2,13E-4
4,80E1	2,13E-4
4,90E1	2,13E-4
5,00E1	2,13E-4
5,10E1	2,13E-4
5,20E1	2,13E-4
5,30E1	2,13E-4
5,40E1	2,13E-4
5,50E1	2,13E-4
5,60E1	2,13E-4
5,70E1	2,13E-4
5,80E1	2,13E-4
5,90E1	2,13E-4
6,00E1	2,13E-4
6,10E1	2,13E-4
6,20E1	2,13E-4
6,30E1	2,13E-4
6,40E1	2,13E-4
6,50E1	2,13E-4
6,60E1	2,13E-4
6,70E1	2,13E-4
6,80E1	2,13E-4
6,90E1	2,13E-4
7,00E1	2,13E-4

4,30E1	2,80E-4
4,40E1	2,80E-4
4,50E1	2,80E-4
4,60E1	2,80E-4
4,70E1	2,80E-4
4,80E1	2,80E-4
4,90E1	2,80E-4
5,00E1	2,80E-4
5,10E1	2,80E-4
5,20E1	2,80E-4
5,30E1	2,80E-4
5,40E1	2,80E-4
5,50E1	2,80E-4
5,60E1	2,80E-4
5,70E1	2,80E-4
5,80E1	2,80E-4
5,90E1	2,80E-4
6,00E1	2,80E-4
6,10E1	2,80E-4
6,20E1	2,80E-4
6,30E1	2,80E-4
6,40E1	2,80E-4
6,50E1	2,80E-4
6,60E1	2,80E-4
6,70E1	2,80E-4
6,80E1	2,80E-4
6,90E1	2,80E-4
7,00E1	2,80E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Toluène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,99E-3
2,00E0	1,99E-3
3,00E0	1,99E-3
4,00E0	1,99E-3
5,00E0	1,99E-3
6,00E0	1,99E-3
7,00E0	1,99E-3
8,00E0	1,99E-3
9,00E0	1,99E-3
1,00E1	1,99E-3
1,10E1	1,99E-3
1,20E1	1,99E-3
1,30E1	1,99E-3
1,40E1	1,99E-3
1,50E1	1,99E-3

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Trichloroéthylène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,21E-2
2,00E0	1,21E-2
3,00E0	1,21E-2
4,00E0	1,21E-2
5,00E0	1,21E-2
6,00E0	1,21E-2
7,00E0	1,21E-2
8,00E0	1,21E-2
9,00E0	1,21E-2
1,00E1	1,21E-2
1,10E1	1,21E-2
1,20E1	1,21E-2
1,30E1	1,21E-2
1,40E1	1,21E-2
1,50E1	1,21E-2
1,60E1	1,21E-2
1,70E1	1,21E-2

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Tétrachloroéthylène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	4,67E-3
2,00E0	4,67E-3
3,00E0	4,67E-3
4,00E0	4,67E-3
5,00E0	4,67E-3
6,00E0	4,67E-3
7,00E0	4,67E-3
8,00E0	4,67E-3
9,00E0	4,67E-3
1,00E1	4,67E-3
1,10E1	4,67E-3
1,20E1	4,67E-3
1,30E1	4,67E-3
1,40E1	4,67E-3
1,50E1	4,67E-3
1,60E1	4,67E-3
1,70E1	4,67E-3

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh moy an [Xylènes]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,84E-3
2,00E0	1,84E-3
3,00E0	1,84E-3
4,00E0	1,84E-3
5,00E0	1,84E-3
6,00E0	1,84E-3
7,00E0	1,84E-3
8,00E0	1,84E-3
9,00E0	1,84E-3
1,00E1	1,84E-3
1,10E1	1,84E-3
1,20E1	1,84E-3
1,30E1	1,84E-3
1,40E1	1,84E-3
1,50E1	1,84E-3

6,90E1	1,99E-3
7,00E1	1,99E-3

6,90E1	1,84E-3
7,00E1	1,84E-3

ERI_inhalation

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [1-1-1 Trichloroéthane]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [1-1 Dichloroéthène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0
4,10E1	0,00E0

[illegible]

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluène]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroéthylène]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tétrachloroéthylène]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylènes]
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0	1,00E0	0,00E0	1,00E0	0,00E0	1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0	2,00E0	0,00E0	2,00E0	0,00E0	2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0	3,00E0	0,00E0	3,00E0	0,00E0	3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0	4,00E0	0,00E0	4,00E0	0,00E0	4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0	5,00E0	0,00E0	5,00E0	0,00E0	5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0	6,00E0	0,00E0	6,00E0	0,00E0	6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0	7,00E0	0,00E0	7,00E0	0,00E0	7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0	8,00E0	0,00E0	8,00E0	0,00E0	8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0	9,00E0	0,00E0	9,00E0	0,00E0	9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0	1,00E1	0,00E0	1,00E1	0,00E0	1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0	1,10E1	0,00E0	1,10E1	0,00E0	1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0	1,20E1	0,00E0	1,20E1	0,00E0	1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0	1,30E1	0,00E0	1,30E1	0,00E0	1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0	1,40E1	0,00E0	1,40E1	0,00E0	1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0	1,50E1	0,00E0	1,50E1	0,00E0	1,50E1	0,00E0
		1,60E1	0,00E0	1,70E1	0,00E0		

6,90E1	0,00E0
7,00E1	0,00E0

7,00E1	1,16E-5
--------	---------

6,90E1	0,00E0
7,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0
4,10E1	0,00E0
4,20E1	0,00E0
4,30E1	0,00E0
4,40E1	0,00E0

4,50E1	0,00E0
4,60E1	0,00E0
4,70E1	0,00E0
4,80E1	0,00E0
4,90E1	0,00E0
5,00E1	0,00E0
5,10E1	0,00E0
5,20E1	0,00E0
5,30E1	0,00E0
5,40E1	0,00E0
5,50E1	0,00E0
5,60E1	0,00E0
5,70E1	0,00E0
5,80E1	0,00E0
5,90E1	0,00E0
6,00E1	0,00E0
6,10E1	0,00E0
6,20E1	0,00E0
6,30E1	0,00E0
6,40E1	0,00E0
6,50E1	0,00E0
6,60E1	0,00E0
6,70E1	0,00E0
6,80E1	0,00E0
6,90E1	0,00E0
7,00E1	1,88E-5

QD inhalation

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [1-1-1 Trichloroéthane] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,91E-3
2,00E0	3,91E-3
3,00E0	3,91E-3
4,00E0	3,91E-3
5,00E0	3,91E-3
6,00E0	3,91E-3
7,00E0	3,91E-3
8,00E0	3,91E-3
9,00E0	3,91E-3
1,00E1	3,91E-3
1,10E1	3,91E-3
1,20E1	3,91E-3
1,30E1	3,91E-3
1,40E1	3,91E-3
1,50E1	3,91E-3

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [1-1-1 Trichloroéthane] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,91E-3
2,00E0	3,91E-3
3,00E0	3,91E-3
4,00E0	3,91E-3
5,00E0	3,91E-3
6,00E0	3,91E-3
7,00E0	3,91E-3
8,00E0	3,91E-3
9,00E0	3,91E-3
1,00E1	3,91E-3
1,10E1	3,91E-3
1,20E1	3,91E-3
1,30E1	3,91E-3
1,40E1	3,91E-3
1,50E1	3,91E-3

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [1-1 Dichloroéthène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,23E-1
2,00E0	3,23E-1
3,00E0	3,23E-1
4,00E0	3,23E-1
5,00E0	3,23E-1
6,00E0	3,23E-1
7,00E0	3,23E-1
8,00E0	3,23E-1
9,00E0	3,23E-1
1,00E1	3,23E-1
1,10E1	3,23E-1
1,20E1	3,23E-1
1,30E1	3,23E-1
1,40E1	3,23E-1
1,50E1	3,23E-1

6,90E1	3,91E-3
7,00E1	3,91E-3

6,90E1	3,91E-3
7,00E1	3,91E-3

6,90E1	3,23E-1
7,00E1	3,23E-1

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [1-1 Dichloroéthène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,23E-1
2,00E0	3,23E-1
3,00E0	3,23E-1
4,00E0	3,23E-1
5,00E0	3,23E-1
6,00E0	3,23E-1
7,00E0	3,23E-1
8,00E0	3,23E-1
9,00E0	3,23E-1
1,00E1	3,23E-1
1,10E1	3,23E-1
1,20E1	3,23E-1
1,30E1	3,23E-1
1,40E1	3,23E-1
1,50E1	3,23E-1
1,60E1	3,23E-1
1,70E1	3,23E-1
1,80E1	3,23E-1
1,90E1	3,23E-1
2,00E1	3,23E-1
2,10E1	3,23E-1
2,20E1	3,23E-1
2,30E1	3,23E-1
2,40E1	3,23E-1
2,50E1	3,23E-1
2,60E1	3,23E-1
2,70E1	3,23E-1
2,80E1	3,23E-1
2,90E1	3,23E-1
3,00E1	3,23E-1
3,10E1	3,23E-1
3,20E1	3,23E-1
3,30E1	3,23E-1
3,40E1	3,23E-1
3,50E1	3,23E-1
3,60E1	3,23E-1
3,70E1	3,23E-1
3,80E1	3,23E-1
3,90E1	3,23E-1
4,00E1	3,23E-1
4,10E1	3,23E-1
4,20E1	3,23E-1

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	2,05E-2
2,00E0	2,05E-2
3,00E0	2,05E-2
4,00E0	2,05E-2
5,00E0	2,05E-2
6,00E0	2,05E-2
7,00E0	2,05E-2
8,00E0	2,05E-2
9,00E0	2,05E-2
1,00E1	2,05E-2
1,10E1	2,05E-2
1,20E1	2,05E-2
1,30E1	2,05E-2
1,40E1	2,05E-2
1,50E1	2,05E-2
1,60E1	2,05E-2
1,70E1	2,05E-2
1,80E1	2,05E-2
1,90E1	2,05E-2
2,00E1	2,05E-2
2,10E1	2,05E-2
2,20E1	2,05E-2
2,30E1	2,05E-2
2,40E1	2,05E-2
2,50E1	2,05E-2
2,60E1	2,05E-2
2,70E1	2,05E-2
2,80E1	2,05E-2
2,90E1	2,05E-2
3,00E1	2,05E-2
3,10E1	2,05E-2
3,20E1	2,05E-2
3,30E1	2,05E-2
3,40E1	2,05E-2
3,50E1	2,05E-2
3,60E1	2,05E-2
3,70E1	2,05E-2
3,80E1	2,05E-2
3,90E1	2,05E-2
4,00E1	2,05E-2
4,10E1	2,05E-2
4,20E1	2,05E-2

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	2,05E-2
2,00E0	2,05E-2
3,00E0	2,05E-2
4,00E0	2,05E-2
5,00E0	2,05E-2
6,00E0	2,05E-2
7,00E0	2,05E-2
8,00E0	2,05E-2
9,00E0	2,05E-2
1,00E1	2,05E-2
1,10E1	2,05E-2
1,20E1	2,05E-2
1,30E1	2,05E-2
1,40E1	2,05E-2
1,50E1	2,05E-2
1,60E1	2,05E-2
1,70E1	2,05E-2
1,80E1	2,05E-2
1,90E1	2,05E-2
2,00E1	2,05E-2
2,10E1	2,05E-2
2,20E1	2,05E-2
2,30E1	2,05E-2
2,40E1	2,05E-2
2,50E1	2,05E-2
2,60E1	2,05E-2
2,70E1	2,05E-2
2,80E1	2,05E-2
2,90E1	2,05E-2
3,00E1	2,05E-2
3,10E1	2,05E-2
3,20E1	2,05E-2
3,30E1	2,05E-2
3,40E1	2,05E-2
3,50E1	2,05E-2
3,60E1	2,05E-2
3,70E1	2,05E-2
3,80E1	2,05E-2
3,90E1	2,05E-2
4,00E1	2,05E-2
4,10E1	2,05E-2
4,20E1	2,05E-2

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,79E-4
2,00E0	1,79E-4
3,00E0	1,79E-4
4,00E0	1,79E-4
5,00E0	1,79E-4
6,00E0	1,79E-4
7,00E0	1,79E-4
8,00E0	1,79E-4
9,00E0	1,79E-4
1,00E1	1,79E-4
1,10E1	1,79E-4
1,20E1	1,79E-4
1,30E1	1,79E-4
1,40E1	1,79E-4
1,50E1	1,79E-4
1,60E1	1,79E-4
1,70E1	1,79E-4
1,80E1	1,79E-4
1,90E1	1,79E-4
2,00E1	1,79E-4
2,10E1	1,79E-4
2,20E1	1,79E-4
2,30E1	1,79E-4
2,40E1	1,79E-4
2,50E1	1,79E-4
2,60E1	1,79E-4
2,70E1	1,79E-4
2,80E1	1,79E-4
2,90E1	1,79E-4
3,00E1	1,79E-4
3,10E1	1,79E-4
3,20E1	1,79E-4
3,30E1	1,79E-4
3,40E1	1,79E-4
3,50E1	1,79E-4
3,60E1	1,79E-4
3,70E1	1,79E-4
3,80E1	1,79E-4
3,90E1	1,79E-4
4,00E1	1,79E-4
4,10E1	1,79E-4
4,20E1	1,79E-4
4,30E1	1,79E-4

4,30E1	3,23E-1
4,40E1	3,23E-1
4,50E1	3,23E-1
4,60E1	3,23E-1
4,70E1	3,23E-1
4,80E1	3,23E-1
4,90E1	3,23E-1
5,00E1	3,23E-1
5,10E1	3,23E-1
5,20E1	3,23E-1
5,30E1	3,23E-1
5,40E1	3,23E-1
5,50E1	3,23E-1
5,60E1	3,23E-1
5,70E1	3,23E-1
5,80E1	3,23E-1
5,90E1	3,23E-1
6,00E1	3,23E-1
6,10E1	3,23E-1
6,20E1	3,23E-1
6,30E1	3,23E-1
6,40E1	3,23E-1
6,50E1	3,23E-1
6,60E1	3,23E-1
6,70E1	3,23E-1
6,80E1	3,23E-1
6,90E1	3,23E-1
7,00E1	3,23E-1

4,30E1	2,05E-2
4,40E1	2,05E-2
4,50E1	2,05E-2
4,60E1	2,05E-2
4,70E1	2,05E-2
4,80E1	2,05E-2
4,90E1	2,05E-2
5,00E1	2,05E-2
5,10E1	2,05E-2
5,20E1	2,05E-2
5,30E1	2,05E-2
5,40E1	2,05E-2
5,50E1	2,05E-2
5,60E1	2,05E-2
5,70E1	2,05E-2
5,80E1	2,05E-2
5,90E1	2,05E-2
6,00E1	2,05E-2
6,10E1	2,05E-2
6,20E1	2,05E-2
6,30E1	2,05E-2
6,40E1	2,05E-2
6,50E1	2,05E-2
6,60E1	2,05E-2
6,70E1	2,05E-2
6,80E1	2,05E-2
6,90E1	2,05E-2
7,00E1	2,05E-2

4,30E1	2,05E-2
4,40E1	2,05E-2
4,50E1	2,05E-2
4,60E1	2,05E-2
4,70E1	2,05E-2
4,80E1	2,05E-2
4,90E1	2,05E-2
5,00E1	2,05E-2
5,10E1	2,05E-2
5,20E1	2,05E-2
5,30E1	2,05E-2
5,40E1	2,05E-2
5,50E1	2,05E-2
5,60E1	2,05E-2
5,70E1	2,05E-2
5,80E1	2,05E-2
5,90E1	2,05E-2
6,00E1	2,05E-2
6,10E1	2,05E-2
6,20E1	2,05E-2
6,30E1	2,05E-2
6,40E1	2,05E-2
6,50E1	2,05E-2
6,60E1	2,05E-2
6,70E1	2,05E-2
6,80E1	2,05E-2
6,90E1	2,05E-2
7,00E1	2,05E-2

4,40E1	1,79E-4
4,50E1	1,79E-4
4,60E1	1,79E-4
4,70E1	1,79E-4
4,80E1	1,79E-4
4,90E1	1,79E-4
5,00E1	1,79E-4
5,10E1	1,79E-4
5,20E1	1,79E-4
5,30E1	1,79E-4
5,40E1	1,79E-4
5,50E1	1,79E-4
5,60E1	1,79E-4
5,70E1	1,79E-4
5,80E1	1,79E-4
5,90E1	1,79E-4
6,00E1	1,79E-4
6,10E1	1,79E-4
6,20E1	1,79E-4
6,30E1	1,79E-4
6,40E1	1,79E-4
6,50E1	1,79E-4
6,60E1	1,79E-4
6,70E1	1,79E-4
6,80E1	1,79E-4
6,90E1	1,79E-4
7,00E1	1,79E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,79E-4
2,00E0	1,79E-4
3,00E0	1,79E-4
4,00E0	1,79E-4
5,00E0	1,79E-4
6,00E0	1,79E-4
7,00E0	1,79E-4
8,00E0	1,79E-4
9,00E0	1,79E-4
1,00E1	1,79E-4
1,10E1	1,79E-4
1,20E1	1,79E-4
1,30E1	1,79E-4
1,40E1	1,79E-4
1,50E1	1,79E-4
1,60E1	1,79E-4
1,70E1	1,79E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,00E-4
2,00E0	1,00E-4
3,00E0	1,00E-4
4,00E0	1,00E-4
5,00E0	1,00E-4
6,00E0	1,00E-4
7,00E0	1,00E-4
8,00E0	1,00E-4
9,00E0	1,00E-4
1,00E1	1,00E-4
1,10E1	1,00E-4
1,20E1	1,00E-4
1,30E1	1,00E-4
1,40E1	1,00E-4
1,50E1	1,00E-4
1,60E1	1,00E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,00E-4
2,00E0	1,00E-4
3,00E0	1,00E-4
4,00E0	1,00E-4
5,00E0	1,00E-4
6,00E0	1,00E-4
7,00E0	1,00E-4
8,00E0	1,00E-4
9,00E0	1,00E-4
1,00E1	1,00E-4
1,10E1	1,00E-4
1,20E1	1,00E-4
1,30E1	1,00E-4
1,40E1	1,00E-4
1,50E1	1,00E-4
1,60E1	1,00E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,63E-3
2,00E0	3,63E-3
3,00E0	3,63E-3
4,00E0	3,63E-3
5,00E0	3,63E-3
6,00E0	3,63E-3
7,00E0	3,63E-3
8,00E0	3,63E-3
9,00E0	3,63E-3
1,00E1	3,63E-3
1,10E1	3,63E-3
1,20E1	3,63E-3
1,30E1	3,63E-3
1,40E1	3,63E-3
1,50E1	3,63E-3
1,60E1	3,63E-3
1,70E1	3,63E-3

7,00E1|1,00E-4

7,00E1|1,00E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	3,63E-3
2,00E0	3,63E-3
3,00E0	3,63E-3
4,00E0	3,63E-3
5,00E0	3,63E-3
6,00E0	3,63E-3
7,00E0	3,63E-3
8,00E0	3,63E-3
9,00E0	3,63E-3
1,00E1	3,63E-3
1,10E1	3,63E-3
1,20E1	3,63E-3
1,30E1	3,63E-3
1,40E1	3,63E-3
1,50E1	3,63E-3
1,60E1	3,63E-3
1,70E1	3,63E-3
1,80E1	3,63E-3
1,90E1	3,63E-3
2,00E1	3,63E-3
2,10E1	3,63E-3
2,20E1	3,63E-3
2,30E1	3,63E-3
2,40E1	3,63E-3
2,50E1	3,63E-3
2,60E1	3,63E-3
2,70E1	3,63E-3
2,80E1	3,63E-3
2,90E1	3,63E-3
3,00E1	3,63E-3
3,10E1	3,63E-3
3,20E1	3,63E-3
3,30E1	3,63E-3
3,40E1	3,63E-3
3,50E1	3,63E-3
3,60E1	3,63E-3
3,70E1	3,63E-3
3,80E1	3,63E-3
3,90E1	3,63E-3
4,00E1	3,63E-3
4,10E1	3,63E-3
4,20E1	3,63E-3
4,30E1	3,63E-3
4,40E1	3,63E-3
4,50E1	3,63E-3

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,12E-2
2,00E0	1,12E-2
3,00E0	1,12E-2
4,00E0	1,12E-2
5,00E0	1,12E-2
6,00E0	1,12E-2
7,00E0	1,12E-2
8,00E0	1,12E-2
9,00E0	1,12E-2
1,00E1	1,12E-2
1,10E1	1,12E-2
1,20E1	1,12E-2
1,30E1	1,12E-2
1,40E1	1,12E-2
1,50E1	1,12E-2
1,60E1	1,12E-2
1,70E1	1,12E-2
1,80E1	1,12E-2
1,90E1	1,12E-2
2,00E1	1,12E-2
2,10E1	1,12E-2
2,20E1	1,12E-2
2,30E1	1,12E-2
2,40E1	1,12E-2
2,50E1	1,12E-2
2,60E1	1,12E-2
2,70E1	1,12E-2
2,80E1	1,12E-2
2,90E1	1,12E-2
3,00E1	1,12E-2
3,10E1	1,12E-2
3,20E1	1,12E-2
3,30E1	1,12E-2
3,40E1	1,12E-2
3,50E1	1,12E-2
3,60E1	1,12E-2
3,70E1	1,12E-2
3,80E1	1,12E-2
3,90E1	1,12E-2
4,00E1	1,12E-2
4,10E1	1,12E-2
4,20E1	1,12E-2
4,30E1	1,12E-2
4,40E1	1,12E-2
4,50E1	1,12E-2


Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	1,12E-2
2,00E0	1,12E-2
3,00E0	1,12E-2
4,00E0	1,12E-2
5,00E0	1,12E-2
6,00E0	1,12E-2
7,00E0	1,12E-2
8,00E0	1,12E-2
9,00E0	1,12E-2
1,00E1	1,12E-2
1,10E1	1,12E-2
1,20E1	1,12E-2
1,30E1	1,12E-2
1,40E1	1,12E-2
1,50E1	1,12E-2
1,60E1	1,12E-2
1,70E1	1,12E-2
1,80E1	1,12E-2
1,90E1	1,12E-2
2,00E1	1,12E-2
2,10E1	1,12E-2
2,20E1	1,12E-2
2,30E1	1,12E-2
2,40E1	1,12E-2
2,50E1	1,12E-2
2,60E1	1,12E-2
2,70E1	1,12E-2
2,80E1	1,12E-2
2,90E1	1,12E-2
3,00E1	1,12E-2
3,10E1	1,12E-2
3,20E1	1,12E-2
3,30E1	1,12E-2
3,40E1	1,12E-2
3,50E1	1,12E-2
3,60E1	1,12E-2
3,70E1	1,12E-2
3,80E1	1,12E-2
3,90E1	1,12E-2
4,00E1	1,12E-2
4,10E1	1,12E-2
4,20E1	1,12E-2
4,30E1	1,12E-2
4,40E1	1,12E-2
4,50E1	1,12E-2

4,50E1	3,63E-3	4,60E1	1,12E-2	4,60E1	1,12E-2
4,60E1	3,63E-3	4,70E1	1,12E-2	4,70E1	1,12E-2
4,70E1	3,63E-3	4,80E1	1,12E-2	4,80E1	1,12E-2
4,80E1	3,63E-3	4,90E1	1,12E-2	4,90E1	1,12E-2
4,90E1	3,63E-3	5,00E1	1,12E-2	5,00E1	1,12E-2
5,00E1	3,63E-3	5,10E1	1,12E-2	5,10E1	1,12E-2
5,10E1	3,63E-3	5,20E1	1,12E-2	5,20E1	1,12E-2
5,20E1	3,63E-3	5,30E1	1,12E-2	5,30E1	1,12E-2
5,30E1	3,63E-3	5,40E1	1,12E-2	5,40E1	1,12E-2
5,40E1	3,63E-3	5,50E1	1,12E-2	5,50E1	1,12E-2
5,50E1	3,63E-3	5,60E1	1,12E-2	5,60E1	1,12E-2
5,60E1	3,63E-3	5,70E1	1,12E-2	5,70E1	1,12E-2
5,70E1	3,63E-3	5,80E1	1,12E-2	5,80E1	1,12E-2
5,80E1	3,63E-3	5,90E1	1,12E-2	5,90E1	1,12E-2
5,90E1	3,63E-3	6,00E1	1,12E-2	6,00E1	1,12E-2
6,00E1	3,63E-3	6,10E1	1,12E-2	6,10E1	1,12E-2
6,10E1	3,63E-3	6,20E1	1,12E-2	6,20E1	1,12E-2
6,20E1	3,63E-3	6,30E1	1,12E-2	6,30E1	1,12E-2
6,30E1	3,63E-3	6,40E1	1,12E-2	6,40E1	1,12E-2
6,40E1	3,63E-3	6,50E1	1,12E-2	6,50E1	1,12E-2
6,50E1	3,63E-3	6,60E1	1,12E-2	6,60E1	1,12E-2
6,60E1	3,63E-3	6,70E1	1,12E-2	6,70E1	1,12E-2
6,70E1	3,63E-3	6,80E1	1,12E-2	6,80E1	1,12E-2
6,80E1	3,63E-3	6,90E1	1,12E-2	6,90E1	1,12E-2
6,90E1	3,63E-3	7,00E1	1,12E-2	7,00E1	1,12E-2
7,00E1	3,63E-3				

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylènes] [classe 1]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylènes] [classe 2]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 1]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 2]
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
1,00E0	8,84E-3	1,00E0	8,84E-3	1,00E0	3,71E-1	1,00E0	3,71E-1
2,00E0	8,84E-3	2,00E0	8,84E-3	2,00E0	3,71E-1	2,00E0	3,71E-1
3,00E0	8,84E-3	3,00E0	8,84E-3	3,00E0	3,71E-1	3,00E0	3,71E-1
4,00E0	8,84E-3	4,00E0	8,84E-3	4,00E0	3,71E-1	4,00E0	3,71E-1
5,00E0	8,84E-3	5,00E0	8,84E-3	5,00E0	3,71E-1	5,00E0	3,71E-1
6,00E0	8,84E-3	6,00E0	8,84E-3	6,00E0	3,71E-1	6,00E0	3,71E-1
7,00E0	8,84E-3	7,00E0	8,84E-3	7,00E0	3,71E-1	7,00E0	3,71E-1
8,00E0	8,84E-3	8,00E0	8,84E-3	8,00E0	3,71E-1	8,00E0	3,71E-1
9,00E0	8,84E-3	9,00E0	8,84E-3	9,00E0	3,71E-1	9,00E0	3,71E-1
1,00E1	8,84E-3	1,00E1	8,84E-3	1,00E1	3,71E-1	1,00E1	3,71E-1
1,10E1	8,84E-3	1,10E1	8,84E-3	1,10E1	3,71E-1	1,10E1	3,71E-1
1,20E1	8,84E-3	1,20E1	8,84E-3	1,20E1	3,71E-1	1,20E1	3,71E-1
1,30E1	8,84E-3	1,30E1	8,84E-3	1,30E1	3,71E-1	1,30E1	3,71E-1
1,40E1	8,84E-3	1,40E1	8,84E-3	1,40E1	3,71E-1	1,40E1	3,71E-1
1,50E1	8,84E-3	1,50E1	8,84E-3	1,50E1	3,71E-1	1,50E1	3,71E-1
1,60E1	8,84E-3	1,60E1	8,84E-3	1,60E1	3,71E-1	1,60E1	3,71E-1
1,70E1	8,84E-3	1,70E1	8,84E-3	1,70E1	3,71E-1	1,70E1	3,71E-1
1,80E1	8,84E-3	1,80E1	8,84E-3	1,80E1	3,71E-1	1,80E1	3,71E-1
				1,90E1	3,71E-1	1,90E1	3,71E-1

ANNEXE 4 :

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES COMPOSES

<div></div>		Mission PG EQRS - Zac Mont Coco - CAEN (14)									Numero de rapport : 01655020 2025		
		Paramètres & valeurs physico-chimiques et toxicologiques											
Elements	n° CAS	Masse molaire g/mol	Solubilité mg/L	Température de fusion °C	Pression de vapeur Pa	Constante de Henry Pa.m3/mol	Organes cibles ou effet critique		Classement symbole	Mention de danger	Classement cancérogénéicité		
							sans seuil	a seuil			UE	CIRC	EPA
TPH													
Aliphatiques >MeC5-C6	nd	81	36				nr	Système nerveux	nr	nr	nr	nr	nr
Aliphatiques >MeC6-C8	nd	100	5,4				nr	Système nerveux	nr	nr	nr	nr	nr
Aliphatiques >MeC8-C10	nd	130	0,43				nr	Système hépatique, hématogique	nr	nr	nr	nr	nr
Aliphatiques >MeC10-C12	nd	160	0,034				nr	Système hépatique, hématogique	nr	nr	nr	nr	nr
Aliphatiques >MeC12-C16	nd	200	0,00076				nr	Système hépatique, hématogique	nr	nr	nr	nr	nr
Aromatiques C6-C7 (Benzène)	nd	78	1 800 à 25°C	5,5	9 970 à 20°C	432 à 20°C	nr	Système hépatique, rénal	nr	nr	nr	nr	nr
Aromatiques >C7-C8 (Toluène)	nd	92	515 à 20°C	(-95)	2 922 à 20°C	537 à 20°C	nr	Système hépatique, rénal	nr	nr	nr	nr	nr
Aromatiques >C8-C10	nd	120	65				nr	Système hépatique, rénal	nr	nr	nr	nr	nr
Aromatiques >C10-C12	nd	130	25				nr	Système hépatique, rénal	nr	nr	nr	nr	nr
Aromatiques >C12-C16	nd	150	5,8				nr	Système hépatique, rénal	nr	nr	nr	nr	nr
BTEX-N													
Benzène	71-43-2	78,1	1 800 à 25°C	5,5	9 970 à 20°C	432 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	C1A, M1B	1	A
Toluène	108-88-3	92,2	515 à 20°C	(-95)	2 922 à 20°C	537 à 20°C	nr	Système hépatique, nerveux, rénal, pulmonaire	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	R2	3	D
Ethylbenzène	100-41-4	106	152 à 20°C	(-94,95)	944 à 20°C	775 à 20°C	Système rénal	Système hépatique, rénal, ototoxique	SGH02, SGH07	H225, H332	nr	2B	nr
Xylène totaux	1330-20-7	106,1	169 à 20°C	nr	1 051 à 20°C	680 à 20°C	nr	Système nerveux, poids corporel	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	nr	3	nr
Naphtalène	91-20-3	128,1	30 à 20°C	80	7,2 à 20°C	45 à 20°C	Système respiratoire	Système respiratoire, poids corporel	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C
COHV													
Dichlorométhane	75-09-2	84,9	13 200 à 20 000 à 20°C	nr	46 500 à 20°C	270 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2
Chlorure de vinyle	75-01-4	62,5	1 100 à 20°C	(-153,8)	333 000 à 20°C	2 730 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A
1,1-Dichloroéthène	75-35-4	96,9	2 200 à 20°C	nr	66 500 à 20°C	2 830 à 25°C	nr	Système hépatique	SGH02, SGH07, SGH08	H224, H351, H332	C2	3	C
trans 1,2-Dichloroéthène	156-60-5	96,9	600 à 20°C	nr	35 300 à 20°C	801 à 20°C	nr	Système hépatique et immunitaire	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	nr	nr	D
cis 1,2-dichloroéthène	156-59-2	96,9	800 à 20°C	nr	24 000 à 20°C	327 à 20°C	nr	Système hépatique et rénal	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	nr	nr	D
Chloroforme	67-66-3	11,5	8 200 à 20°C	(-63,5)	21 262 à 20°C	299 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2
Tétrachlorométhane	56-23-5	153,8	800 à 20°C	(-23)	11 940 à 20°C	2 168 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH06, SGH08	H351, H331, H311, H301, H372, H415, EUH059	C2	2B	B2
1,1-Dichloroéthane	75-34-3	98,9	5 500 à 20°C	(-97,15)	23 994 à 20°C	569 à 24°C	nr	nr	SGH02, SGH07	H225, H302, H319, H335, H412	nr	nr	C
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	98,9	9 000 à 20°C	(-36)	8 433 à 20°C	98,3 à 20°C	Système hépatique	Système hépatique	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	133,42	950 à 20°C	(-30,4)	13 300 à 20°C	1 868 à 20°C	nr	Système nerveux, poids corporel	SGH07	H332, EUH059	nr	3	D
Trichloroéthylène	79-01-6	131,4	1 070 à 20°C	(-84,8)	7 960 à 20°C	1 044 à 20°C	Système rénal, immunitaire, nerveux, hépatique	Système rénal, immunitaire, nerveux, hépatique	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B, M2	1	A
Tétrachloroéthylène	127-18-4	165,8	149 à 20°C	22°C	1 900 à 20°C	2 114 à 20°C	Système nerveux, hépatique	Système nerveux, hépatique	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1
Métaux													
Mercure (élémentaire)	7439-97-6	200,6	0,0567 à 20°C	nr	0,17 à 20°C	729 à 20°C	nr	Système nerveux, rénal	SGH06, SGH08, SGH09	H360d, H330, H372, H400, H410	r1b	3	C à D
Zinc	7440-66-6	65,4	Insoluble	420	31 à 450°C	nr	nr	Système hépatique, croissance nourrisson	SGH09	H250, H260, H400, H410	nr	nr	nr
Plomb	7439-92-1	207,2	Insoluble	nr	nr	nr	Système rénal	Système rénal	SGH08, SGH07, SGH09	H302, H332, H362, H360FD	nr	2B	nr
Autres													
PCB	1336-36-3	nr	nr	nr	nr	nr	nr	Système immunitaire	SGH09, SGH08	H373, H400, H410	nr	1	B2

Pour mémoire:

Pour mémoire:

Constante de Henry = KH (-) = ratio de la concentration dans l'air (gaz) sur la concentration dans l'eau (gaz dissous) pour un composé.

Les HC aromatic sont considérés volatils jusqu'en C12 (KH=0.14), puis semi-volatil jusqu'en C16 (KH=0.054)

Le Benzène à KH 0.228 est volatil

Le Benzo(a)Pyrène à KH 4.6.10-5 est très peu volatil

Solubilité :

< 0.01 à 1 mg/l/> = peu soluble

< 1 à 100 mg/l/> = soluble

> 100 mg/l : très soluble

Le Benzène à 1750 mg/l est très soluble

Le Benzo(a)Pyrène à 0.00162 mg/l est très peu soluble