



VILLE DE MULHOUSE

Quartier des Coteaux

Diagnostic environnemental du milieu souterrain et EQRS

Rapport

Réf : CE2700290 / R1073493-01

OLB / CYD / SBE

11/04/2024



GINGER BURGEAP Région Centre-Est • 9B, rue du Parc – 67205 Oberhausbergen
Tél : 03.88.56.85.30 • burgeap.strasbourg@groupeginger.com



SIGNALETIQUE

CLIENT

RAISON SOCIALE	VILLE DE MULHOUSE
COORDONNÉES	2, rue Pierre et Marie Curie B.P. 10020 68948 Mulhouse Cedex 9
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Direction Cohésion Sociale et Vie des Quartiers (13)

GINGER BURGEAP

ENTITE EN CHARGE DU DOSSIER	GINGER BURGEAP Région Centre-Est 9B, rue du Parc – 67205 Oberhausbergen Tél : 03.88.56.85.30 • burgeap.strasbourg@groupeginger.com
CHEF DU PROJET	Cyrille DEHLINGER Tél : 03 88 56 85 36 c.dehlinger@groupeginger.com
COORDONNÉES Siège Social <i>SAS au capital de 1 200 000 euros dirigée par Claude MICHELOT</i> <i>SIRET 682 008 222 003 79 / RCS Nanterre B 682 008 222/ Code APE 7112B / CB BNP Neuilly – S/S 30004 01925 00010066129 29</i>	Siège Social 143, avenue de Verdun 92442 ISSY LES MOULINEAUX Tél : 01.46.10.25.70 E-mail : burgeap@groupeginger.com

RAPPORT

Offre de référence	CV_CE0001753 du 06/10/2023
Numéro et date de la commande	Courrier d'attribution du 22/12/2023
Numéro de projet / de rapport :	Réf : CE2700290 / R1073493-01
Domaine technique :	27_2

SIGNATAIRES

DATE	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Supervision / validation Nom / signature
11/04/2024	01	O.BURTIN  C.DEHLINGER 	C.DEHLINGER  S. GIANNO LARMIGNY 	S.BERNOUD 

SOMMAIRE

Synthèse technique	5
1. Introduction	8
1.1 Objet de l'étude.....	8
1.2 Codification des prestations	9
1.3 Contexte géologique	10
2. Rappel du contexte environnemental et de l'étude de vulnérabilité des milieux	10
2.1 Contexte hydrologique	10
2.2 Contexte géologique	10
2.3 Contexte hydrogéologique	10
2.4 Utilisation de la ressource en eau dans le secteur d'étude.....	10
2.5 Zones naturelles sensibles	11
2.6 Contexte climatique	12
2.7 Risque d'inondation	13
2.8 Recensement des sites potentiellement pollués autour du site	13
2.9 Conclusion sur la vulnérabilité des milieux	16
2.10 Synthèse de l'étude historique et documentaire	16
3. Investigations sur les sols (A200)	17
3.1 Programme et stratégie d'investigations.....	17
3.2 Observations et mesures de terrain	18
3.2.1 Succession lithologique.....	18
3.2.2 Niveaux suspects et mesures PID	18
3.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage.....	18
3.4 Conservation des échantillons	18
3.5 Valeurs de référence pour les sols.....	18
3.6 Résultats et interprétation des analyses sur les sols	19
4. Conceptualisation de l'exposition.....	30
4.1 Géologie et hydrogéologie	30
4.2 Synthèse des impacts résiduels dans les différents milieux	30
4.3 L'usage des milieux	30
4.3.1 Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site.....	30
4.3.2 Enjeux/cibles à considérer	30
4.4 Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition	30
4.5 Voies d'exposition.....	31
5. Analyse des enjeux sanitaires (EQRS)	33
5.1 Contexte et méthodologie	33
5.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux	33
5.3 Identification des dangers.....	34
5.4 Caractérisation des Relation dose-réponse	35
5.5 Estimation des expositions.....	36
5.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition	36
5.5.2 Estimation des expositions.....	39
5.6 Quantification des risques sanitaires	41
5.6.1 Méthodologie.....	41
5.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site	42
5.7 Analyse des incertitudes	42
6. Synthèse et recommandations	45
6.1 Synthèse.....	45
6.2 Recommandations	45

7. Limites d'utilisation d'une étude de pollution 47

FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude	8
Figure 2 : Carte des captages AEP du secteur (source ARS Grand-Est)	11
Figure 3 : Localisation des enjeux à protéger dans un rayon de 2 km autour du site	12
Figure 4 : Localisation des sites pollués ou potentiellement pollués dans un rayon de 1 km autour de l'emprise étudiée	15
Figure 5 : Cartographie des anomalies dans les sols (1/3)	27
Figure 6 : Cartographie des anomalies dans les sols (2/3)	28
Figure 7 : Cartographie des anomalies dans les sols (3/3)	29
Figure 8 : Schéma conceptuel mis à jour	32

TABLEAUX

Tableau 1 : Ressources documentaires consultées	10
Tableau 2 : Zones naturelles remarquables	12
Tableau 3 : Caractéristiques des sites BASIAS, ARIA et BASOL dans un rayon de 650 m autour du site étudié	14
Tableau 4 : Synthèse sur la vulnérabilité et sensibilité des milieux	16
Tableau 5 : Investigations et analyses réalisées sur les sols	17
Tableau 6 : Résultats d'analyses pour les 3 échantillons composites par maille (1/3)	20
Tableau 7 : Résultats d'analyses pour les 3 échantillons composites par maille (2/3)	21
Tableau 8 : Résultats d'analyses pour les 3 échantillons composites par maille (3/3)	22
Tableau 9 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (1/3)	23
Tableau 10 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (2/3)	24
Tableau 11 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (3/3)	25
Tableau 12 : Voies d'exposition retenues	31
Tableau 13 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR	34
Tableau 14 : Valeurs toxicologiques de référence retenues	36
Tableau 15 : Concentrations de polluants calculées dans les poussières inhalables	37
Tableau 16 : Concentrations calculées dans les végétaux (poids frais-poids sec)	38
Tableau 17 : Budgets espace/temps retenus	40
Tableau 18 : Synthèse des QD et ERI	42
Tableau 19 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation	43

ANNEXES

Annexe 1. Méthodes analytiques et LQ
Annexe 2. Fiches d'échantillonnage des sols
Annexe 3. Bordereaux d'analyse des sols
Annexe 4. Données toxicologiques
Annexe 5. Relations dose-réponse
Annexe 6. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition
Annexe 7. Paramètres d'exposition retenus
Annexe 8. Détails des calculs de dose et de risque
Annexe 9. Glossaire

Synthèse technique

CONTEXTE		
Client	VILLE DE MULHOUSE	
Nom / adresse du site	Quartier des Coteaux	
Contexte de l'étude	Projet d'aménagement d'agriculture urbaine qui s'inscrit dans le projet national « Quartiers Fertiles »	
Projet d'aménagement	Reconversion des espaces en friche du quartier des Coteaux en terrains à usage nourricier (potager, vergers).	
Informations le site lui-même sur	Superficie totale	2700 m ² environ
	Parcelles cadastrales	Parcelle 142 et 162 section IA
	Propriétaire	Ville de Mulhouse
	Exploitant et usage actuel	Zone en friche
	Environnement proche	Le site se trouve dans un quartier majoritairement résidentiel. Une école maternelle se trouve en limite nord du site. Un collège se trouve à l'ouest du site à environ 150 mètres.
	Historique connu	Présence d'anciennes constructions au droit de la zone entre 1974 et 2002 environ.
Statut réglementaire	Installation ICPE et régime	Non concerné
	Situation administrative	
Contexte géologique et hydrogéologique	Géologie	Sous de probable remblais, limons lœssiques sur plusieurs mètres reposant sur des marnes/calcaires
	Hydrogéologie	La présence d'une nappe au droit du site est peu probable au regard des formations géologiques présentes. Cependant des circulations d'eau peuvent-être possibles.
Impacts connus sur le milieu souterrain	Etudes antérieures	Aucun impact connu à ce jour.
	Impacts milieu sols	
	Impacts milieu eaux souterraines	
	Impacts milieu gaz du sol	

MISSION		
Intitulé et objectifs	Réalisation d'un diagnostic environnemental dans le cadre du projet d'aménagement d'agriculture urbaine qui s'inscrit dans le projet national « Quartiers Fertiles » et vérification de la compatibilité sanitaire entre la qualité des milieux et un projet de terrains nourriciers.	
Historique du site et vulnérabilité des milieux	<ul style="list-style-type: none"> • Avant 1973 : Parcelle agricole et terrain nu ; • de 1973 à 2002 environ: Bâtiment construit ; • de 2002 à aujourd'hui : parcelle enherbée. 	
Investigations réalisées	Sols	<ul style="list-style-type: none"> • Sondages au droit du site afin de caractériser la qualité des sols selon le maillage 10 x 10 m prévu dans notre offre initiale ; • Les horizons 0-30 cm, 30-60 cm et 60-100 cm ont été prélevés (soit 3 échantillons composites par maille) conformément au protocole fourni lors de la consultation. Chaque échantillon composite a été constitué d'un minimum de 5 échantillons unitaires répartis dans chaque maille ; • Au vu de la présence suspectée de remblais, la recherche des composés volatils au droit de chaque maille a été réalisée.
Polluants recherchés	Sols	HCT, BTEX, COHV, métaux lourds
Résultats des investigations	Qualité du sous-sol et impacts identifiés	<p>Les investigations réalisées sur les sols ont mis en évidence les impacts suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La présence de nombreux métaux dans les échantillons de sol en particulier sur l'horizon de sol entre 0 et 0.6 m. Quelques concentrations dépassent les valeurs de bruit de fond national. Cependant, aucune corrélation entre les potentielles sources de contamination et la répartition spatiale de concentrations retrouvées dans les échantillons de sol ne peut être faite. • De même, de nombreux échantillons de sols, sur l'ensemble du site, présentent des concentrations en hydrocarbures totaux et HAP. Ces dernières diminuent généralement en profondeur. <p>Ces concentrations ainsi que celles en métaux pourraient être liées à la présence de remblais.</p>
	Schéma conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts identifiés : métaux et composés organiques (HAP et HCT C10-C40) dans les sols • Enjeux à protéger : usagers futurs (adultes et enfants) • Voies d'expositions : inhalation et ingestion de poussières et de sols contaminés, et ingestion de végétaux cultivés sur site
CONCLUSION - RECOMMANDATIONS		
Conclusions et recommandations	Conclusion de l'Évaluation des Risques Sanitaires	Avec les conditions d'études retenues (terrains nourriciers, teneurs moyennes), et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.
	Recommandations	<p>Lors des activités de jardinage, il est recommandé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de ne pas arroser les sols avec les eaux de ruissellement de la rue ;

		<ul style="list-style-type: none"> • d'arroser avec l'eau issue du réseau collectif avec la pose des canalisations d'alimentation en eau potable, qui serviront à l'arrosage, dans des tranchées remblayées par des sablons sains et/ou en cas d'usage des eaux souterraines, de réaliser au préalable une étude spécifique sur ce milieu ; • de veiller à ce que le sol ne soit pas trop acide ; en effet, plus un sol est acide, plus les métaux sont facilement libérés et pourront alors être absorbés par les plantes ; • de porter des gants de façon à limiter au maximum le contact direct avec les sols et notamment l'ingestion et l'inhalation de particules de sols ; • de se laver les mains systématiquement après tout passage dans le jardin ; cette consigne est particulièrement importante pour les enfants qui ont tendance à porter leurs mains à la bouche et ainsi augmenter les quantités de sols qui pourraient être ingérées ; • de diversifier les cultures : <ul style="list-style-type: none"> • les fruits et légumes-fruits et graines (i.e. tomates, aubergines, poivrons, courges, maïs, concombres, melons, pois, ...) sont les cultures qui assimilent le moins les contaminants ; • les légumes-racines (carottes, betteraves, pommes de terre et navets) présentent une capacité intermédiaire à fixer les polluants des sols ; • les légumes feuilles et les herbes aromatiques (la laitue, les épinards, les blettes, les différents choux, brocolis, choux fleurs, haricots verts et petits pois non écosés, thym) sont les végétaux qui concentrent le plus les polluants du sol. <p>Après la récolte, il est recommandé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de toujours laver les fruits et légumes avant la consommation afin d'éliminer les pollutions de surface et de les éplucher ; • de diversifier les sources d'alimentation ; • de peler les légumes racines et d'enlever les feuilles extérieures des légumes feuilles.
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

La VILLE DE MULHOUSE est dans la phase opérationnelle du projet national « Quartiers Fertiles » qui vise à développer les projets en agriculture urbaine au sein de Quartiers Prioritaires en proposant un accompagnement aux futurs porteurs de projet.

Cette étude s'inscrit ainsi dans le cadre d'une reconversion possible d'espaces non construits, au préalable identifiés comme futurs terrains à usage nourricier (potagers, vergers).

Parmi ces terrains, deux quartiers de la ville ont été ciblés pour cette reconversion :

- quartier Drouot : parcelles 178 / 241 ;
- quartier Coteaux : parcelles 162 / 142.

La VILLE DE MULHOUSE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'une étude historique et documentaire au droit de chacun d'entre eux (rapport GINGER BURGEAP référencé R1069644-01 « Etude historique et documentaire » du 02/01/2024) puis d'un diagnostic environnemental au droit de ces quartiers.

Ce rapport concerne le Quartier Coteaux localisé au sud-ouest de la Ville de Mulhouse.



Figure 1 : Localisation du site d'étude

1.2 Codification des prestations

Le présent rapport est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 1, 2 et 5 : décembre 2021 - « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »**, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle » et le domaine D : « Attestation de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement ».

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A100	Visite du site	<input type="checkbox"/> AMO en phase	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
<input type="checkbox"/> A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles	<input type="checkbox"/> LEVE Levée de doute	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
<input type="checkbox"/> A120	Etude de vulnérabilité des milieux	<input type="checkbox"/> INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.
<input type="checkbox"/> A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	<input checked="" type="checkbox"/> DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant...) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet
<input checked="" type="checkbox"/> A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	<input type="checkbox"/> PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320). Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations un plan de conception des travaux (PCT), un contrôle de la mise en œuvre des mesures (CONT), un suivi environnemental (SUIVI), la mise en place de restrictions d'usage et la définition des modalités de leur mise en œuvre. Précision des mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input type="checkbox"/> A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	<input type="checkbox"/> IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de la mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.), la mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site, un signal sanitaire Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui ne nécessitent aucune action particulière, peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés, nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
<input type="checkbox"/> A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments	<input type="checkbox"/> SUIVI	Suivi environnemental
<input type="checkbox"/> A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	<input type="checkbox"/> BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires
<input type="checkbox"/> A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	<input type="checkbox"/> CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
<input type="checkbox"/> A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	<input type="checkbox"/> XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	<input type="checkbox"/> VERIF Evaluation du passif environnemental	Effectuer les vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise
<input checked="" type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	Prestations globales (D) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	<input type="checkbox"/> ATTES-ALUR	Attestation à joindre aux demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS) ou au second changement d'usage (loi ALUR).
<input type="checkbox"/> A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales		
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires		
<input type="checkbox"/> A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages		
<input type="checkbox"/> A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes		

1.3 Contexte géologique

Tableau 1 : Ressources documentaires consultées

Organisme consulté	Nature des données/références
IGN	Photographies aériennes
GINGER BURGEAP	Rapport R1069644-01 « Etude historique et documentaire » du 02/01/2024

2. Rappel du contexte environnemental et de l'étude de vulnérabilité des milieux

2.1 Contexte hydrologique

Il n'existe aucun cours d'eau à proximité du site d'étude.

2.2 Contexte géologique

D'après la carte géologique n°413 de Mulhouse au 1/50 000 et les données archivées sur le serveur de la banque de données Infoterre, les formations géologiques susceptibles d'être rencontrées au droit de la zone d'étude sous d'éventuels remblais sont de la surface vers la profondeur :

- 0 à quelques mètres de profondeur : Loess et loess-lehms récents et anciens (Wûrm) ;
- au-delà : marnes et calcaires du Horst de Mulhouse (Oligocène).

2.3 Contexte hydrogéologique

La présence d'une nappe au droit du site à faible profondeur est peu probable au regard des formations géologiques présentes. Cependant, des circulations d'eau peuvent-être possibles.

Les marnes de l'Oligocène du Sundgau (Molasse alsacienne) peuvent être localement aquifères. Les aquifères du Horst de Mulhouse correspondent aux aquifères karstiques locaux. Le jeu de failles amène ces calcaires à l'affleurement dans le Horst de Mulhouse.

Aucun sens d'écoulement au droit du site n'est de ce fait définissable. Au regard de la topographie, des circulations d'eau pourraient être orientées vers le nord-est.

2.4 Utilisation de la ressource en eau dans le secteur d'étude

Le site étudié n'est pas inclus dans un périmètre de protection de captage.

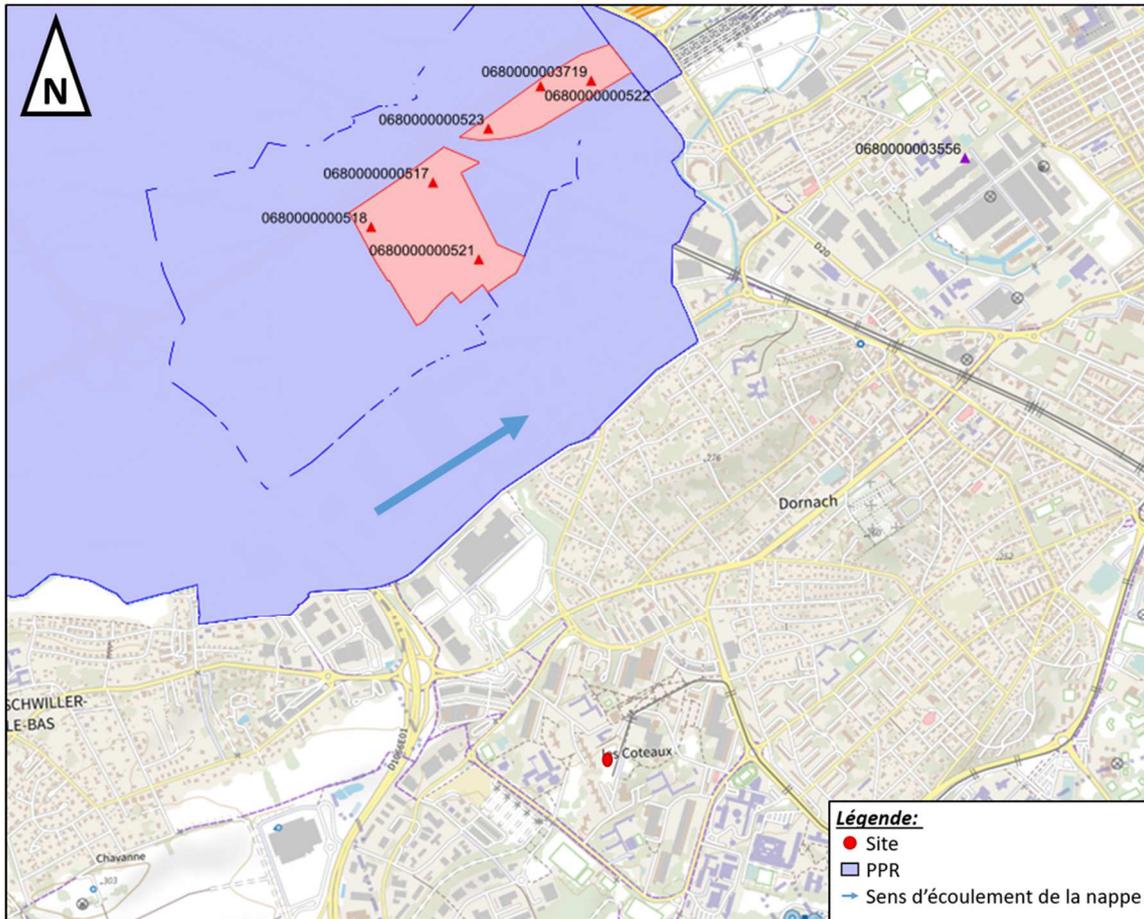


Figure 2 : Carte des captages AEP du secteur (source ARS Grand-Est)

2.5 Zones naturelles sensibles

Les zones naturelles remarquables les plus proches du site (moins de 2 km) sont listées dans le **Tableau 2** et localisées sur la **Figure 3**.

Tableau 2 : Zones naturelles remarquables

	Référence (Figure 3)	Nom de la zone naturelle	Distance et position par rapport au site
Inventaires			
ZNIEFF de type 1 de deuxième génération		Vallon du Steinbaechlein en amont de Mulhouse (1) Cours de l'Ill et de ses affluents en amont de Mulhouse (2)	(1) 975 m au nord du site. (2) 1.4 km au sud du site.
ZNIEFF de type 2 de deuxième génération		Vallée de l'Ill et de ses affluents de Winkel à Mulhouse	1.3 km au sud du site

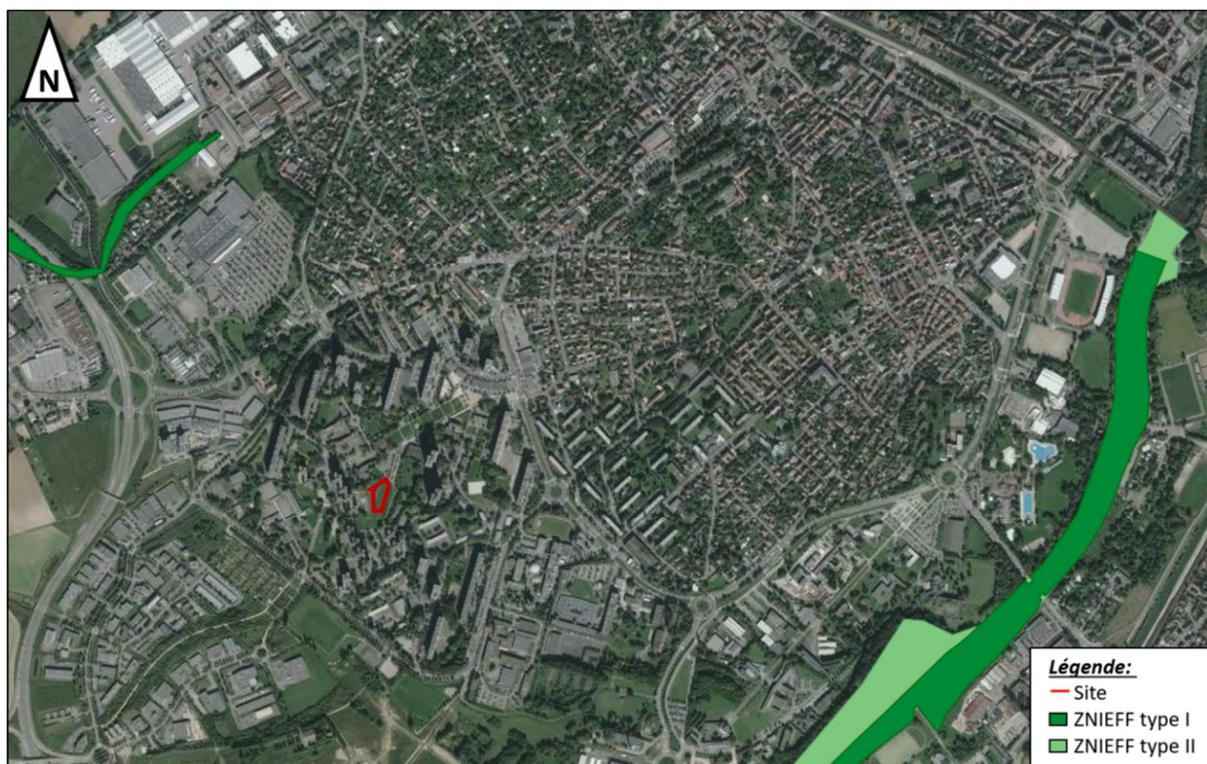


Figure 3 : Localisation des enjeux à protéger dans un rayon de 2 km autour du site

Le site étudié n'est pas inclus dans une zone naturelle remarquable.

Des zones naturelles remarquables sont présentes en aval hydrogéologique proche du site.

2.6 Contexte climatique

La pluviométrie annuelle de 2022 de la ville de Mulhouse est de 683 mm. Le régime des pluies a été globalement régulier sur l'année avec une période moins pluvieuse de Janvier à Mai (exception faite pour le mois d'Avril) et une période pluvieuse plus intense entre Juin et Novembre.

Les vents dominants sont orientés vers le nord-est.

2.7 Risque d'inondation

Le site étudié ne se trouve pas en zone inondable d'après le PPRI (Plan de Prévention du Risque d'Inondation) de Mulhouse.

Le site n'est pas sujet aux inondations par remontée de nappe.

2.8 Recensement des sites potentiellement pollués autour du site

L'état environnemental de la zone d'étude est évalué via les bases de données BASIAS (inventaire des anciens sites industriels et activités de service), BASOL (recensement des sites potentiellement pollués appelant à une action des pouvoirs publics) et ARIA (incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'Environnement).

La base de données **BASIAS** recense plusieurs sites localisés dans un rayon de 650 m autour du site étudié (**Tableau 3**). Ces sites sont localisés sur la **Figure 4**.

Tableau 3 : Caractéristiques des sites BASIAS, ARIA et BASOL dans un rayon de 650 m autour du site étudié

N° sur la Figure 4	BASIAS	ARIA	BASOL	SIS	Référence	Etablissement adresse	Etat d'occupation du site	Activité	Distance et position par rapport au site
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802234	258 rue Belfort MULHOUSE	En activité	Dépôt de liquide inflammable	Au nord du site, à 540 m.
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802484	Galerie marchande Cora à Dornach MULHOUSE	En activité	Blanchisserie-teinturerie	Au nord du site, à 570 m.
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802555	184 rue Belfort MULHOUSE (68224)	En activité	Station-service	Au nord du site, à 530 m.
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802237	MULHOUSE (68224)	En activité	Station-service	Au nord du site, à 650 m.
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802212	MULHOUSE (68224)	En activité	Transformateur (PCB, pyralène, ...)	Au sud-est du site à 460 m.
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ALS6802237	MULHOUSE (68224)	En activité	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin	Au sud-est du site à 630 m.

Le site n'est pas recensé dans la base de données BASIAS.

Aucun site BASIAS ne se trouve en amont hydrogéologique supposé du site étudié dans un rayon de 650 m.

Aucun site ARIA ne se trouve en amont hydrogéologique supposé du site étudié dans un rayon de 650 m.

Aucun site BASOL ne se trouve en amont hydrogéologique supposé du site étudié dans un rayon de 650 m.



Figure 4 : Localisation des sites pollués ou potentiellement pollués dans un rayon de 1 km autour de l'emprise étudiée

2.9 Conclusion sur la vulnérabilité des milieux

Tableau 4 : Synthèse sur la vulnérabilité et sensibilité des milieux

Milieux	Vulnérabilité	Justification	Sensibilité	Justification
Sols	Forte	<i>Sol moyennement perméable et sans couverture</i>	Forte	<i>Pas de revêtement sur le site, parcelle enherbée. Usage futur de type nourricier</i>
Eaux souterraines	Faible	<i>Pas de nappe identifiée au droit du site.</i>	Faible	<i>Pas d'usage.</i>
Eaux superficielles	Faible	<i>Pas de présence d'eau superficielle proche du site.</i>	Faible	<i>Pas d'usage.</i>
Milieux naturels	Faible	<i>Distance éloignée par rapport au site (entre 975 m et 1,4 km)</i>	Forte	<i>Da part la nature même des ZNIEFF.</i>

2.10 Synthèse de l'étude historique et documentaire

D'après les photographies aériennes anciennes, le site était auparavant une parcelle enherbée inoccupée. Le site a été occupé par des logements collectifs de 1974 à 2002 environ. La présence de remblais liés à la démolition de ces bâtiments est suspectée.

Actuellement le site est une parcelle enherbée avec quelques jeunes arbres fruitiers.

Aucune étude environnementale n'est existante au droit du site.

3. Investigations sur les sols (A200)

3.1 Programme et stratégie d'investigations

Selon les données initiales au droit du site d'étude, il a été réalisé un diagnostic complémentaire de sols selon le programme présenté ci-dessous.

Date d'intervention	08/01/2024 au 09/01/2024
Prestataire de forage	ASTARUSCLE
Technique de forage	Carottage sous gaine
Investigations menées	Cf. Tableau 5 et Figures 5 à 7 Les sondages ont été suivis en continu par un collaborateur spécialisé de GINGER BURGEAP qui a effectué les prélèvements
Ecart au programme prévisionnel	Aucun écart n'a été réalisé par rapport au programme prévisionnel
Repli en fin de chantier	Sondages rebouchés avec les déblais de forage. Réfection des surfaces : non concerné Déchets de chantier : gérés en filière adaptées (gants et pots et supports de prélèvements)
Laboratoire d'analyses	EUROFINS accrédité par le COFRAC

Tableau 5 : Investigations et analyses réalisées sur les sols

Milieux reconnus	Investigations							Analyses			
	Prestations /méthode	Localisation	Objectifs	Qté			Prof. (ml)	Total ml	Mesures in situ	Pack pH, COT, granulométrie, 12 métaux et métalloïdes, HAP, HCT C10-C40 (1)	HCT C5-C10, BTEX, COHV - si échantillons unitaires / maille (2)
				Maille	Sondages	Echantillons					
Quartier Côteaux											
Sols	Sondage au carottier sous gaine - échantillons non remaniés	Maillage complet du site	Caractériser la qualité des sols	25	125	75	1	125	PID	75	25 (présence de remblais soupçonnée)
TOTAL Sols				25	125	75		125		75	25

(1) Un échantillon composite par horizon par maille sur la base de 5 sondages (3 échantillons par horizon x nb mailles)

(2) Un échantillon unitaire par maille de base, si composés volatils suspectés

Les méthodes analytiques et les limites de quantification figurent en **Annexe 1**.

3.2 Observations et mesures de terrain

Les terrains recoupés en sondage ont été décrits avant échantillonnage :

- succession lithologique ;
- présence ou non de niveaux jugés suspects (traces de souillures, caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), présence de matériaux de type déchets, mâchefers, verre, bois...) ;
- présence ou non de composés organiques volatils dans les gaz des sols (évaluée au niveau de chaque échantillon prélevé au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) régulièrement calibré).

Les échantillons ont ensuite été sélectionnés pour analyses chimiques en laboratoire (cf. § 3.6).

3.2.1 Succession lithologique

Au regard des observations réalisées au cours des investigations, le seul horizon mis en évidence est constitué de remblais argilo-limoneux à graves et débris, entre la surface et 1 mètre de profondeur.

3.2.2 Niveaux suspects et mesures PID

Aucun niveau ou indice PID n'a été identifié lors de l'intervention.

L'intégralité des observations figure dans les fiches d'échantillonnage de sols rassemblées en **Annexe 2**

3.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage

Après le levé de la coupe du sondage, le collaborateur de GINGER BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols les plus représentatifs selon le protocole détaillé ci-après :

- chaque échantillon composite sera constitué d'un minimum de 5 échantillons unitaires répartis dans chaque maille ;
- les horizons 0-30 cm, 30-60 cm et 60-100 cm seront prélevés (soit 3 échantillons composites par maille) conformément au protocole fourni lors de la consultation.

Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux d'une contenance de 375 ml.

Les échantillons soumis à analyses en laboratoire ont été choisis en fonction des observations de terrain et/ou de leur proximité d'une installation potentiellement polluante ayant pu avoir un impact sur les milieux étudiés et/ou du projet d'aménagement.

3.4 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons de sol ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

3.5 Valeurs de référence pour les sols

Conformément à la méthodologie en vigueur, les concentrations dans les sols au droit de la zone d'étude ont été comparées en premier lieu à des concentrations caractéristiques de bruit de fond régionaux ou propre à certains contextes (urbain, agricole...). Dans un second temps, l'ensemble des résultats obtenus sur le site sera pris en compte pour évaluer le bruit de fond propre au site pour chaque famille de polluants et déterminer si le site présente des zones de pollution concentrée.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux de présentation des résultats d'analyse.

<p>Métaux et métalloïdes sur sol brut</p>	<p>La gamme de concentrations qui sera utilisée pour comparaison est celle mise en évidence dans les sols naturels ordinaires (sans anomalie géochimique) dans le cadre du programme INRA-ASPITET. A défaut, nous utiliserons également les valeurs proposées par l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).</p> <p>Pour le plomb, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) mentionne une valeur de 300 mg (Pb)/kg sol, comme étant une valeur seuil entraînant un dépistage du saturnisme infantile. Un seuil de vigilance a également été établi à 100 mg/kg de plomb dans les sols. Ces valeurs sont des valeurs de gestion mais ne constituent pas la valeur du bruit de fond.</p> <p>Pour l'arsenic, le cadmium et le mercure, le Haut Conseil de Santé Publique (HSCP) mentionne des valeurs repères selon l'usage pris en compte (usage culture urbaine ou rurale et pour des usages résidentiels avec potager) en vue d'aider les pouvoirs publics et tous les acteurs concernés à engager des actions lorsque les teneurs dans les sols dépassent ces seuils. Ces valeurs sont des valeurs de gestion mais ne constituent pas la valeur du bruit de fond.</p>
<p>HAP</p>	<p>En l'absence de données locales, les valeurs de référence qui seront utilisées sont issues de celles établies par l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 1995 et 2005) et de celles des fiches toxicologiques de l'INERIS pour des sols urbains.</p>
<p>Autres composés</p>	<p>Pour les autres composés, en l'absence de valeurs caractérisant le bruit de fond, un simple constat de présence ou d'absence a été réalisé en référence à des teneurs supérieures ou inférieures aux limites de quantification du laboratoire.</p>

3.6 Résultats et interprétation des analyses sur les sols

Les résultats d'analyses sont synthétisés pour les 3 échantillons composites par maille dans le **Tableau 6, Tableau 7 et Tableau 8.**

Les résultats d'analyses sont synthétisés pour les échantillons unitaires par maille dans le **Tableau 9, Tableau 10 et Tableau 11.**

Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 3.**

Tableau 6 : Résultats d'analyses pour les 3 échantillons composites par maille (1/3)

Bruit de fond (b)	Valeurs repères HCSP			Valeurs limite des ISDI*	Localisation	Maille C1			Maille C2			Maille C3			Maille C4			Maille C5			Maille C6			Maille C7			Maille C8			
	Seuil de vigilance active					Mailles	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0
	Avec potager																													
	Auto consommation moyenne = 50%	Auto consommation moyenne = 100%	Tout usage																											
ANALYSES SUR SOL BRUT																														
Matière sèche	%	-	-	-		75,6	85,6	83,7	82,9	85,6	85,4	76,1	83,5	84	85,2	86,7	82,3	77,6	82	82,1	72,9	84,5	81,9	64	83,9	82,2	83,8	83,7	83,3	
Paramètres généraux																														
pH	-	-	-	-		8,5	8,9	8,8	8,4	8,7	8,9	9	9,2	8,7	8,4	8,9	9,3	8,5	9,1	9,1	8,9	9,3	9,3	8,2	8,9	9,1	8,6	8,9	9,2	
Fraction 2 - 20 µm (granulométrie)	%	-	-	-		31,83	22,19	37,33	31,19	22,97	40,91	39,14	35,92	39,14	34,54	32,61	40,78	37,16	40,01	38,11	32,76	34,5	40,6	27,65	42,71	31,94	29,01	34,18	23,43	
Fraction 20 - 63 µm (granulométrie)	%	-	-	-		44,65	45,97	44,29	42,28	46,8	43,05	40,47	44,84	44,83	36	45,11	39,38	42,69	42,8	44,26	46,65	47,7	51,27	38,22	48,81	44,85	42,44	46,35	51,22	
Fraction 63 - 200 µm (granulométrie)	%	-	-	-		16,67	24,66	10,92	16,09	23,53	7,16	11,04	10,16	8,56	15,03	14,38	11,75	10,8	7,37	8,91	13,19	10,91	1,05	19,69	0,93	11,31	18,8	9,03	19,36	
Fraction 200 - 2000 µm (granulométrie)	%	-	-	-		2,06	3,57	0,86	5,27	2,91	1,13	2,72	3	0	8,29	2,3	1,2	3,27	2,75	2,14	1,92	1,15	0	10,03	0	6,14	5,39	4,63	2,24	
COT																														
COT Carbone Organique Total (a)	mg/kg Ms	-	-	-	30 000	9750	2860	2630	16100	3900	4780	13200	5700	3120	17300	3530	2190	12100	2100	2330	5880	1530	3920	27000	7230	2050	17400	2970	3540	
Métaux et métalloïdes																														
Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	1,5	-	-		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,53	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25	-	25		12,5	10,4	9,38	17,2	10,5	11	11,2	4,8	8,73	14	9,15	9,39	12,8	8,78	9,24	8,97	7,28	9,36	19,6	8,89	8,11	10,5	10,4	7,8	
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	3000	-	-		70,4	70,4	82,7	152	64,2	72,8	66,4	43,8	69,6	86,5	62,5	56,1	70	47,4	48,9	55,8	40,6	52,9	166	49,2	49,1	60,4	69,8	45,3	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45	1	0,5		<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90	-	-		32,1	28,5	29	32,6	28,8	29,8	29,7	20,9	31,2	31,1	23,8	32	30,6	20,1	25,5	23,8	20,6	24,6	36,6	21,2	20,2	27,1	29	20,3	
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20	-	-		18	36,8	27	21,2	21	19,5	17,9	15,8	21	20,4	15,1	17,4	18,1	14,7	16,4	14,4	13,2	15,2	25	13,2	12,3	16,3	17,2	18,5	
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,1	1	0,5		<0,10	<0,10	0,12	0,23	<0,10	0,12	<0,10	<0,10	0,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,34	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	-	-	-		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60	-	-		31,7	32,1	31,7	27,3	30,8	31,6	32,2	24,8	42,7	30,2	30,6	42,2	28,7	22,5	32,6	25,1	21,4	28	26,1	22,5	21,9	28	31,1	22,2	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50	-	100		15,8	27,5	26,3	38,2	19,3	20,5	15,2	14,3	16,5	22	14,8	14,4	15,4	12	14	13,3	11,1	12,9	41,8	12,5	12,2	14,1	15,6	11,1	
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	0,7	-	-		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100	-	-		40,7	45,4	48	55,3	42	41,9	38,2	30	40,2	47	26,5	28,4	47,5	36	27	22,5	14,9	29,8	67,8	19,3	23,3	27,6	30,3	25,5	
Indice hydrocarbure C10-C40																														
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-	-		0,32	<2,000	0,05	0,72	<2,000	<2,000	1,13	<2,000	<2,000	1,21	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	2,34	<2,000	<2,000	0,09	<2,000	0,03	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-	-		0,7	<2,000	0,34	0,52	<2,000	<2,000	1,27	<2,000	<2,000	3,68	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	1,09	<2,000	<2,000	0,55	<2,000	0,05	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-	-		1,22	<2,000	1,47	1,38	<2,000	<2,000	2,35	<2,000	<2,000	3,87	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	2,48	<2,000	<2,000	1,17	<2,000	0,45	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-	-		1,43	<2,000	2,73	2,14	<2,000	<2,000	3,27	<2,000	<2,000	6,21	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	4,78	<2,000	<2,000	1,43	<2,000	1,22	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-	-		0,79	<2,000	3,65	2,94	<2,000	<2,000	3,66	<2,000	<2,000	6,59	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	6,91	<2,000	<2,000	2,2	<2,000	2,52	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-	-		7,66	<2,000	5,85	6,99	<2,000	<2,000	13,1	<2,000	<2,000	18,68	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	17,86	<2,000	<2,000	8,88	<2,000	6,2	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-	-		6,19	<2,000	5,1	7,62	<2,000	<2,000	11,04	<2,000	<2,000	22,16	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	17,08	<2,000	<2,000	10,4	<2,000	8,67	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-	-		3,86	<2,000	4,26	0,35	<2,000	<2,000	5,77	<2,000	<2,000	3,13	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	8,59	<2,000	<2,000	0,18	<2,000	2,09	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	-	-	500	22,17	n.c	23,45	22,66	n.c	n.c	41,59	n.c	n.c	65,53	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	61,13	n.c	n.c	24,9	n.c	21,23	
HAP																														
Naphtalène	mg/kg Ms	0,125	-	-		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Fluorène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05	0,09	0,069	0,053	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,098	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Anthracène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-	-		<0,05																								

Tableau 7 : Résultats d'analyses pour les 3 échantillons composites par maille (2/3)

Bruit de fond (b)	Valeurs repères HCSP			Valeurs limite des ISDI*	Localisation																								
	Seuil de vigilance active				Maille C9			Maille C10			Maille C11			Maille C12			Maille C13			Maille C14			Maille C15			Maille C16			
	Avec potager		Tout usage		Mailles	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0
	Auto consommation moyenne = 50%	Auto consommation moyenne = 100%																											
ANALYSES SUR SOL BRUT																													
Matière sèche	%	-	-	-	51,7	86,8	84,9	81,2	85,7	83,1	83,9	84,6	83,6	80,6	84,9	86,1	83,5	86,6	86,3	82,3	84,2	83,3	79	83,8	83,3	82,1	83,6	83,8	
Paramètres généraux																													
pH	-	-	-	-	8,9	9,3	9	8,7	9,1	8,9	9	9,1	10,8	8,9	8,9	9,1	8,6	8,9	9	8,9	9,1	8,3	8,7	9,1	9,2	8,6	9,1	8,7	
Fraction 2 - 20 µm (granulométrie)	%	-	-	-	31,54	33,08	30,39	29,48	38,26	39,91	33,32	38,67	36,37	29,82	41,89	36,8	34,6	41,46	30,97	32,23	31,38	29,58	40,03	39,6	33,99	34,85	46,69	35,42	
Fraction 20 - 63 µm (granulométrie)	%	-	-	-	45,87	44,59	45,48	33,29	44,34	42,84	48,2	44,68	47,19	43,83	42,55	44,39	47,07	40,03	43,93	45,56	47,24	58,39	51,14	45,9	45,82	44,63	40,05	45,58	
Fraction 63 - 200 µm (granulométrie)	%	-	-	-	14,29	13,22	14,45	19,71	9,3	8,86	12,74	8,98	10,39	17,61	6,46	8,33	11,63	7,58	15,42	14,87	13,15	7,13	1,97	7,65	11,49	12,46	4,54	8,85	
Fraction 200 - 2000 µm (granulométrie)	%	-	-	-	3,12	3,26	4,39	12,46	1,51	1,24	0	0,84	0,12	4,21	1,7	3,99	0,94	3,47	4,19	1,92	3,04	0	0	0,19	2,9	2,48	0,23	4,04	
COT																													
COT Carbone Organique Total (a)	mg/kg Ms	-	-	30 000	8030	6740	3680	16600	3660	4220	8740	1910	1910	7700	3310	3160	11800	4120	3500	6390	3240	3600	7460	3090	2240	15000	3010	2760	
Métaux et métalloïdes																													
Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	1,5			<1,00	<1,00	1,38	1,64	<1,00	<1,00	<1,01	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	3,68	1,51	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25		25	10,3	8,3	10,7	28,3	10,2	14,4	9,64	8,9	8,05	9,99	11	9,19	22,7	11,1	9,05	10,1	8,41	11,6	12,1	8,34	7,99	12,9	8,98	7,78	
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	3000			62,5	52,1	85,9	313	65,8	116	55	48,9	65,1	51,2	76,7	59,3	241	74,8	68,3	57,8	48,9	107	59,9	51,6	46,6	69,7	54,8	55,4	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45	1	0,5	<0,40	<0,40	<0,40	0,43	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,78	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			26,7	22	27,9	40,5	22,7	25,6	24,6	21,3	24,6	23,7	26,5	20,3	36,9	23,1	24,5	25,7	19,9	23,5	27,9	21,4	16,8	31,2	22,1	19,9	
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			16,1	13,2	18,9	33,3	15,2	17	15,1	13,1	15,3	13,3	15,3	13,8	30,2	17,5	14,9	15,8	14,1	23,7	14	13,5	11,8	18,2	13,9	13,1	
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1	1	0,5	<0,10	<0,10	<0,10	0,45	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,15
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	-			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,01	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			27,3	23,9	27,9	28,5	24,4	28,4	25,8	23,4	24,8	23,8	27,7	22,6	28,5	24,9	26,3	26,3	22,6	25,1	25,9	23,5	20,7	28,7	24,3	21,8	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50		100	14,3	12,5	17,3	72	17,9	16,5	12,7	10,6	12,7	10,6	13,8	13,6	53,4	23,5	15,7	13,7	13,2	13,7	12,2	11,8	10,1	16	11,8	13,5	
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	0,7			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,01	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			36,7	27,2	52,2	87,2	34,3	35,9	24,6	26,2	25,2	23	31,9	28,1	75,5	36,7	30	31,9	27,9	60,9	26,7	27	22	47,8	27,6	34,8	
Indice hydrocarbure C10-C40																													
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	LQ	-	-	1,42	0,17	<2,000	0,1	2,81	<2,000	0,61	<2,000	<2,000	0,13	<2,000	<2,000	0,14	0,83	0,15	<2,000	7,25	0,15	<2,000	<2,000	<2,000	0,09	<2,000	<2,000	
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	LQ	-	-	1,6	0,09	<2,000	0,43	1,49	<2,000	0,66	<2,000	<2,000	0,12	<2,000	<2,000	0,68	0,49	0,47	<2,000	1,13	0,59	<2,000	<2,000	<2,000	0,18	<2,000	<2,000	
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	LQ	-	-	1,65	0,41	<2,000	1,33	1,46	<2,000	1,3	<2,000	<2,000	1,28	<2,000	<2,000	1,36	0,79	0,62	<2,000	4,73	1,3	<2,000	<2,000	<2,000	0,87	<2,000	<2,000	
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	LQ	-	-	2,79	1,21	<2,000	3,75	2,24	<2,000	1,41	<2,000	<2,000	2,3	<2,000	<2,000	3,17	1,88	1,29	<2,000	17,48	2,47	<2,000	<2,000	<2,000	1,6	<2,000	<2,000	
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	LQ	-	-	2,25	2,24	<2,000	1,69	3,91	<2,000	1,94	<2,000	<2,000	2,58	<2,000	<2,000	4,74	3,66	2,22	<2,000	39,66	3,47	<2,000	<2,000	<2,000	2,71	<2,000	<2,000	
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	LQ	-	-	5,25	5,65	<2,000	13,13	5,82	<2,000	6,25	<2,000	<2,000	8,44	<2,000	<2,000	8,91	4,92	3,89	<2,000	9,91	5,2	<2,000	<2,000	<2,000	13,42	<2,000	<2,000	
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	LQ	-	-	3,94	9,83	<2,000	9,12	5,93	<2,000	6,15	<2,000	<2,000	7,87	<2,000	<2,000	10,05	4,66	3,99	<2,000	22,89	9,38	<2,000	<2,000	<2,000	12,08	<2,000	<2,000	
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	LQ	-	-	1,08	1,01	<2,000	5,03	4,67	<2,000	1,78	<2,000	<2,000	3,44	<2,000	<2,000	0,59	3,57	3,07	<2,000	4,2	1,28	<2,000	<2,000	<2,000	2,68	<2,000	<2,000	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	-	500	19,98	20,61	n.c	34,58	28,33	n.c	20,1	n.c	n.c	26,16	n.c	n.c	29,64	20,8	15,7	n.c	107,3	23,84	n.c	n.c	n.c	33,63	n.c	n.c	
HAP																													
Naphtalène	mg/kg Ms	0,125	-	-	<0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	mg/kg Ms	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-	-	0,13	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Anthracène	mg/kg Ms	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	0,051	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,099	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-	-	0,098	<0,05	<0,05	0,29	0,052	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	0,064	<0,05	<0,05	0,93	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pyrène	mg/kg Ms	-	-	-	0,07	<0,05	<0,05	0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	0,82								

Tableau 9 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (1/3)

		Bruit de fond (a)	Valeurs limite des ISDI*	Localisation	Sondages unitaires maille Coteaux								
				Sondage	C1(0-1.0)	C2(0-1.0)	C3(0-1.0)	C4(0-1.0)	C5(0-1.0)	C6(0-1.0)	C7(0-1.0)	C8(0-1.0)	C9(0-1.0)
ANALYSES SUR SOL BRUT													
Matière sèche	%	-	-		82,4	85,4	82,6	85,4	80,5	84,6	82,8	70,1	83,3
Hydrocarbures volatils (C5-C10)													
Fraction C5-C6 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.1	<1.00
Fraction C6-C8 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.1	<1.00
Fraction C8-C10 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	2,5	<1.1	<1.00
Fraction C6-C9 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.1	<1.00
Fraction C9-C10 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1,4	1,8	1,4
Somme des hydrocarbures C5-C8	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	3,9	3,9	1,4
BTEX													
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV													
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.06	<0.05	<0.06	<0.05	<0.06	<0.05	<0.06	<0.08	<0.06
Chlorure de vinyle	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
cis 1,2-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Chloroforme	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Tetrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tetrachloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
1,2-Dibromoéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromoforme (tribromométhane)	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Bromodichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Somme des 19 COHV	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
* Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage													
(a) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. En italique : source = ATSDR													
LQ: Limite de quantification du laboratoire													
concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux limites ISDI													

Tableau 10 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (2/3)

				Localisation	Sondages unitaires maille Coteaux									
		Bruit de fond (a)	Valeurs limite des ISDI*	Sondage	C10(0-1.0)	C11(0-1.0)	C12(0-1.0)	C13(0-1.0)	C14(0-1.0)	C15(0-1.0)	C16(0-1.0)	C17(0-1.0)	C18(0-1.0)	
ANALYSES SUR SOL BRUT														
Matière sèche	%	-	-		84,9	88,6	85	87	82,4	84,1	81,9	86,2	74,4	
Hydrocarbures volatils(C5-C10)														
Fraction C5-C6 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Fraction C6-C8 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Fraction C8-C10 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Fraction C6-C9 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Fraction C9-C10 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Somme des hydrocarbures C5-C8	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	
BTEX														
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
COHV														
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.07	
Chlorure de vinyle	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
cis 1,2-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
Chloroforme	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
Tetrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Tetrachloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Bromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
Dibromométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
1,2-Dibromoéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Bromoforme (tribromométhane)	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
Bromodichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
Dibromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
Somme des 19 COHV	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	
* Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage														
(a) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. En italique : source = ATSDR														
LQ: Limite de quantification du laboratoire														
concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux limites ISDI														

Tableau 11 : Résultats d'analyses pour les échantillons unitaires par maille (3/3)

		Bruit de fond (a)	Valeurs limite des ISDI*	Localisation	Sondages unitaires maille Coteaux						
				Sondage	C19(0-1.0)	C20(0-1.0)	C21(0-1.0)	C22(0-1.0)	C23(0-1.0)	C24(0-1.0)	C25(0-1.0)
ANALYSES SUR SOL BRUT											
Matière sèche	%	-	-		85,2	84,6	85,6	84,7	84,8	84,6	85,2
Hydrocarbures volatils(C5-C10)											
Fraction C5-C6 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fraction C6-C8 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fraction C8-C10 Aliphatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fraction C6-C9 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fraction C9-C10 Aromatiques	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Somme des hydrocarbures C5-C8	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	LQ	-		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
BTEX											
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Somme des BTEX	mg/kg Ms	LQ	6		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV											
Dichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Chlorure de vinyle	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
cis 1,2-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Chloroforme	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
1,2-Dibromoéthane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromoforme (tribromométhane)	mg/kg Ms	LQ	-		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Bromodichlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromochlorométhane	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Somme des 19 COHV	mg/kg Ms	LQ	-		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
* Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage											
(a) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. <i>En italique</i> : source = ATSDR											
LQ: Limite de quantification du laboratoire											
concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux limites ISDI											

Sur sol brut
Métaux et métalloïdes
<ul style="list-style-type: none"> • Présence généralisée de métaux lourds avec dépassement des valeurs de bruit de fond sur plusieurs sondages de sols avec des concentrations maximales en : <ul style="list-style-type: none"> • antimoine : 3,68 mg/kg MS au droit du sondage C13 (0-0,3) – concentration moyenne 1,06 mg/kg MS ; • arsenic : 28,3 mg/kg MS au droit du sondage C10 (0-0,3) – concentration moyenne 10,60 mg/kg MS ; • cadmium : 0,78 mg/kg MS au droit du sondage C13 (0-0,3) – concentration moyenne 0,41 mg/kg MS ; • cuivre : 36,8 mg/kg MS au droit du sondage C1 (0,3-0,6) – concentration moyenne 16,80 mg/kg MS ; • mercure : 0,45 mg/kg MS au droit du sondage C10 (0-0,3) – concentration moyenne 0,12 mg/kg MS ; • plomb : 102 mg/kg MS au droit du sondage C24 (0-0,3) – concentration moyenne 17,95 mg/kg MS. • En comparaison avec les valeurs repères de l'HCSP, 3 échantillons de surface sur les 75 échantillons réalisés présentent un dépassement léger aux seuils de vigilance (102 mg/kg MS en plomb pour un seuil à 100 mg/kg MS ; 28 mg/kg en arsenic pour un seuil à 25 mg/kg MS et 0,78 mg/kg pour un seuil à 0,5 mg/kg en considérant un scénario de 100 % d'autoconsommation). Cela demeure donc très ponctuel à l'échelle du site.
Composés organiques
<ul style="list-style-type: none"> • Présence quasi-généralisée des hydrocarbures C10-C40 sur les échantillons de sols analysés dans la tranche 0-0,3 m. Ces derniers sont observés également au droit des autres horizons (0,3-0,6 et 0,6-1,0) sur quelques sondages ; • La plus forte concentration est observée au droit du sondage C14 entre 0,3 et 0,6 m avec une concentration de 107.25 mg/kg MS. Les fractions les plus lourdes y sont majoritaires (C24-C28). • Présence de traces d'hydrocarbures volatils (C5-C10), au droit des sondage C7, C8 et C9 avec une concentration maximale de 3,9 mg/kg MS (C7).
<ul style="list-style-type: none"> • Présence ponctuelle des HAP sur les échantillons de sols analysés sans dépassement des valeurs de bruit de fond choisies à l'exception du naphthalène au droit du sondage C17 (0-0,3) avec une concentration atteignant 0,34 mg/kg MS. Ces teneurs sont toutefois traitées comme anomalie compte tenu de l'usage futur nourricier qui s'éloigne de la notion de bruit de fond urbain.
<ul style="list-style-type: none"> • Absence de quantification des BTEX et COHV recherchés sur les échantillons unitaires.
Zones de pollutions concentrées identifiées
<ul style="list-style-type: none"> • Aucune zone de pollution n'a été identifiées au droit de ce site.

Les cartographies des principales anomalies sont présentées en figures suivantes.

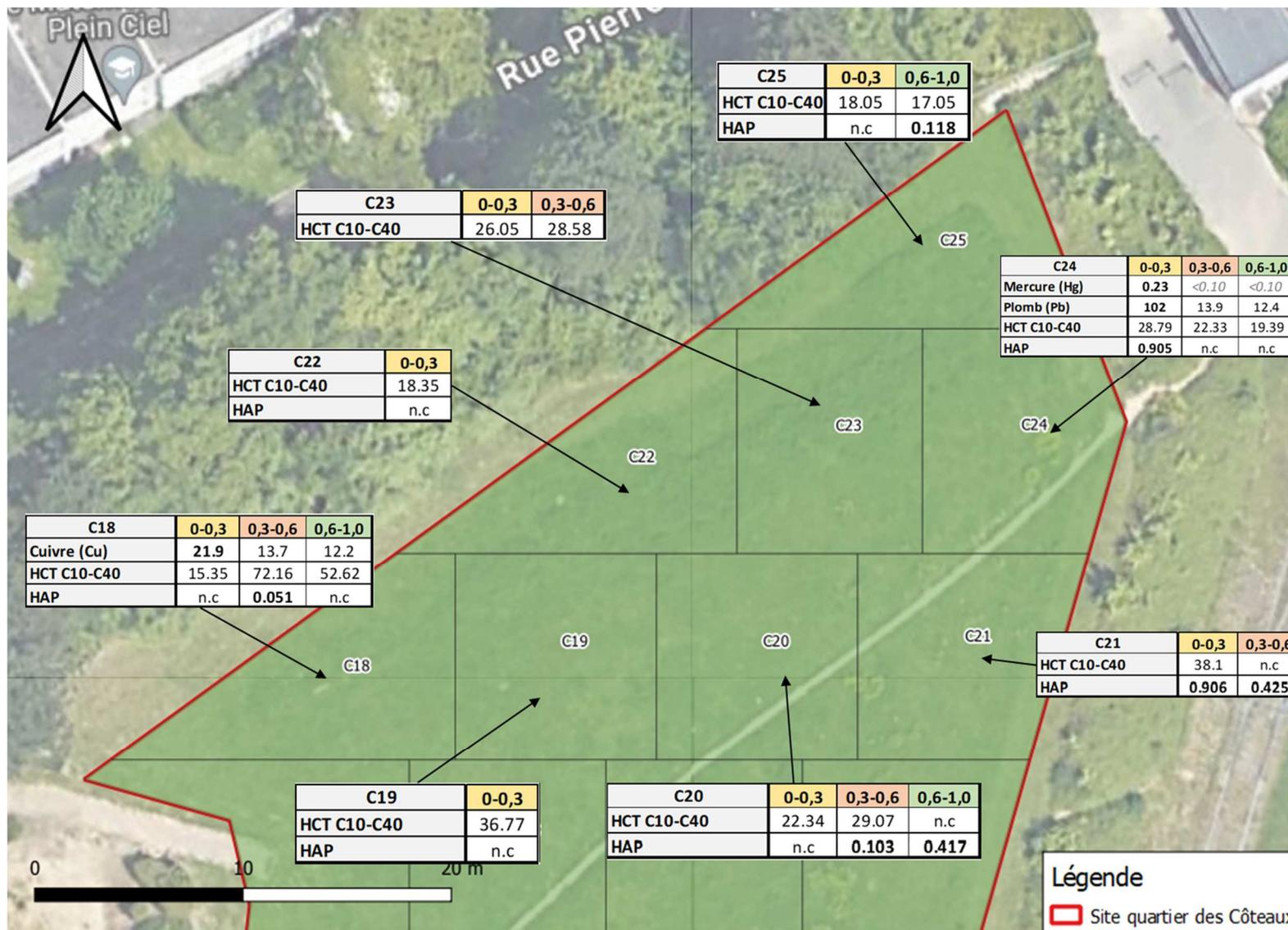


Figure 5 : Cartographie des anomalies dans les sols (1/3)

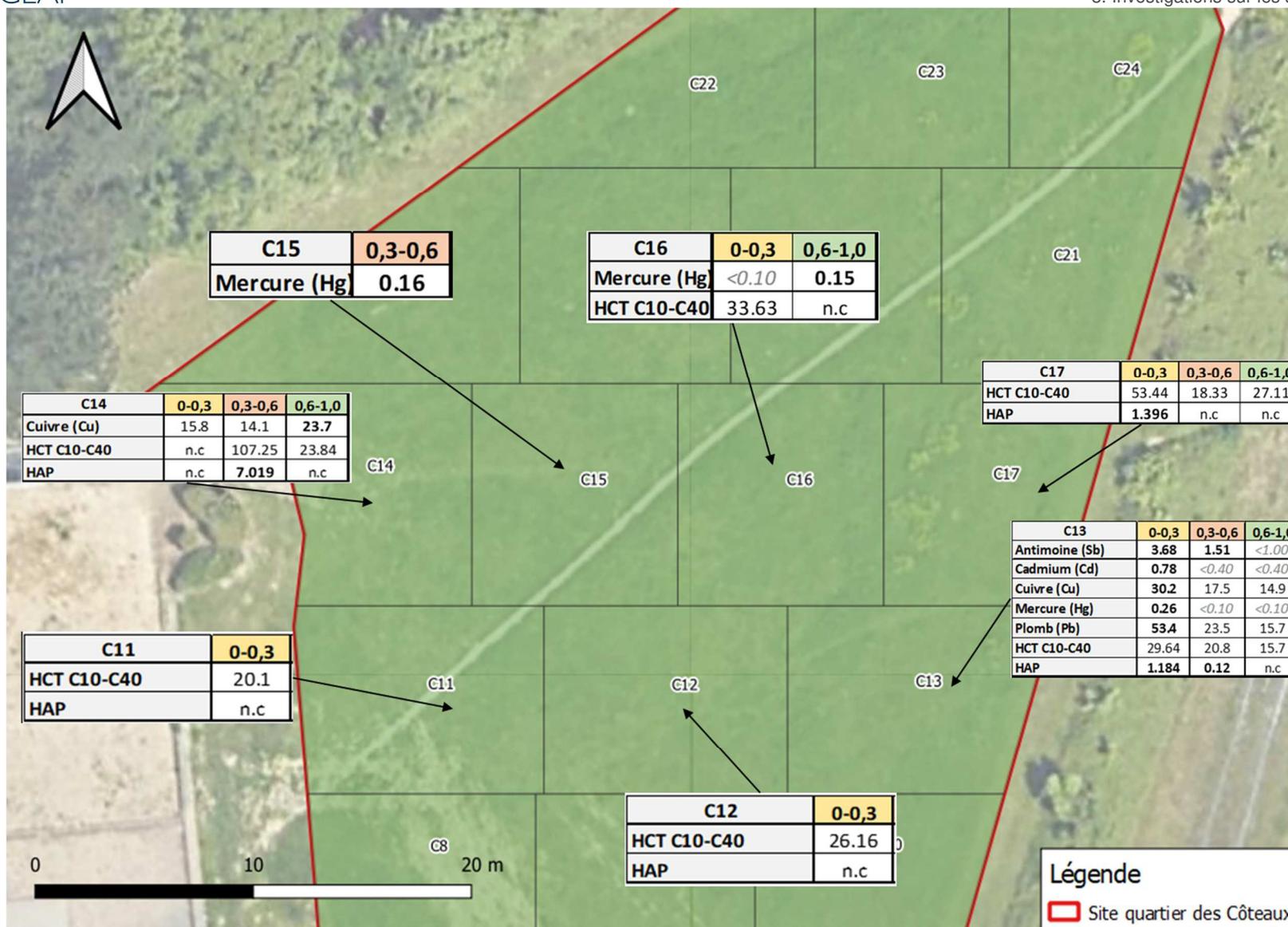


Figure 6 : Cartographie des anomalies dans les sols (2/3)

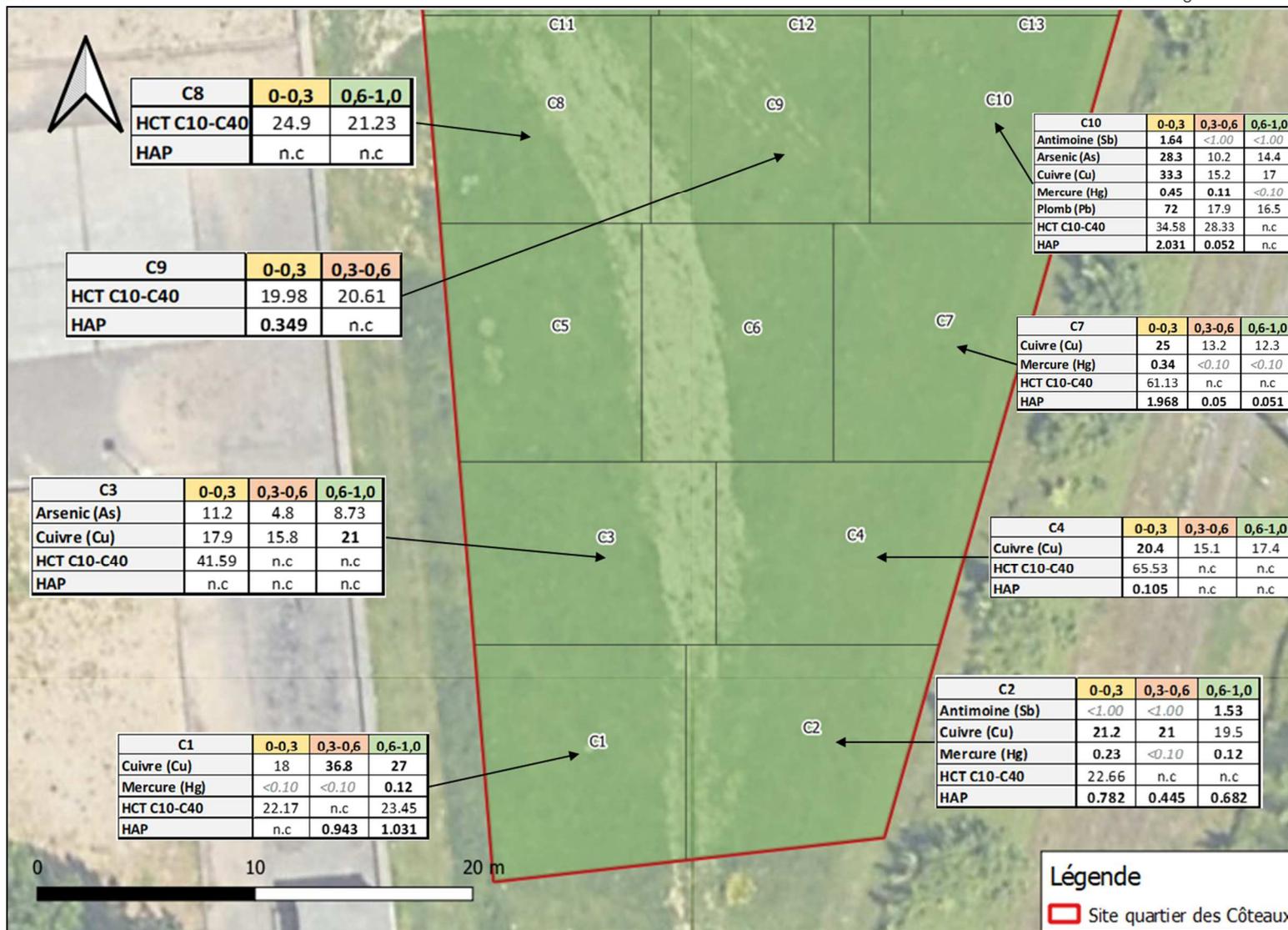


Figure 7 : Cartographie des anomalies dans les sols (3/3)

4. Conceptualisation de l'exposition

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser :

- la ou les sources de pollution,
- les voies de transfert possibles,
- les milieux d'exposition.
- les cibles potentielles,

Il est présenté et discuté dans les paragraphes suivants.

Le schéma conceptuel mis à jour à l'issue du diagnostic environnemental du site et pour les usages futurs envisagés est présenté sur la **Figure 6**.

4.1 Géologie et hydrogéologie

Les investigations réalisées sur site (sondages de reconnaissance des sols) ont mis en évidence la présence de remblais argilo-limoneux à graves et débris, entre la surface et 1 mètre de profondeur.

4.2 Synthèse des impacts résiduels dans les différents milieux

Les investigations réalisées sur les sols ont mis en évidence les impacts suivants :

- la présence de légères anomalies en métaux lourds dans les échantillons de sol (principalement sur l'horizon de sol entre 0 et 0.6 m) avec quelques dépassements des valeurs du bruit de fond national ;
- la présence de faibles concentrations en hydrocarbures totaux et HAP au droit de certains échantillons. Ces dernières diminuent généralement en profondeur. Ces concentrations ainsi que celles en métaux pourraient être liées à la présence de remblais.

4.3 L'usage des milieux

4.3.1 Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site

Le projet d'aménagement communiqué par le maître d'ouvrage prévoit la transformation du site en espace vert à usage nourricier.

4.3.2 Enjeux/cibles à considérer

Les enjeux à considérer **sur site** sont les futurs usagers du site (adultes, enfants).

Les enjeux **hors-site** ne sont pas étudiés dans le cadre de la présente étude.

4.4 Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition

Au droit des espaces non recouverts, les voies de transfert à considérer sont la volatilisation des composés volatils, l'envol de poussières contenant des polluants, l'emport de polluants par les eaux de ruissellement, ainsi que le transfert vers les végétaux cultivés.

4.5 Voies d'exposition

Au droit des zones non recouvertes, les voies d'exposition à considérer sont :

- l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS ou ZS),
- l'inhalation de poussières,
- l'ingestion de sols et poussières contenant des polluants,
- l'ingestion de végétaux cultivés sur site ;
- l'adsorption cutanée.

La sélection des voies d'exposition ainsi que l'argumentaire de cette sélection sont présentés dans le **Tableau 12**.

Tableau 12 : Voies d'exposition retenues

VOIES D'EXPOSITION	Adultes et enfants	RAISON DE LA SELECTION
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Non	Les concentrations en composés volatils dans les sols sont quantifiées de manière très ponctuelles et/ou à de faibles concentrations et ne sont ainsi pas susceptibles d'induire un risque.
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Oui	Les sols non recouverts présentent des concentrations en composés susceptibles d'induire un risque.
Inhalation de vapeur d'eau polluée*	Non	Absence d'usage des eaux souterraines et superficielles, installation de puits peu probable au regard de la géologie. Nouvelle canalisation supposée réalisée dans des terres d'apport saines.
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Oui	Les sols de surface non recouverts peuvent présenter des concentrations en composés organiques et inorganiques susceptibles d'induire un risque.
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Oui	Usage de destination du site et présence de concentrations dans les sols en composés susceptibles d'induire un risque.
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés ou pêchés à proximité du site	Non	Absence d'élevages actuellement et dans le futur sur site ou dans le voisinage
Ingestion d'eau contaminée	Non	Absence d'usage des eaux souterraines
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Absence d'usage des eaux souterraines
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Les concentrations en composés volatils dans les sols et dans les eaux souterraines sont faibles et ne sont susceptibles d'induire un risque.

* voie d'exposition considérée par la comparaison entre les concentrations dans les eaux utilisées et les concentrations maximales admissibles dans les eaux potables (voir paragraphe des investigations sur les eaux souterraines).

** Les expositions par contact cutané avec les sols ne sont pas considérées dans la présente étude compte tenu de l'absence de valeur toxicologique de référence pour cette voie d'exposition. En effet, comme cela est préconisé dans la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, en l'absence de connaissance des effets potentiels des substances étudiées par voie cutanée, la transposition de la valeur toxicologique établie par voie orale n'est pas effectuée

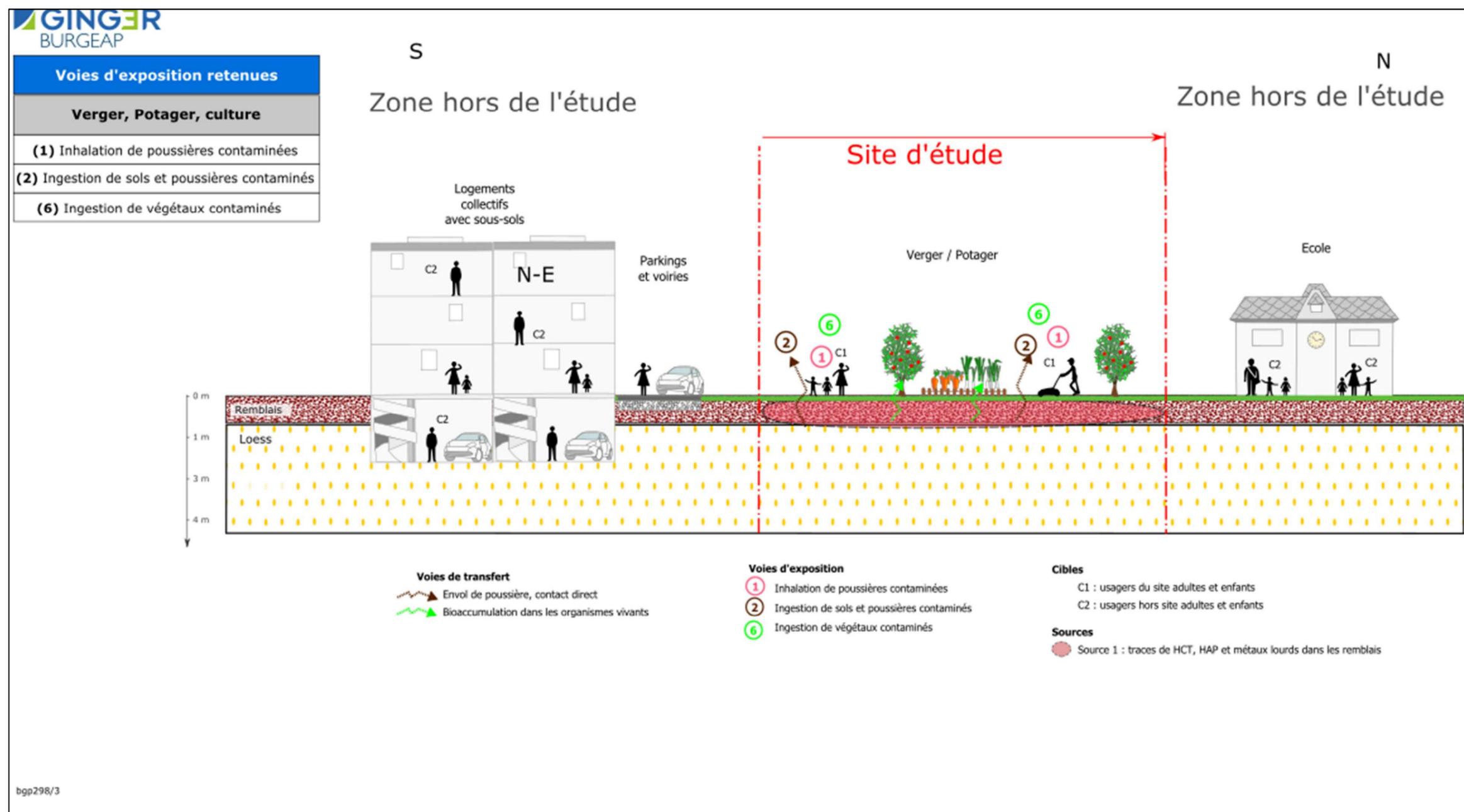


Figure 8 : Schéma conceptuel mis à jour

5. Analyse des enjeux sanitaires (EQRS)

5.1 Contexte et méthodologie

Conformément aux textes ministériels relatifs à la gestion des sites et sols pollués de 2017, la compatibilité entre l'état attendu des terrains après mise en œuvre des mesures de gestion proposées et l'usage futur du site doit être vérifiée sur le plan sanitaire.

L'objectif de l'EQRS est de vérifier que les risques encourus par les personnes exposées à cette pollution n'excèdent pas les niveaux admis par les autorités sanitaires comme acceptables, compte tenu des aménagements prévus.

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Étape 1 : Identification des dangers
- Étape 2 : Caractérisation des relations dose-réponse
- Étape 3 : Estimation des expositions
- Étape 4 : Caractérisation des risques

Cette méthodologie nécessite l'étape préalable de choix justifié et raisonné des composés et concentrations à prendre en compte.

5.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux

La synthèse des investigations sur le site, combinée aux scénarios d'expositions retenus, permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

Les substances sélectionnées dans les sols ont été retenues sur la base des critères suivants :

- pour les éléments traces métalliques (ETM) : moyennes des concentrations dépassant les gammes de valeurs dans les sols ordinaires de toute granulométrie issue de l'étude ASPITET, et assimilée au fond géochimique en ETM à l'échelle nationale ;
- pour les autres composés : prise en compte systématique des concentrations dès quantification par le laboratoire ;

Ainsi les principaux métaux lourds (à l'exception du mercure) ne sont pas retenus, n'ayant jamais été détecté en moyenne au-delà le bruit de fond géochimique.

Dans une optique raisonnablement majorante, les concentrations moyennes quantifiées dans les sols pour chaque composé retenu seront utilisées. Ces concentrations incluent, pour les composés quantifiés à l'échelle du site, l'intégration des valeurs égales aux limites de quantification du laboratoire.

Concernant les hydrocarbures : en l'absence de différenciation entre les composés aromatiques et aliphatiques, les concentrations moyennes pour les tranches C₁₀-C₄₀ ont été retenues et appliquées directement pour des hydrocarbures aromatiques et aliphatiques. **Le résultat le plus pénalisant en termes de risques sanitaires a été conservé.**

Les concentrations retenues sont présentées dans le **Tableau 13**.

Tableau 13 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR

Substances	Concentrations à la source retenues en extérieur		
	Sols de surface (0-0,3)	Sol racinaire (0-1m)	Investigations correspondantes et critères de sélection
	mg/kg	mg/kg	
METEAUX ET METALLOIDES			
Mercure (Hg)	0,14	0,115	Concentration moyenne à l'échelle du site
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES			
Naphtalène	0,062	0,054	Concentration moyenne à l'échelle du site
Phénanthrène	0,06	0,058	Concentration moyenne à l'échelle du site
Anthracène	0,05	0,051	Concentration moyenne à l'échelle du site
Fluoranthène	0,091	0,08	Concentration moyenne à l'échelle du site
Pyrène	0,083	0,075	Concentration moyenne à l'échelle du site
Benzo(a)anthracène	0,069	0,066	Concentration moyenne à l'échelle du site
Chrysène	0,073	0,068	Concentration moyenne à l'échelle du site
benzo(b)fluoranthène	0,091	0,08	Concentration moyenne à l'échelle du site
benzo(k)fluoranthène	0,057	0,057	Concentration moyenne à l'échelle du site
Benzo(a)pyrène	0,07	0,066	Concentration moyenne à l'échelle du site
Dibenzo(a,h)anthracène	0,05	0,052	Concentration moyenne à l'échelle du site
benzo(g,h,i) pérylène	0,063	0,064	Concentration moyenne à l'échelle du site
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0,067	0,066	Concentration moyenne à l'échelle du site
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH			
Aliphatic nC>8-nC10	1,09	1,09	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aliphatic nC>10-nC12	0,56	1,28	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aliphatic nC>12-nC16	0,68	1,16	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aliphatic nC>16-nC35	22,59	17,03	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aliphatic nC>35	2,58	3,73	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aromatic nC>8-nC10	1,09	1,09	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aromatic nC>10-nC12	0,56	1,28	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aromatic nC>12-nC16	0,68	1,16	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aromatic nC>16-nC21	1,29	1,48	Concentration moyenne à l'échelle du site
Aromatic nC>21-nC35	21,3	15,54	Concentration moyenne à l'échelle du site

5.3 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour les substances prises en compte dans le cadre de cette évaluation, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérigène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

L'ensemble des voies d'exposition a été traité en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

L'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances retenues est reporté en **Annexe 4**.

5.4 Caractérisation des Relation dose-réponse

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence** (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales¹ à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- les effets à seuil pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester,
- les effets sans seuil pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

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 pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

Les valeurs toxicologiques de référence sont synthétisées dans le **Tableau 14**. Les relations dose-réponse des composés retenus sont détaillées en **Annexe 5** et discutées dans les incertitudes au paragraphe **5.7**.

¹ IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

Santé canada (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),

RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),

OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – Etats Unis)

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement, du Travail) peut également produire des VTR.

Tableau 14 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

Substance	CAS N°	Effets sans seuil			Effets à seuil							
		ERUo (mg/kg/j) ⁻¹	TYPE CANCER	SOURCE	VTRo (mg/kg/j)	ORGANE	SOURCE	SF	VTRo spécifique effet cancérigène (mg/kg/j)	ORGANE	SOURCE	SF
METEAUX ET METALLOIDES												
Mercury (Hg)	multiple	-	-	-	0,00057	rein	EFSA, 2012 retenu par Anses, 2018	100	-	-	-	-
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES												
Naphtalène	91-20-3	0,12	Epithélium nasal	OEHA (2011) retenu par INERIS (2014)	0,02	poids	US-EPA, 1998	3000	-	-	-	-
Phénanthrène	85-01-8	1,0E-03	"	-	0,04	syst.hepatique	RIVM, 2000	3000	-	-	-	-
Anthracène	120-12-7	1,0E-02	"	-	0,3	-	US-EPA, 1993	3000	-	-	-	-
Fluoranthène	206-44-0	1,0E-03	"	-	0,04	syst.hepatique	US-EPA, 1993	3000	-	-	-	-
Pyrène	129-00-0	1,0E-03	"	-	0,03	rein	US-EPA, 1989	3000	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	1,0E-01	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrysène	218-01-9	1,0E-02	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,0E-01	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,0E-01	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,0E+00	tractus respiratoire	US-EPA2017	0,0003	developpement	US-EPA 2017	300	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,0E+00	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	1,0E-02	"	-	0,03	,néphrotoxique	RIVM -2001 (TDI), retenu par INERIS 2011	1000	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	1,0E-01	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH												
Aliphatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	0,1	syst. nerveux syst. hépatique	TPHCWG & MADEP	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	0,1	syst. nerveux syst. hépatique	TPHCWG & MADEP	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>12-nC16	non adéquat	-	-	-	0,1	syst. nerveux syst. hépatique	TPHCWG & MADEP	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>16-nC35	non adéquat	-	-	-	2	tumeurs hépatiques	TPHCWG & MADEP	100	-	-	-	-
Aliphatic nC>35	non adéquat	-	-	-	20	tumeurs hépatiques	TPHCWG & MADEP	100	-	-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	0,03	poids	MADEP, 2003	10000	-	-	-	-
Aromatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	0,03	poids	MADEP, 2003	10000	-	-	-	-
Aromatic nC>12-nC16	non adéquat	-	-	-	0,03	poids	MADEP, 2003	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>16-nC21	non adéquat	-	-	-	0,03	néphrotoxique	TPHCWG & MADEP	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>21-nC35	non adéquat	-	-	-	-	non adapté	TPHCWG & MADEP	-	-	-	-	-

5.5 Estimation des expositions

5.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

5.5.1.1 Estimation des concentrations dans les poussières inhalables

L'ensemble des équations utilisées pour l'évaluation des concentrations dans les poussières inhalables est présenté en **Annexe 6**.

Le **Tableau 15** résume les concentrations calculées des polluants sous forme particulaire en air intérieur et extérieur pour l'ensemble des scénarios.

Tableau 15 : Concentrations de polluants calculées dans les poussières inhalables

Substances							Concentrations calculées dans l'air intérieur	Concentrations calculées dans l'air extérieur
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Sans recouvrement	Sans recouvrement
	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	Adulte et enfants	Adulte et enfants
	Bruit de fond OQAI (P90) ou INERIS,2009 (urbain)	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	Concentration de polluant sous forme particulaire calculée dans l'air intérieur, lieux de vie (µg/m3)	Concentration de polluant sous forme particulaire calculée dans l'air extérieur (µg/m3 sauf précision)
METALLUX ET METALLOIDES								
Mercure (Hg)	-	-	1	-	-	-	5,88E-06	4,90E-06
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES								
Naphtalène	0,009	-	-	-	-	10	2,60E-06	2,17E-06
Phénanthrène	0,0082	-	-	-	-	-	2,52E-06	2,10E-06
Anthracène	0,0007	-	-	-	-	-	2,10E-06	1,75E-06
Fluoranthène	0,003	-	-	-	-	-	3,82E-06	3,19E-06
Pyrène	0,0025	-	-	-	-	-	3,49E-06	2,91E-06
Benzo(a)anthracène	0,0032	-	-	-	-	-	2,90E-06	2,42E-06
Chrysene	0,004	-	-	-	-	-	3,07E-06	2,56E-06
benzo(b)fluoranthène	0,0043	-	-	-	-	-	3,82E-06	3,19E-06
benzo(k)fluoranthène	0,0019	-	-	-	-	-	2,39E-06	2,00E-06
Benzo(a)pyrène	0,00452	0,001	0,00012	-	-	0,00012	2,94E-06	2,45E-06
Dibenzo(a,h)anthracène	0,00062	-	-	-	-	-	2,10E-06	1,75E-06
benzo(g,h,i) pérylène	0,0049	-	-	-	-	-	2,65E-06	2,21E-06
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0,0027	-	-	-	-	-	2,81E-06	2,35E-06
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH								
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	4,58E-05	3,82E-05
Aliphatic nC>10-nC12	9,8	-	-	62,7	-	-	2,35E-05	1,96E-05
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	2,86E-05	2,38E-05
Aliphatic nC>16-nC35	-	-	-	-	-	-	9,49E-04	7,91E-04
Aliphatic nC>35	-	-	-	-	-	-	1,08E-04	9,03E-05
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	4,58E-05	3,82E-05
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	2,35E-05	1,96E-05
Aromatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	2,86E-05	2,38E-05
Aromatic nC>16-nC21	-	-	-	-	-	-	5,42E-05	4,52E-05
Aromatic nC>21-nC35	-	-	-	-	-	-	8,95E-04	7,46E-04

Les concentrations calculées sont inférieures aux valeurs de comparaison retenues.

Les concentrations en hydrocarbures aromatiques calculées sont supérieures aux concentrations en aliphatiques. Par conséquent, les concentrations en hydrocarbures aromatiques seront retenues pour la suite de l'étude.

5.5.1.2 Estimation des concentrations dans les végétaux

L'ensemble des équations utilisées pour l'évaluation des concentrations dans les végétaux est présenté en **Annexe 6**.

Le **Tableau 16** présente les concentrations calculées dans les végétaux.

Tableau 16 : Concentrations calculées dans les végétaux (poids frais-poids sec)

Substances	Concentrations calculées dans les végétaux (poids frais)				Concentrations calculées dans les végétaux (poids sec)				
	Valeur de réf végétaux	Concentration calculée dans les fruits (mg/kg Poids frais)	Concentration calculée dans les feuilles (mg/kg Poids frais)	Concentration calculée dans les racines (mg/kg Poids frais)	concentrations "typiques" (1)	concentrations "moyennes" parties consommables (1)	Concentration calculée dans les fruits (mg/kg Poids sec)	Concentration calculée dans les feuilles (mg/kg Poids sec)	Concentration calculée dans les racines (mg/kg Poids sec)
METAUX ET METALLOIDES									
Mercuré (Hg)	0,03 à 0,05	2,29E-04	5,55E-04	1,02E-03	0,01 à 0,12	0 à 0,5	2,68E-05	6,49E-05	2,06E-04
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES									
Naphtalène	-	3,03E-03	3,04E-03	4,44E-04	-	-	3,54E-04	3,55E-04	8,97E-05
Phénanthrène	-	6,95E-04	7,02E-04	3,12E-04	-	-	8,13E-05	8,21E-05	6,30E-05
Anthracène	-	6,19E-04	6,25E-04	2,76E-04	-	-	7,24E-05	7,31E-05	5,57E-05
Fluoranthène	-	3,77E-04	3,88E-04	1,40E-03	-	-	4,42E-05	4,54E-05	2,82E-04
Pyréne	-	5,14E-04	5,23E-04	2,57E-04	-	-	6,01E-05	6,12E-05	5,20E-05
Benzo(a)anthracène	-	1,35E-04	1,43E-04	3,48E-04	-	-	1,58E-05	1,67E-05	7,03E-05
Chrysène	-	1,50E-04	1,59E-04	3,15E-04	-	-	1,76E-05	1,86E-05	6,36E-05
benzo(b)fluoranthène	-	5,55E-05	6,63E-05	5,19E-04	-	-	6,50E-06	7,75E-06	1,05E-04
benzo(k)fluoranthène	-	2,87E-05	3,55E-05	5,81E-04	-	-	3,36E-06	4,15E-06	1,17E-04
Benzo(a)pyréne	-	1,06E-04	1,14E-04	1,42E-04	-	-	1,24E-05	1,34E-05	2,86E-05
Dibenzo(a,h)anthracène	-	4,12E-05	4,71E-05	8,51E-05	-	-	4,82E-06	5,51E-06	1,72E-05
benzo(g,h,i) pérylène	-	4,27E-05	5,01E-05	1,29E-04	-	-	4,99E-06	5,86E-06	2,61E-05
indéno(1,2,3-c,d)pyréne	-	4,01E-05	4,80E-05	1,51E-04	-	-	4,69E-06	5,62E-06	3,05E-05
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH									
Aliphatic nC>8-nC10	-	8,30E-03	8,43E-03	7,09E-03	-	-	9,71E-04	9,86E-04	1,43E-03
Aliphatic nC>10-nC12	-	3,36E-03	3,43E-03	4,38E-03	-	-	3,93E-04	4,01E-04	8,85E-04
Aliphatic nC>12-nC16	-	6,17E-04	6,97E-04	1,71E-03	-	-	7,22E-05	8,16E-05	3,44E-04
Aliphatic nC>16-nC35	-	5,54E-04	3,22E-03	8,56E-03	-	-	6,48E-05	3,77E-04	1,73E-03
Aliphatic nC>35	-	0,00E+00	3,04E-04	0,00E+00	-	-	0,00E+00	3,56E-05	0,00E+00
Aromatic nC>8-nC10	-	7,98E-02	7,99E-02	7,41E-03	-	-	9,33E-03	9,35E-03	1,50E-03
Aromatic nC>10-nC12	-	5,50E-02	5,51E-02	1,07E-02	-	-	6,44E-03	6,44E-03	2,16E-03
Aromatic nC>12-nC16	-	2,93E-02	2,94E-02	9,69E-03	-	-	3,42E-03	3,43E-03	1,96E-03
Aromatic nC>16-nC21	-	1,29E-02	1,30E-02	1,61E-02	-	-	1,51E-03	1,52E-03	3,25E-03
Aromatic nC>21-nC35	-	2,10E-02	2,35E-02	2,60E-01	-	-	2,45E-03	2,75E-03	5,24E-02

(1) Contamination des sols. Transferts des sols vers les plantes. ADEME, 2005. EDP Sciences.

L'ensemble des concentrations modélisées dans les végétaux est conforme aux valeurs de référence retenues, quand elles sont disponibles.

Les concentrations en hydrocarbures aromatiques calculées sont supérieures aux concentrations en aliphatiques. Par conséquent, les concentrations en hydrocarbures aromatiques seront retenues pour la suite de l'étude.

5.5.2 Estimation des expositions

5.5.2.1 Exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée est réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec :

- CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³).
- C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³).
- T : durée d'exposition (années).
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
- t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations de poussières présentées dans le **Tableau 15** ;

Le détail des calculs est donné en **Annexe 8**.

5.5.2.2 Exposition par ingestion

Les quantités de polluant administrées, exprimées en dose journalière d'exposition, sont définies par l'équation générique suivante (guide EDR Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, 2000) :

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

avec :

- DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie orale (en mg/kg/j)
- C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg ou mg/l)
- Q_j : taux d'ingestion par la voie orale (en kg/j ou l/j)
- T : durée d'exposition (années)
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)
- P : poids corporel de la cible (kg)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

Les doses moyennes journalières induites par l'ingestion sont calculées à partir :

- des concentrations dans les sols de surface présentées dans le **Tableau 13** ;
- des concentrations dans les végétaux présentées dans le **Tableau 16**.

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans (INSERM et OMS). Cette valeur est cohérente avec la moyenne présentée dans le document de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012²) sur la base de l'enquête décennale santé 2002-2003 menée par l'INSEE, de 61 kg.

Pour les enfants d'âge inférieur ou égal à 6 ans, nous retiendrons la moyenne des valeurs issues de ce même document pour cette tranche d'âge, soit 15 kg.

Le détail des autres paramètres est donné en **Annexe 7**.

Le détail des calculs est donné en **Annexe 8**.

² Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

5.5.2.3 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté dans le **Tableau 17**.

Tableau 17 : Budgets espace/temps retenus

Paramètre	Unités	Voie d'exposition dans laquelle ce paramètre est utilisé	Adulte	Enfant	Sources des E3:J22 données et commentaires
Poids corporel	kg	Ingestion	60	15	Données INSERM et OMS
Hauteur des organes respiratoires	m	Inhalation extérieur	1,5	1	Valeur d'usage
T= durée d'exposition	années	Toutes les voies	40	6	INVS 2012, US EPA (EFH 1997)
F1ext=fréquence d'exposition en extérieur	jour/an	Inhalation, ingestion de sol	156	156	Hypothèse 3j par semaine
F1ext=fréquence d'exposition en extérieur	jour/an	Ingestion de végétaux	330	330	Valeur d'usage
F2ext= fréquence d'exposition en extérieur - sans dallage (ou sans recouvrement)	heure/jour	Inhalation	1,58	1,58	INVS 2012
F1int=fréquence d'exposition en intérieur	jour/an	Inhalation	330	330	Valeur d'usage
F2int= fréquence d'exposition en intérieur dans le niveau de vie (logement, tertiaire, ERP,...)	heure/jour	Inhalation	1,58	1,58	INVS 2012
Tm: période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (sans seuil)	années	Toutes les voies	70	70	Valeur d'usage
Tm: période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (à seuil)	années	Toutes les voies	40	6	Valeur d'usage
Quantité de sols et poussières ingérée en extérieur	kg/j	Ingestion sol / poussière	2,00E-04	9,10E-05	Textes relatifs aux Sites et Sols Pollués, 2017
Quantité de sols et poussières ingérée en intérieur	kg/j	Ingestion sol / poussière	5,00E-05	9,10E-05	Hawley 1985
Facteur de rétention des particules dans les poumons	(-)	Inhalation de poussière	0,75	0,75	Valeur d'usage
Consommation totale de légumes <u>fruits</u>	g/jour	Ingestion de végétaux	182,91	48	CIBLEX 2004
taux d'auto-consommation (autharcie) <u>fruits</u>	%	Ingestion de végétaux	15,80%	15,80%	CIBLEX 2004
Consommation totale de légumes <u>feuillus</u>	g/jour	Ingestion de végétaux	28,61	12	CIBLEX 2004
taux d'auto-consommation (autharcie) <u>feuilles</u>	%	Ingestion de végétaux	30,59%	30,59%	CIBLEX 2004
Consommation totale de légumes <u>racinaires</u>	g/jour	Ingestion de végétaux	113,29	131,05	CIBLEX 2004
taux d'auto-consommation (autharcie) <u>racines</u>	%	Ingestion de végétaux	29,63%	29,63%	CIBLEX 2004

Les données utilisées sont issues de la synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition³ d'une part, de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997 et 2001) d'autre part, et enfin de la réglementation du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte de l'habitat, nous avons considéré une durée de 40 années. Elle correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997).

³ Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

5.6 Quantification des risques sanitaires

5.6.1 Méthodologie

5.6.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

Pour les effets toxiques sans seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{ERI (inhalation)} &= \text{CI} \times \text{ERUi} \\ \text{ERI (ingestion)} &= \text{DJE} \times \text{ERUo} \end{aligned}$$

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque de 10^{-5} présente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées durant la vie entière.

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition,
- la somme des risques liés à chacun des composés cancérigènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Les documents du ministère en charge de l'environnement de février 2007, confirmés par ceux de 2017, relatifs aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considèrent que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

5.6.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{QD}_{i,INH} &= \frac{\text{CI}_{i,INH}}{\text{RfCi}} \\ \text{QD}_{i,ING} &= \frac{\text{DJE}_{i,S}}{\text{RfDi}} \end{aligned}$$

Un QD inférieur ou égal à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. A l'inverse, un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

En l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger en premier **niveau d'approche**.

5.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site

Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques (Tableau 14) et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Ils sont présentés dans le Tableau 18. Le détail du calcul est donné en Annexe 8.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février 2007 reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

Tableau 18 : Synthèse des QD et ERI

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		
	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)	1,54E-09	2,30E-10	Benzo(a)pyrène	0,001	0,001	Benzo(a)pyrène
INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)	1,29E-07	3,55E-08	Benzo(a)pyrène	0,0009	0,002	Mercure (Hg)
INGESTION de végétaux contaminés depuis les sols	3,08E-07	1,60E-07	Naphtalène	0,006	0,02	Mercure (Hg)
TOTAL	4,4E-07	2,0E-07		0,008	0,02	
Risques non significatifs						
Risques significatifs						

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la ville de Mulhouse, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.

5.7 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante d'un calcul de risque sanitaire.

Afin de ne pas alourdir cette analyse les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés, ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

Tableau 19 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																
Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond																			
Bruit de fond	Inhalation et ingestion de sols et/ou poussières	Faible	<p>Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude. Cependant, il faut rappeler que :</p> <ul style="list-style-type: none"> certains métaux n'ont pas été retenus, car les concentrations dans les sols sont jugées appartenir au bruit de fond. Leur présence sur site et hors site pourrait dans certains cas induire des niveaux de risques qui seraient jugés inacceptables (c'est le cas en particulier de l'arsenic) ; pour les métaux et métalloïdes présents dans les sols à des concentrations moyennes supérieures à la gamme du bruit de fond et pris en compte dans la présente étude, une part du risque évalué est lié à un bruit de fond national ; la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte. 																
Choix et caractéristiques des composés																			
Nature des composés et concentrations retenues	Inhalation intérieur et extérieur, ingestion	Fort	<p>Réaliste : Les composés présents dans les sols ont été retenus entre 0 et 30 cm pour les sols de surface et entre 0 et 1 m pour les sols racinaires et dès qu'ils présentaient des concentrations supérieures au bruit de fond naturel d'un sol pour les métaux et dès leur détection pour les autres composés, à l'exception des composés détectés à l'état de traces et très ponctuellement. Les concentrations moyennes, intégrant les limites de quantification du laboratoire, ont été retenues.</p> <p>L'application des concentrations maximales détectées dans les sols pour chaque composé retenu, intégrant les concentrations ponctuelles, induit des risques toujours acceptables (risques supérieurs d'un ordre de grandeur)</p>																
Cas des hydrocarbures	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p>Sécuritaire : en l'absence de données sur la répartition entre les composés aromatiques et aliphatiques (C₁₀-C₄₀), les calculs ont été réalisés en prenant 100% de composés aliphatiques puis 100% de composés aromatiques. Les composés engendrant des risques plus importants ont été considérés par la suite.</p>																
Cas des autres composés non sélectionnés	Inhalation intérieur et extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	Les composés présents en deçà de la moyenne de la gamme de bruit de fond n'ont pas été retenus (cas des ETM).																
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation et ingestion	Faible ou fort	Les VTR ont été retenues conformément à 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 VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.																
Cumul des QD et des ERI	Toutes	Fort	<p>Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Somme des ERI ou QD</th> <th>Justification</th> <th>Consensus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ERI</td> <td>Oui, quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition.</td> <td>On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme.</td> <td>Oui, internationaux</td> </tr> <tr> <td>QD</td> <td>Discutable</td> <td>Approche par organe cible</td> <td>Proche des consensus nationaux et internationaux</td> </tr> <tr> <td>Si Somme QD >1</td> <td>Faire la somme par organe cible</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Somme des ERI ou QD	Justification	Consensus	ERI	Oui, quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition.	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme.	Oui, internationaux	QD	Discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux	Si Somme QD >1	Faire la somme par organe cible	-	-
	Somme des ERI ou QD	Justification	Consensus																
ERI	Oui, quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition.	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme.	Oui, internationaux																
QD	Discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux																
Si Somme QD >1	Faire la somme par organe cible	-	-																
Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux																			
Source « sols de surface »	Inhalation et ingestion de sols et/ou poussières	Fort	Réaliste : teneurs moyennes retenues en supposant que ces teneurs sont identiques sur l'ensemble du site.																
Source « sols racinaires »	Ingestion de végétaux autoproduits	Fort	Réaliste : teneurs moyennes retenues en supposant que ces teneurs sont identiques sur l'ensemble du site.																
Concentrations dans les végétaux autoproduits	Ingestion de végétaux autoproduits	Fort	<p>Sécuritaire : Les concentrations en métaux et métalloïdes dans les végétaux ont été évaluées en prenant des facteurs de bioconcentration (BCF) issus de la littérature (INERIS DRC 2005 et 2007 ; BD CSOIL & HESP ; MODUL'ERS (INERIS, 2017)).</p> <p>Les concentrations pour les autres composés dans les végétaux ont été évaluées en prenant des BCF calculés.</p> <p>Les BCF issus de la littérature ou non présentent une variabilité importante en fonction des paramètres physico-chimiques du sol et notamment de la teneur en matière organique des sols, du pH... et il est à noter des variations parfois de plusieurs ordres de grandeur. Le choix réalisé se base sur les valeurs par défaut des modèles intégrés en l'absence de mesures spécifiques sur le site. Les incertitudes importantes sur les concentrations dans les végétaux évaluées engendrent une incertitude tout aussi importante sur l'estimation du risque induit par la consommation de végétaux autoproduits.</p> <p>La matière organique permet à certains polluants de se fixer et de se dégrader ou de rester piégés en formant des complexes chimiques, ce qui a tendance à rendre moins biodisponible ces polluants. Une teneur en matière organique moins élevée a donc tendance à augmenter le BFC « racines ». La teneur en matière organique est appréciée par le FOC (fraction de carbone organique).</p> <p>La modélisation du transfert sol-plante a donc tendance à surestimer le risque notamment parce qu'elle a été construite en suivant le principe de précaution mais également parce que la concentration dans le sol est relativement mal corrélée avec la concentration dans les productions maraîchères.</p>																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue
Caractéristiques des sols			
Lithologie	Toutes	Modéré	Réaliste : remblais limono argileux – lithologie observée sur site.
Paramètres du sol	Toutes	Faible	Sécuritaire : en l'absence de mesures sur site, les paramètres du sol retenus sont ceux issus de la littérature.
Paramètres liés aux usagés/cibles			
Durée d'exposition des cibles	Inhalation intérieur et extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	Sécuritaire : dans le cas d'une durée d'exposition plus grande (3h par jour sur 260 jours (5 jours/semaine)), les niveaux de risque restent acceptables.
Quantité de sols ingérés	Ingestion de sols et/ou poussières Ingestion de végétaux	Fort	Réaliste : dans le cas d'une quantité plus grande de poussières ingérées (quantité doublée), les niveaux de risque augmentent d'un ordre de grandeur pour les effets à seuil, mais les niveaux de risque restent acceptables pour cette voie d'exposition. Toutefois, couplée avec la consommation de végétaux, la somme des QD dépasse la valeur de 1 et les risques sont ainsi jugés inacceptables. Dans le cas d'une quantité plus grande de légumes consommés (100% d'autarcie), les niveaux de risques augmentent mais restent acceptables. De même, une quantité plus élevée consommée quotidiennement de légumes (avec un taux d'autarcie standard) fait croire les niveaux de risques, mais demeurent toujours acceptables.

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Mulhouse, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Toutefois, au vu de la sensibilité de certains paramètres, comme les concentrations d'exposition ou les quantités ingérées, il conviendrait de prendre en considération les recommandations suivantes :

- diversifier les sources d'alimentation et varier les cultures sur site ;
- respecter les règles élémentaires d'hygiène telles que le lavage des mains au retour du potager, le lavage des végétaux, etc.

Il est rappelé que la perméation n'a pas été pris en compte considérant que les canalisations d'eau potable, nécessaire à l'arrosage des jardins, seraient mis en place dans les règles de l'art avec des tranchées remblayées par des matériaux sains⁴.

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus.

⁴ Sablons présentant des teneurs en métaux dans la gamme de bruit de fond géochimique national et exempts de composés organiques.

6. Synthèse et recommandations

6.1 Synthèse

La VILLE DE MULHOUSE est dans la phase opérationnelle du projet national « Quartiers Fertiles » qui vise à développer les projets en agriculture urbaine au sein de Quartier Prioritaires en proposant un accompagnement aux futurs porteurs de projet.

Cette étude s'inscrit ainsi dans le cadre d'une reconversion possible de ces espaces au préalable identifiés comme futurs terrains à usage nourricier (potagers, vergers).

Parmi ces terrains, deux quartiers de la ville ont été ciblés pour cette reconversion :

- Quartier Drouot : parcelles 178 / 241 ;
- Quartier Coteaux : parcelles 162 / 142.

La VILLE DE MULHOUSE a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic environnemental au droit de ces quartiers avec la réalisation au préalable d'une étude historique et documentaire au droit de chacun d'entre eux.

Ce rapport concerne le Quartier Coteaux localisé au sud-ouest de la Ville de Mulhouse.

D'après les photographies aériennes anciennes, le site était auparavant une parcelle enherbée inoccupée. Le site a été occupé par des logements collectifs de 1974 à 2002 environ. Actuellement le site est une parcelle enherbée avec quelques arbres fruitiers. Suite à ces informations, la présence de remblais de qualité inconnue au droit du site était supposée.

Les investigations réalisées sur les sols ont mis en évidence les impacts suivants :

- la présence de légères anomalies en métaux lourds dans les échantillons de sol (principalement sur l'horizon de sol entre 0 et 0.6 m) avec quelques dépassements des valeurs du bruit de fond national ;
- la présence de faibles concentrations en hydrocarbures totaux et HAP au droit de certains échantillons. Ces dernières diminuent généralement en profondeur. Ces concentrations ainsi que celles en métaux pourraient être liées à la présence de remblais.

En raison de la présence de concentrations en métaux supérieurs aux valeurs du bruit de fond géochimique et de composés organiques dans les sols, une EQRS a été menée pour les voies d'exposition pertinentes suivantes :

- ingestion et inhalation de poussières et de sols contaminés ;
- ingestion de végétaux cultivés sur site.

Dans le cadre de la mission confiée par la Ville de Mulhouse avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés pour les futurs usagers sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.

6.2 Recommandations

Quelques préconisations peuvent être édictées afin de gérer au mieux les expositions potentielles. Il est à noter qu'il s'agit de préconisations d'ordre général, applicables à tout site marqué par des teneurs en métaux (y compris d'origine naturelle).

Lors des activités de jardinage, par exemple, il est recommandé :

- de ne pas arroser les sols avec les eaux de ruissellement de la rue ;
- d'arroser avec l'eau issue du réseau collectif avec la pose des canalisations d'alimentation en eau potable, qui serviront à l'arrosage, dans des tranchées remblayées par des sablons sains et/ou en cas d'usage des eaux souterraines, de réaliser au préalable une étude spécifique sur ce milieu ;
- de veiller à ce que le sol ne soit pas trop acide ; en effet, plus un sol est acide, plus les métaux sont facilement libérés et pourront alors être absorbés par les plantes ;
- de porter des gants de façon à limiter au maximum le contact direct avec les sols et notamment l'ingestion et l'inhalation de particules de sols ;
- de se laver les mains systématiquement après être passé dans le jardin ; cette consigne est particulièrement importante pour les enfants qui ont tendance à porter leurs mains à la bouche et ainsi augmenter les quantités de sols qui pourraient être ingérées ;
- de diversifier les cultures :
 - les fruits et légumes-fruits et graines (i.e. tomates, aubergines, poivrons, courges, maïs, concombres, melons, pois, ...) sont les cultures qui assimilent les moins les contaminants ;
 - les légumes-racines (carottes, betteraves, pommes de terre et navets) présentent une capacité intermédiaire à fixer les polluants des sols ;
 - les légumes feuilles et les herbes aromatiques (la laitue, les épinards, les blettes, les différents choux, brocolis, choux fleurs, haricots verts et petits pois non écossés, thym) sont les végétaux qui concentrent le plus les polluants du sol.

Après la récolte, il est recommandé :

- de toujours laver les fruits et légumes avant la consommation afin d'éliminer les pollutions de surface et de les éplucher ;
- de diversifier les sources d'alimentation ;
- de peler les légumes racines et d'enlever les feuilles extérieures des légumes feuilles.

7. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour 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 GINGER BURGEAP.

2- 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.

3- 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.

4- La responsabilité de GINGER BURGEAP 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.

5- Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre projet que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de GINGER BURGEAP

La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire si les préconisations ne sont pas mises en œuvre.