



RAPPORT

# Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

Ecoquartier Paul Bert/Paul Eluard sur le site Rival  
SAINT MARTIN D'HERES (38)

Projet n°230739  
21/07/2023



## CLIENT

RAISON SOCIALE	Isère Aménagement – Groupe ELEGIA
COORDONNÉES	34 rue Gustave Eiffel – 38 028 Grenoble CEDEX 1
INTERLOCUTEUR	Anne MEYER – Cheffe de projets Tél : 04 76 70 97 97 / 07 61 74 04 61 Courriel : a.meyer@elegia-groupe.fr

## SCE

COORDONNÉES – Siège social SAS au capital de 1 000 000 € - RCS NANTES B 345 081 459 - SIRET 345 081 459 00330 - N° TVA intracommunautaire FR55345081459 – NAF : 7112 B Représentant Légal : Denis Pourlier- Curcherat	Siège Social 4, rue Viviani – CS26220 44262 NANTES Cedex 2 Tél. 02.51.17.29.29 - Fax 02.51.17.29.99 E-mail : sce@sce.fr
ENTITE EN CHARGE DE L'ETUDE	<b>SCE - Agence de Nantes</b> 4, rue Viviani – CS26220 44262 NANTES Cedex 2
INTERLOCUTEUR	Amélie SAUSSEREAU Cheffe de projets Tel. 06.04.65.29.44 Mail : amelie.saussereau@sce.fr

## RAPPORT

TITRE	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) Ecoquartier Paul Bert/Paul Eluard sur le site Rival Saint Martin d'Hères (38)
NOMBRE DE PAGES	33 (hors annexes)
NOMBRE D'ANNEXES	8
OFFRE DE RÉFÉRENCE	P23001908
N° COMMANDE	Bon pour accord du 22/06/2023

## SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTION	VERIFICATION	APPROBATION
230739	21/07/2023	Edition 1	-	A. JODEAU	A.SAUSSEREAU L.TALOUARN	J. TOUTAIN

## Sommaire

Synthèses.....	6
Synthèse non technique .....	6
Synthèse technique.....	7
 Introduction de l'étude .....	 10
1. Cadre et objectifs de l'étude.....	10
2. Méthodologie générale et référentiels .....	10
3. Données d'entrée .....	10
 Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) .....	 17
4. Schéma conceptuel .....	17
5. Analyse des risques sanitaires (A320) et mesures de gestion.....	19
 Conclusion et perspectives .....	 28
6. Conclusion .....	28
7. Perspectives .....	30
 Limites de l'étude .....	 32
 Annexes.....	 34

## Table des figures

<i>Figure 1 Localisation du site (source : Géoportail, 2023) .....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 2 : Plan de composition (source : SCE, COTEC du 13/06/2023).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 3 : Localisation des sondages réalisés par SCE en janvier 2023 et avril 2023.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 4 : Schéma conceptuel (SCE, 2023).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 5 : Paramètres du modèle RISC 5.0 (SCE, 2023) .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 6 : carte de localisation des Concentrations Maximales Admissibles (C.M.A) .....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 7 : zones de compatibilité ou incompatibilité actuelles pour l'usage habitation .....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 8 : zones de compatibilité ou incompatibilité pour la cible : employés des parcs et jardins .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 9 : zones de compatibilité ou incompatibilité pour l'usage agriculture .....</i>	<i>29</i>

## Table des tableaux

<i>Tableau 1 : Fiche d'identité du site.....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 2 : Synthèse des résultats sols sur la tranche 0-0,3 m.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 3 : QD et ERI globaux calculés par ingestion de terre et de poussière .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 4 : Concentrations maximales admissibles à atteindre.....</i>	<i>24</i>

## Table des annexes

<i>Annexe 1 : Codification des prestations selon la norme NF X 31-620 (1 page)</i>	
<i>Annexe 2 : Introduction à l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) (4 pages)</i>	
<i>Annexe 3 : Composés et concentrations retenus, par milieu, pour l'analyse des enjeux sanitaires (2 pages)</i>	
<i>Annexe 4 : Feuille de transfert depuis les sols vers l'air ambiant intérieur (2 pages)</i>	
<i>Annexe 5 : Choix des VTR (4 pages)</i>	
<i>Annexe 6 : Feuilles de calcul des risques (18 pages)</i>	
<i>Annexe 7 : Incertitudes (4 pages)</i>	
<i>Annexe 8 : CMA – feuilles de transfert et feuilles de calcul des risques (3 pages)</i>	



# Synthèses

# Synthèses

## Synthèse non technique

*Le présent paragraphe expose une synthèse non technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Cette synthèse est indissociable du présent rapport et de ses annexes et ne lui est pas opposable.*

A la demande de la ville à Saint Martin d'Hères (38), la société ELEGIA Groupe a mandaté SCE pour la réalisation d'une EQRS au droit de l'emprise du futur écoquartier.

Dans ce contexte, l'analyse des enjeux sanitaires a été réalisée pour trois scénarios distincts

- ▶ Habitations
- ▶ Parc et jardins
- ▶ Agriculture

L'analyse des enjeux sanitaires a mis en évidence :

- ▶ Pour le scénario résidentiel : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart de l'emprise du site avec les usagers futurs. Toutefois, dans le cadre de l'aménagement du site, le décapage de l'ensemble des terres de surface sur l'emprise du lot résidentiel sera réalisé. Dans ce contexte, les risques seront maîtrisés,
- ▶ Pour le scénario parcs et jardins (zone de promenade) : une compatibilité du milieu souterrain pour les promeneurs adultes et enfants. Les risques ne sont pas acceptables pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts sur une partie du site. Le port d'EPI adaptés par les employés permettra de maîtriser les risques. L'acquisition de données complémentaires (tests de bioaccessibilité) permettraient probablement de statuer s'il existe un risque pour les futurs employés.
- ▶ Pour le scénario agriculture urbaine : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart du site avec les usagers futurs (adultes, enfants, employés maraîchers). L'acquisition de données complémentaires (tests de bioaccessibilité) permettraient de statuer sur les risques réels encourus et réduire le périmètre concerné par des niveaux de risques non acceptables.

Pour la suite du projet, SCE préconise :

1. L'acquisition de données complémentaires sur les sols de surface, dans des zones ciblées, afin de préciser les niveaux de risque sanitaire pour les usages envisagés (tests de bioaccessibilités pour le plomb et l'arsenic). Dans le cadre de ces investigations, des analyses des sols pourront être réalisées afin de vérifier leur caractère inerte au sens de l'arrêté du 12/12/2014, et évaluer leur filière d'évacuation,
2. Sur la base de ces résultats, et du projet qui sera défini, la mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaires,
3. Si besoin, la réalisation d'un plan de gestion afin d'évaluer les coûts de gestion des terres du site.

## Synthèse technique

Le présent paragraphe expose une synthèse technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Cette synthèse est indissociable du présent rapport et de ses annexes et ne lui est pas opposable.

### IDENTIFICATION

<b>Client</b>	Isère Aménagement – Groupe ELEGIA
<b>Adresse du site d'étude</b>	Avenue Marcel CACHIN – 38400 SAINT MARTIN D'HERES
<b>Aménagement actuel</b>	Champs pour l'agriculture. Les amendements historiques sur ces parcelles ne sont pas connus.
<b>Surface concernée</b>	63 500m <sup>2</sup>
<b>Aménagement futur</b>	Ecoquartier avec : <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ des habitations individuelles,</li> <li>▶ des parcs et jardins,</li> <li>▶ de l'agriculture urbaine.</li> </ul>
<b>Etudes préalables</b>	Eude de sol et de perméabilité Projet SCE n°220955 du 13/03/2023 Etude de sol, Saint Martin d'Hères réalisé par SCE. Document transmis le 12 mai 2023

### MISSIONS

<b>Intitulé de l'étude</b>	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) Ecoquartier Paul Bert/Paul Eluard sur le site Rival Saint Martin d'Hères (38)
<b>Objectifs</b>	Evaluer la compatibilité sanitaire entre la qualité du milieu souterrain et les usages futurs envisagés (Habitation, parcs et jardins, Agriculture urbaine)
<b>Cadre réglementaire et normatif de l'étude</b> (NF X321-620-2, 2021)	▶ A320 : Analyse des enjeux sanitaires

### A320

<b>Analyses des enjeux sanitaires (A320)</b>	<p>L'analyse des enjeux sanitaire a été réalisée pour les sols présents en surface sur la tranche 0-0,3 m, où la présence d'une contamination par des métaux a été observée. Cette contamination n'a pas été observée dans les sols sous-jacents.</p> <p>Les scénarios étudiés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <u>Un scénario résidentiel</u> : pour les adultes et les enfants amenés à vivre sur le secteur d'étude,</li> <li>▶ <u>Un scénario parcs et jardins (zone de promenade, sans culture)</u> : pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts, ainsi que les adultes et les enfants amenés à fréquenter le site,</li> <li>▶ <u>Un scénario agriculture urbaine</u> : pour les employés, les adultes et les enfants amenés à cultiver les parcelles.</li> </ul> <p>Les voies d'expositions étudiées sont l'ingestion de sols et de poussières, ainsi que l'inhalation de vapeurs.</p> <p>Les risques liés à l'ingestion de légumes auto-produits n'ont pas été calculés spécifiquement. L'évaluation des risques a porté sur la voie d'exposition majeure associée au contact direct avec les sols à savoir l'ingestion directe de sols. Les mesures de gestion qui seront associées pour cette voie d'exposition permettront de couvrir les autres voies (ingestion de légumes).</p>
--	--

## CONCLUSIONS – PERSPECTIVES

### Conclusions

L'analyse des enjeux sanitaire a mis en évidence :

- ▶ Pour le scénario résidentiel : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart du site avec les usagers futurs (adultes et enfants), du fait de la présence d'arsenic, de plomb et de mercure dans les sols,
- ▶ Pour le scénario parcs et jardins (zone de promenade) : une compatibilité du milieu souterrain pour les promeneurs adultes et enfants. Les risques ne sont pas acceptables pour les employés en charges de l'entretien des espaces verts sur une partie du site, du fait de la présence d'arsenic dans les sols.
- ▶ Pour le scénario agriculture urbaine : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart du site avec les usagers futurs (adultes, enfants, employés maraîchers), du fait de la présence d'arsenic et de plomb dans les sols.

Concernant le scénario résidentiel, le projet prévoit le décapage des sols de surface sur l'emprise bâtie ainsi que des jardins privés, incluant la couche entre 0-0,3 m. Dans ce contexte, si le décapage est effectif, il n'y aura pas de mesure de gestion à réaliser en plus pour que les niveaux de risques sanitaires soient acceptables. Les terres pourront, si besoin, être réutilisées dans le cadre de l'aménagement paysagé (par exemple : conception de merlon paysagé) ou être évacuées hors site en filière adaptée.

Concernant le scénario parcs et jardins, des tests de bioaccessibilité sur l'arsenic permettraient probablement de statuer sur les risques encourus pour les employés. En l'état, la mise en place de mesures adaptées (limiter le remaniement des terres lors de l'entretien, port d'EPI type masque à poussières, vêtements couvrants et gants) permettrait de s'affranchir des risques potentiels.

Concernant le scénario agriculture urbaine, à ce stade, les teneurs mesurées limite cet usage sur une grande partie du secteur d'étude. Des tests complémentaires (bioaccessibilités pour l'arsenic et le plomb) permettraient de préciser les niveaux de risques, et vraisemblablement réduire le nombre de zones concernées par des niveaux de risques non acceptables.

### Perspectives

Dans le cadre du projet d'aménagement, SCE préconise, après superposition du plan de composition et de carte des usages :

1. L'acquisition de données complémentaires sur les sols de surface, dans des zones ciblées, afin de préciser les niveaux de risque sanitaire pour les usages envisagés (tests de bioaccessibilités pour le plomb et l'arsenic). Dans le cadre de ces investigations, des analyses des sols pourront être réalisées afin de vérifier leur caractère inerte au sens de l'arrêté du 12/12/2014, et évaluer leur filière d'évacuation,
2. Sur la base de ces résultats, et du projet qui sera défini, la mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaire,
3. Si besoin, la réalisation d'un plan de gestion afin d'évaluer les coûts de gestion des terres du site



# Introduction de l'étude

# Introduction de l'étude

## 1. Cadre et objectifs de l'étude

Dans le cadre du projet d'aménagement d'un écoquartier à Saint Martin d'Hères (38), la ville a mandaté SCE, par l'intermédiaire de la société Elegia Groupe, pour réaliser une étude de sols et de perméabilité en 2022 (projet SCE n°220955 remis le 13/03/2023).

Cette étude a mis en évidence des impacts dans les sols remettant potentiellement en cause le projet d'aménagement concernant notamment les éléments suivants : plomb, cuivre, mercure, zinc, cadmium et zinc.

Le projet prévoit les usages suivants :

- ▶ Habitation
- ▶ Agriculture urbaine
- ▶ Espace de parcs et de jardins

Dans ce contexte, la ville sollicite de nouveau SCE pour réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) afin de quantifier l'impact des contaminations mises en évidence et leurs conséquences sur le projet.

## 2. Méthodologie générale et référentiels

La démarche suivie et les investigations proposées ont été réalisées conformément à :

- ▶ Notre offre référencée P23001908A du 16/06/2023,
- ▶ la note du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007,
- ▶ la norme AFNOR NF X31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) », mise à jour en décembre 2021.

La codification des prestations réalisées dans le cadre de cette étude selon la norme NF X 31-620 est présentée en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

## 3. Données d'entrée

### 3.1. Site d'étude

Tableau 1 : Fiche d'identité du site

SITE D'ETUDE	
Adresse	Avenue Marcel CACHIN – 38400 SAINT MARTIN D'HERES
Parcelles cadastrales	BC n° 0069, 0068, 0050, 0246, 0300, 0083, 0084, 0085, 0028, 0029, 0030
Surface	≈ 63 500 m <sup>2</sup>

## SITE D'ETUDE

Alt. 214-215 m NGF

### Description

La zone d'étude (délimitée en rouge, source Geoportail 2023), est un ancien champs pour l'agriculture. La partie boisée au Sud-ouest correspond à l'emplacement d'une ancienne station-service.

Actuellement, le site n'est pas clos et est libre d'accès au public.



**Figure 1 Localisation du site (source : Géoportail, 2023)**

### Environnement du site

Le site étudié est implanté en zone résidentielle. Il est délimité :

- ▶ Au nord : par un complexe sportif
- ▶ A l'est : un cours d'eau canalisé qui longe le site à l'étude, puis une zone artisanale avec des commerces
- ▶ A l'ouest : par des immeubles d'habitation
- ▶ Au sud : un quartier résidentiel et une usine de graphite

### Éléments d'ordre historique du site

Depuis le XIXème siècle, les parcelles sont cultivées. Le site est actuellement entouré d'habitation, et ce depuis le XXème siècle. A partir des années 1970, au sud-ouest du site, une station-service a été créée. Celle-ci a été fermée puis détruite dans les années 1990. Une dépollution sur l'ancienne emprise de la station-service a été réalisée début 2000. Actuellement cette zone est recouverte d'arbres et d'arbustes

### Contexte géologique, hydrogéologique et hydraulique

Du point de vue géologique, sur le site, se trouve une formation de remblais, sur 2 m environ, suivie d'argile grise compacte de 2 à 4 m de profondeur puis d'une formation sablo-argileuse avec des graviers, de 4 à 6 m de profondeur, s'ensuit une couche de sable avec graviers jusqu'à 8,5m. Le site se trouve sur une formation d'alluvion fluviales actuelles.

Du point de vue hydrogéologique, deux nappes sont identifiées au droit du site (vers 6 m et vers 14 m de profondeur). Le lien hydraulique entre ces deux nappes n'est pas connu. Dans un rayon de 500 mètres, les 2 cours d'eau à proximité du site sont canalisés.

## 3.2. Présentation du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement prévoit la construction d'un écoquartier. Le projet d'écoquartier sur l'ensemble du site comprendra :

- ▶ Des installations et des bâtis pour le logement. Dans ce cadre, un décaissement des sols superficiels est prévu.
- ▶ Des parcelles pour le maraîchage, jardins partagés et potentiellement un parc paysager et une ferme pédagogique.

Le plan du programme d'aménagement envisagé à ce stade est présenté sur la figure ci-après.



Figure 2 : Plan de composition (source : SCE, COTEC du 13/06/2023)

## 3.3. Etudes antérieures

Depuis 2023, plusieurs études environnementales ont été réalisées sur le site :

- ▶ Eude de sol et de perméabilité, projet SCE n°220955 du 13/03/2023 comprenant deux campagnes d'études des sols.
- ▶ Etude de sol (investigations complémentaires), Saint Martin d'Hères réalisé par SCE. Document transmis le 12 mai 2023

Les investigations réalisées ont mis en évidence la lithologie suivante, depuis la surface vers la profondeur :

- ▶ Une couche de terre végétale de 0,4 m d'épaisseur environ,
- ▶ Une couche argilo-sableuse ocre avec quelques galets, sur une épaisseur comprise entre 0,20 en partie est du site à 0,70 m en partie ouest,
- ▶ Une couche d'argile compacte jusqu'à 2m de profondeur.

Les résultats d'analyses ont mis en évidence :

D'un point de vue de la qualité agronomique :

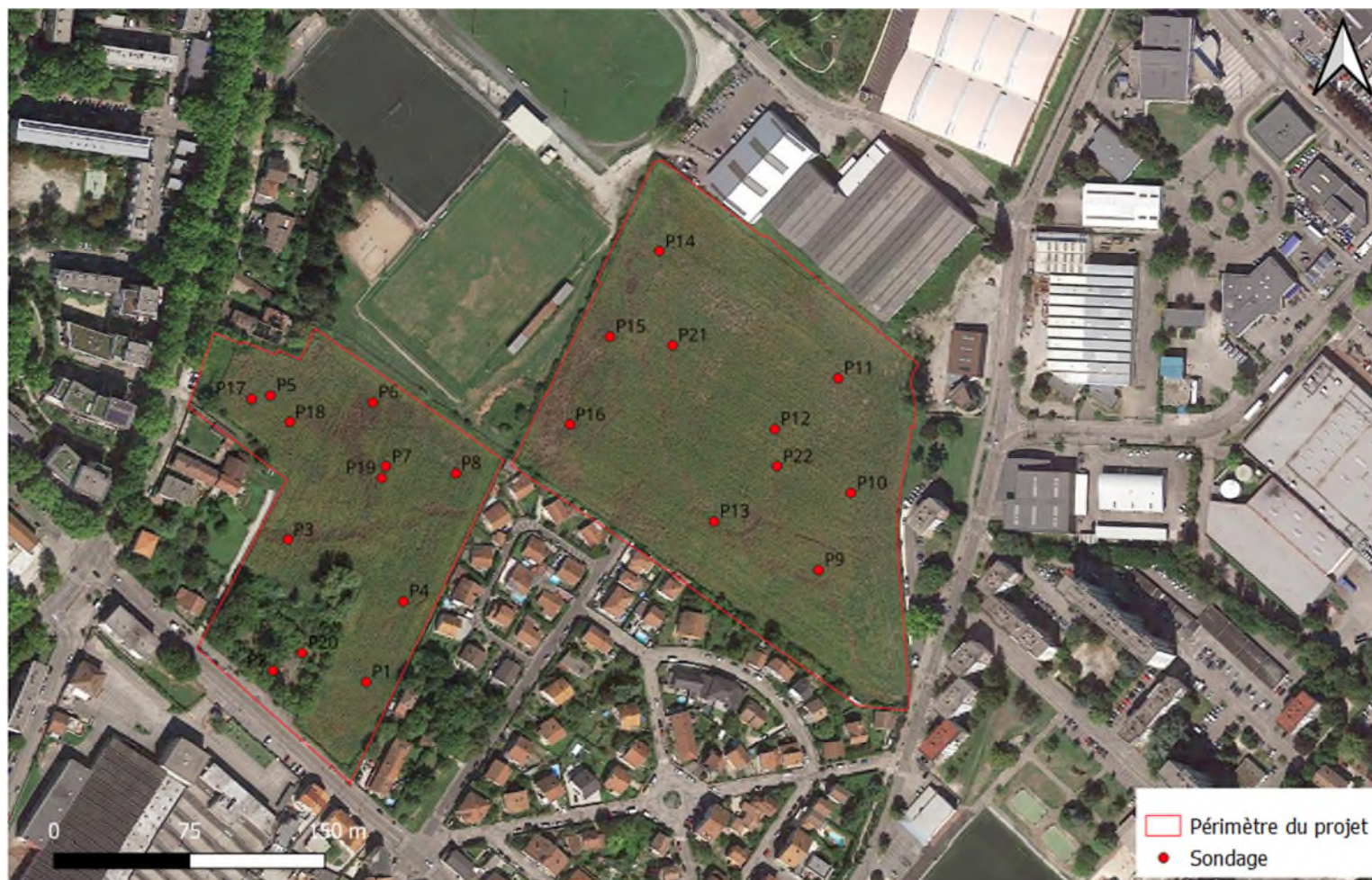
- ▶ Des terrains globalement favorables à un potager collectif sur l'ensemble de la zone d'étude, pour une production maraîchère sans objectif de rendement (CEC et réserve hydrique limitées) ;
- ▶ Un point de vigilance quant à de potentiels phénomènes d'anoxie des sols (bien identifier si les manifestations d'hydromorphie sont temporaires ou non) et de toxicité par le cuivre et/ou le zinc (symptômes visibles notamment au niveau des parties aériennes).

D'un point de vue de la qualité chimique :

- ▶ Sur les horizons en profondeur, des composés chimiques à l'état de trace ont été détectés sur l'ensemble des parcelles. Du cuivre est présent sur la quasi-totalité des parcelles. Des métaux, ainsi que des traces de HAP et de COHV (teneurs de l'ordre de la limite de quantification du laboratoire), sont présents au niveau de l'ancienne station-service.
- ▶ Des contaminations en éléments traces métalliques sur la totalité des horizons superficiels du sol (0-30cm), à des teneurs nécessitant, pour un objectif d'agriculture urbaine, le déclenchement d'une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS).

Aussi, par la suite de l'étude, seules les teneurs mesurées entre 0-0,3 m de profondeur, et susceptibles de présenter des enjeux sanitaires, seront considérées.

Les localisations des sondages sur l'horizon supérieur du sol (0-0.3m) sont présentées ci-après.



Localisation des sondages 2023			Saint-Martin d'Hères		
sce	AJO	11/07/2023	Etude 230739	Evaluation quantitative des risques sanitaires	Sources Google earth 2023

**Figure 3 : Localisation des sondages réalisés par SCE en janvier 2023 et avril 2023**


Certains sondages de la campagne de sols réalisée en avril 2023 ont été renommés dans le cadre de la présente étude. Ainsi les sondages numérotés de P1 à P16 (janvier 2023) restent identiques et les sondages numérotés 1, 1bis, 2, 3, 4, 5 sont renommés respectivement P17, P18, P19, P20, P21, P22 (campagne d'avril 2023).

Un extrait des résultats des campagnes de prélèvement des sols, obtenus sur la tranche 0-0,3 m, sont présentés dans le tableau suivant.

Désignation de l'échantillon	Date de réalisation	Arsenic (As)	Cadmium (Cd)	Chrome total (Cr)	Cuivre (Cu)	Mercure (Hg)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)
P1	janv-23	n.m	0,42	37,8	45,60	0,28	41	75,80	115,00
P2	janv-23	n.m	0,60	40,2	130	1,10	39,6	271,00	269,00
P3	janv-23	n.m	0,42	42	83,70	1,20	40,4	149,00	175,00
P4	janv-23	n.m	0,56	47,6	81,20	0,65	44,2	366,00	213,00
P5	janv-23	n.m	0,76	42,2	103	1,00	39,5	194,00	293,00
P6	janv-23	n.m	0,67	47,2	86,60	0,70	44,8	203,00	234,00
P7	janv-23	n.m	0,71	49,2	109	1,10	43,7	720,00	272,00
P8	janv-23	n.m	0,61	48,7	86,10	0,79	47,8	184,00	234,00
P9	janv-23	n.m	0,73	47,5	97,50	1,30	41,2	336,00	280,00
P10	janv-23	n.m	0,57	51,1	64,60	0,63	42,7	177,00	188,00
P11	janv-23	n.m	0,52	52,7	318	0,50	45,7	276,00	188,00
P12	janv-23	n.m	0,68	49,5	84,90	0,75	45,3	212,00	225,00
P13	janv-23	n.m	0,72	49,7	107	0,92	46	249,00	252,00
P14	janv-23	n.m	1,40	48,3	120	0,65	51	172,00	262,00
P15	janv-23	n.m	0,99	50	196	1,40	46,8	233,00	272,00
P16	janv-23	n.m	1,40	51,6	128	0,75	51	200,00	293,00
P17	avr-23	32,00	0,79	38	98,00	1,10	37	180,00	270,00
P18	avr-23	18,00	0,21	27	30,00	0,13	33	33	86
P19	avr-23	38,00	0,86	44	99,00	0,95	40	1 600,00	280,00
P20	avr-23	18,00	0,52	58	41,00	0,32	49	110,00	120,00
P21	avr-23	35,00	1,50	41	93,00	1,70	43	130,00	230,00
P22	avr-23	38,00	0,63	41	76,00	0,73	41	240,00	200,00

Tableau 2 : Synthèse des résultats sols sur la tranche 0-0,3 m

10	<b>Dépassement des teneurs de la gamme ASPITET "sols ordinaires" pour les métaux (BRGM)</b> Les valeurs de cette gamme ne sont que des valeurs indicatives car elles n'ont pas fait l'objet d'une validation par le ministère de l'Environnement. Il ne s'agit pas d'objectif de réhabilitation
10	<b>Dépassement des teneurs de la gamme ASPITET "anomalies modérés" pour les métaux (BRGM)</b> Les valeurs de cette gamme ne sont que des valeurs indicatives car elles n'ont pas fait l'objet d'une validation par le ministère de l'Environnement. Il ne s'agit pas d'objectif de réhabilitation
10	<b>Dépassement des teneurs de la gamme ASPITET "anomalies fortes" pour les métaux (BRGM)</b> Les valeurs de cette gamme ne sont que des valeurs indicatives car elles n'ont pas fait l'objet d'une validation par le ministère de l'Environnement. Il ne s'agit pas d'objectif de réhabilitation
10	<b>Norme NF U44-551, Janv 2008</b> Critères d'innocuité pour les sols supports de culture (teneurs limites)
n.m	<b>Non. mesuré</b>



# **Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)**

# Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

## 4. Schéma conceptuel

### 4.1. Méthodologie

A partir des informations acquises sur la qualité environnementale de la zone d'étude, et sur la base du projet d'aménagement envisagé sur les différents lots, le schéma conceptuel peut-être établi. Il présente de manière synthétique :

- ▶ les zones sources de pollution identifiées au droit des parcelles ;
- ▶ les voies de transfert et les milieux d'exposition potentiels ;
- ▶ les cibles ;
- ▶ les voies d'exposition.

Il permet d'évaluer de manière qualitative les risques liés à la qualité du milieu souterrain.

### 4.2. Scénarios étudiés

En cohérence avec les usages projetés, trois scénarios seront étudiés :

- ▶ Un scénario résidentiel : pour les adultes et les enfants amenés à vivre sur le secteur d'étude,
- ▶ Un scénario parcs et jardins : pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts, ainsi que les adultes et les enfants amenés à fréquenter le site,
- ▶ Un scénario agriculture urbaine : pour les employés, les adultes et les enfants amenés à cultiver les parcelles.

Les voies d'expositions étudiées sont l'ingestion de sols et de poussières, ainsi que l'inhalation de vapeurs.

Les risques liés à l'ingestion de légumes auto-produits n'ont pas été calculés spécifiquement. L'évaluation des risques a porté sur la voie d'exposition majeure associée au contact direct avec les sols à savoir l'ingestion directe de sols. Les mesures de gestion qui seront associées pour cette voie d'exposition permettront de couvrir les autres voies (ingestion de légumes).

Concernant la voie d'exposition par inhalation, seul le mercure est un métal volatil. Au regard des concentrations mesurées dans les sols, par retour d'expérience, ce composé ne contribuera pas significativement aux niveaux de risques sanitaires pour l'exposition en extérieur (dilution dans l'air extérieur). Aussi, il ne sera retenu que pour les expositions en intérieur (phénomène d'accumulation dans l'air intérieur), et donc uniquement pour le scénario résidentiel.

Dans le cadre de l'étude, en l'absence de données sur la qualité des eaux souterraines, il sera considéré l'absence d'usage de la nappe.

En complément, d'après la note 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, il est dit qu'en l'absence à ce jour de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne peut pas être envisagé une transposition pour cette voie à partir de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire. Aussi, cette voie d'exposition ne sera pas étudiée.

### 4.3. Représentation graphique

Le schéma conceptuel établi pour les scénarios étudiés est présenté ci-après.

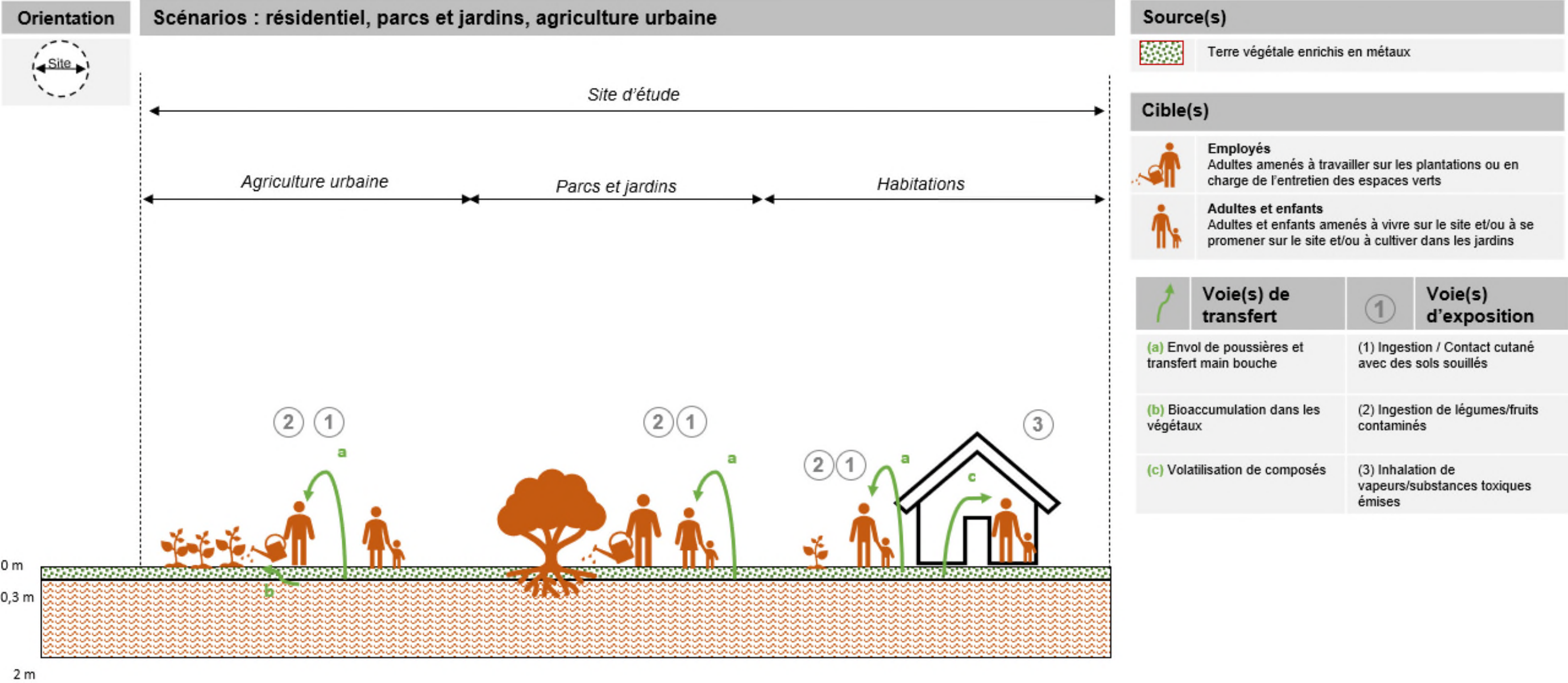


Figure 4 : Schéma conceptuel (SCE, 2023)

## 5. Analyse des risques sanitaires (A320) et mesures de gestion

### 5.1. Démarche de l'analyse des risques sanitaires

L'analyse des enjeux sanitaires est réalisée sur la base du schéma conceptuel présenté précédemment. Une introduction plus détaillée est présentée en **Annexe 2**.

L'objectif est de quantifier les niveaux de risques pour les futures cibles, exposées à la contamination par inhalation de vapeurs et/ou ingestion de sols et de poussières, et évaluer si les polluants en place sont susceptibles de présenter des risques toxiques pour la santé des futurs usagers. Le cas échéant, définir si des mesures de gestion seraient nécessaires. La démarche suivie dans la présente étude de risques, cohérente avec les textes en vigueur<sup>1</sup>, est la suivante.

#### ETAPE 1: Estimation de la dose d'exposition

*Cela correspond à estimer les doses auxquelles les cibles sont exposées dans un milieu d'exposition donné*

- 1 - Sélection des composés** et concentrations mesurées dans le(s) milieu(x) source, et susceptibles d'être présentés dans le milieu d'exposition
- 2 - Si besoin, modélisation** des concentrations depuis le(s) milieu(x) source vers le milieu d'exposition
- 3- Calcul de la Dose Journalière d'Exposition (DJE)**

#### ETAPE 2 : Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (V.T.R)

*Ces valeurs sont des indices caractérisant le lien entre l'exposition de l'homme à une substance toxique et l'occurrence ou la sévérité d'un effet nocif observé.*

#### ETAPE 3 : Quantification des risques sanitaires

*Cette étape consiste à quantifier si les doses auxquelles les cibles sont exposées pendant la durée de fréquentation du site sont susceptibles de générer un risque toxique pour les futurs usagers.*

Pour évaluer les risques, deux calculs sont réalisés :

- Quantification du « **Quotient de Danger** » (QD), qui caractérise les risques pour les effets « non cancérogènes », appelé également effet « à seuil de dose », au moyen de la formule suivante :

$$QD = DJE/VTR$$

La valeur de quotient de danger est comparée à la valeur seuil de 1. Si le quotient de danger est supérieur à 1, des risques sanitaires sont potentiellement encourus pour les futurs usagers.

NOTA : Pour le chloroforme et le tétrachlorure de carbone, les effets à seuil déterminent les risques cancérogènes

- Quantification de l'« **Excès de Risque Individuel** » (ERI), qui caractérise les risques pour les effets « cancérogènes », appelé également effet « sans seuil de dose », via le calcul au moyen de la formule suivante :

$$ERI = DJE \times VTR$$

La valeur d'ERI est comparée à la valeur seuil de  $1.10^{-5}$ . Si l'ERI est supérieur à  $1.10^{-5}$ , la probabilité de voir apparaître un cancer dans la population exposée est augmentée.

Les paragraphes suivants présentent la démarche proposée ci-avant.

<sup>1</sup> Circulaire du 08 février 2007, mise à jour dans la note méthodologique d'avril 2017

## 5.2. Estimation de la dose dans le milieu d'exposition

### 5.2.1. Sélection des composés et concentrations dans le(s) milieu(x) source(s)

Les composés, les concentrations retenues pour les différents jeux de calcul, ainsi que la justification associée est présentée en **Annexe 3**.

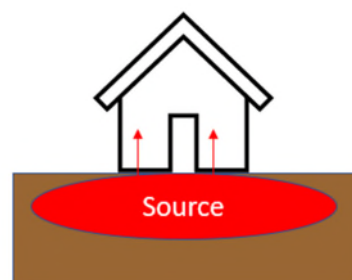
### 5.2.2. Modélisation des concentrations depuis le(s) milieu(x) source(s) vers le milieu d'exposition

Pour estimer les teneurs attendues dans l'air intérieur, les concentrations mesurées dans les sols doivent être modélisées vers l'air intérieur. La modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel RISC 5.0 basé sur les équations de transfert de Johnson & Ettinger (J&E) en intégrant les phénomènes de diffusion/convection. Les paramètres relatifs au site renseignés dans le logiciel RISC 5.0 pour modéliser les transferts sont présentés ci-après.

Les feuilles de transfert, présentant les données d'entrées rentrées dans le logiciel, et les concentrations modélisées par le logiciel dans l'air intérieur sont présentées en **Annexe 4**.

PARAMETRE DU MODELE	VALEUR	UNITE	JUSTIFICATION
<b>Zone non saturée</b>			
Type de sol	Sable	-	Observation de terrain (approche sécuritaire)
<b>Source sol</b>			
Profondeur de la source sol par rapport aux fondations du bâtiment	0.3	m	Contamination considérée directement sous la dalle (approche sécuritaire)
Longueur de la zone source	10	m	Dimension de la pièce – hypothèse retenue
Largeur de la zone source	10	m	Dimension de la pièce – hypothèse retenue
Epaisseur de la pollution	0.3	m	Epaisseur moyenne des remblais
<b>Emission gazeuse dans le bâtiment</b>			
Différence de pression entre le bâtiment et l'extérieur	40	g/cm <sup>2</sup> .s	Johnson & Ettinger
Taux de fissuration	0,001	/	USEPA
Porosité de la dalle	0,25	/	= Porosité du sol sous la dalle (hypothèse du modèle Johnson & Ettinger)
Epaisseur de la dalle	15	cm	Hypothèse retenue
Profondeur des fondations si pas de sous-sol	15	cm	fondation = dalle
Perméabilité des sols aux vapeurs sous le bâtiment	1.00E-08	cm <sup>2</sup>	Valeur par défaut du logiciel – valeur associée à la couche de forme généralement présente sous les fondations
<b>Caractéristiques du bâtiment en RDC – usage tertiaire</b>			
Longueur de la pièce	5	m	La norme NF X 35-102 recommande un espace

ILLUSTRATION



PARAMETRE DU MODELE	VALEUR	UNITE	JUSTIFICATION	ILLUSTRATION
Largeur de la pièce	2	m	minimum de 10 m <sup>2</sup> pour une personne seule dans un bureau	
Hauteur de la pièce	2.4	m		
Volume de la pièce	24	m <sup>3</sup>		
Taux de renouvellement d'air dans la pièce	12 (0.5 v/h)	j-1	Hypothèse retenue cohérente avec l'article R4222-6 qui fixe un débit minimal d'air neuf à introduire	

Figure 5 : Paramètres du modèle RISC 5.0 (SCE, 2023)

## 5.2.3. Calcul de la Dose Journalière d'Exposition

### 5.2.3.1. Exposition par inhalation (scénario résidentiel)

Les doses journalières d'exposition (DJE) pour chaque composé retenu, c'est-à-dire les doses auxquelles les cibles sont exposées pour chaque composé, pour la voie d'exposition par inhalation, ont été calculées à partir de l'équation suivante<sup>2</sup> :

$$DJE_{\text{inhalation air}} = \frac{[C_{\text{air}}] \times IR \times T \times F \times D}{VR \times AT}$$

Avec :

- ▶ *[C]* : Concentration dans l'air ambiant (mg/m<sup>3</sup>)<sup>3</sup>
- ▶ *IR* : Volume d'air inhalé (m<sup>3</sup>/h)<sup>4</sup>
  - 0,83 m<sup>3</sup>/h pour les adultes ;
  - 0,33 m<sup>3</sup>/h pour les enfants ;
- ▶ *T* : Temps d'exposition (h/j), avec dans le cas présent 20 h/j pour les adultes et les enfants
- ▶ *F* : Fréquence d'exposition (j/an) avec dans le cas présent 350 j/an pour les adultes et les enfants
- ▶ *D* : Durée d'exposition (ans) avec dans le cas présent 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants (durée légale de travail)
- ▶ *VR* : Volume d'air inhalé par jour (m<sup>3</sup>/j) respectivement 20 m<sup>3</sup>/j pour les adultes et 8,4 m<sup>3</sup>/j pour les enfants<sup>5</sup>
- ▶ *AT* : Temps global sur lequel l'exposition est pondérée (jours)
  - Effets à seuil : D×365 J
  - Effets sans seuil : 70 ans<sup>6</sup>×365 J

La DJE<sub>inhalation</sub> est exprimée en mg/m<sup>3</sup>. Les DJE calculées sont intégrées avec le calcul des VTR à l'Annexe 6.

<sup>2</sup> Équations issues du document "Risk Assessment guidance for superfund volume I Human Health Evaluation Manual - Part A », de décembre 1989 et de la partie révisée « Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment, de janvier 2009, – publiée par "Office of Emergency and Remedial Response" – USEPA)

<sup>3</sup> Concentrations modélisées dans le cas présent au moyen du logiciel RISC 5.0

<sup>4</sup> Adulte : 0,83 m<sup>3</sup>/h (source CIBLEX et USEPA).

<sup>5</sup> Volume d'air inhalé (m<sup>3</sup>/h)\*24h

<sup>6</sup> Durée vie entière usuellement retenue dans l'évaluation quantitative des risques sanitaires

### 5.2.3.2. Exposition par ingestion de sols (scénarios résidentiel, parcs et jardins et agriculture urbaine)

Les doses journalières d'exposition (DJE) pour chaque composé retenu, pour la voie d'exposition par ingestion, ont été calculées à partir de l'équation suivante<sup>7</sup> :

$$DJE_{\text{ingestion sol}} = \frac{[C_{\text{sol}}] \times FC \times Q \times F \times D}{P \times AT}$$

Avec :

- ▶  $DJE_{\text{ingestion}}$  : Dose Journalière d'exposition via l'ingestion de sol (mg/kg poids corporel/j)
- ▶  $[C]$  : Concentration en polluant dans les sols (mg/kg)<sup>8</sup>
- ▶  $FC$  : Facteur de conversion
  - $CF = 10^{-6}$  pour les sols (kg/mg)
- ▶  $Q$  : Quantité ingérée (sols en mg/j)
- ▶  $F$  : Fréquence d'exposition (jours/an) :
- ▶  $D$  : Durée d'exposition (ans) :
- ▶  $P$  : Masse corporelle (kg),
  - 70 kg pour un adulte
  - 15 kg pour une enfant<sup>9</sup>
- ▶  $AT$  : Temps global sur lequel l'exposition est pondérée (jours)
  - $AT =$  pour les effets à seuil ( $D \times 365$  j) ;
  - $AT =$  pour les effets sans seuil ( $70 \text{ ans} \times 365$  j)

Les paramètres retenus, en fonction des différents scénarios, sont présentés ci-après.

SCENARIO		SCENARIO RESIDENTIEL <sup>10</sup>		SCENARIO PARCS ET JARDINS (ABSENCE DE POTAGERS)		SCENARIO AGRICULTURE URBAINE <sup>11</sup>			
Cible		Adultes	Enfants	Employés	Adultes	Enfants	Employés	Adultes	Enfants
Paramètres	Q (mg/j)	50	90	480	8,3 <sup>12</sup>	15 <sup>13</sup>	480	200	200
	F (jours/an)	350	350	36	350	350	220	150	150
	D (ans)	30	6	42	30	6	42	30	6

La  $DJE_{\text{ingestion sol}}$  est exprimée en mg/kg. Les DJE calculées sont intégrées à l'Annexe 6.

## 5.3. Sélection des valeurs toxicologiques de référence

Le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) est basé sur la note d'information de la DGS n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014.

<sup>7</sup> Équations issues du document "Risk Assessment guidance for superfund volume I Human Health Evaluation Manual - Part A », de décembre 1989 et de la partie révisée « Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment, de janvier 2009, – publiée par "Office of Emergency and Remedial Response" – USEPA)

<sup>9</sup> Valeur considérée pour les adultes, « Exposure factors handbook », EPA/600/P-95/002Fa – August 1997, et cohérente avec les valeurs fournies par l'INERIS dans le document drc-14-141968-11173c de Juin 2017

<sup>10</sup> Données issues du rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C de juin 2017

<sup>11</sup> Valeurs issues du GUIDE R.E.F.U.G.E. Caractérisation de la contamination des sols urbains destinés à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires

<sup>12</sup> 50 mg/j ajusté à 2h d'exposition par jour

<sup>13</sup> 91 mg/j ajusté à 2h d'exposition par jour

Les composés ne présentant pas de VTR reconnue parmi les bases de données de la note d'information ne seront pas retenus dans l'étude. Le tableau présentant les VTR retenues pour la présente étude est joint en **Annexe 5**.

## 5.4. Quantification des Risques Sanitaires

### 5.4.1. Rappel des hypothèses retenues pour l'EQRS

Les hypothèses retenues pour le calcul de risque, selon les scénarios étudiés, sont synthétisées dans le tableau suivant.

SCENARIO	RESIDENTIEL	PARCS ET JARDINS	AGRICULTURE URBAINE
<b>Bâti</b>	Présence d'un bâtiment sans niveau de sous-sol (cas pessimiste) à usage d'habitat.  Taux minimum de renouvellement d'air de 0,5 v/h	Absence de bâtiment avec poste de travail dédié à l'intérieur	Absence de bâtiment avec poste de travail dédié à l'intérieur
<b>Potagers/arbres fruitiers</b>	Présence de cultures	Absence de cultures	Présence de cultures
<b>Espaces verts</b>	Présence d'espaces verts/aires de jeux		
<b>Usage des eaux</b>	Aucun usage des eaux souterraines		

Ces hypothèses de travail rappelées ci-dessus ne constituent pas des restrictions d'usages. Néanmoins, toute modification de l'une de ces hypothèses nécessitera une mise à jour des calculs de risque visant à s'assurer de la compatibilité sanitaire des nouvelles hypothèses d'aménagement avec les substances détectées sur le site.

### 5.4.2. Résultats des calculs de risques

L'ensemble des calculs de risque est présenté en **Annexe 6**.

Le détail des calculs de risques sanitaires et une discussion portant sur les incertitudes associées (analyse de la sensibilité des paramètres de modélisation considérés) sont présentés en **Annexe 7**.

Pour rappel, les niveaux de risques sanitaires sont jugés acceptables pour les futurs usagers si :

- ▶ Le Quotient de Danger (QD) calculé est inférieur à 1
- ▶ L'Excès de Risque Individuel calculé (ERI) est inférieur à  $10^{-5}$

La synthèse des niveaux de risques calculés est présentée dans le tableau ci-après.

**Tableau 3 : QD et ERI globaux calculés par ingestion de terre et de poussière**

SCENARIO	CIBLES	QD GLOBAL	ERI GLOBAL
<b>Résidentiel</b>	Enfant	<b>33</b>	<b><math>3,52 \cdot 10^{-05}</math></b>
	Adulte	<b>18</b>	<b><math>2,07 \cdot 10^{-05}</math></b>
<b>Parcs et jardins (promenade)</b>	Enfant	0,52	$3,90 \cdot 10^{-06}$
	Adulte	0,02	$2,31 \cdot 10^{-06}$
	Employés	0,11	<b><math>1,93 \cdot 10^{-05}</math></b>
<b>Agriculture urbaine</b>	Enfant	<b>15</b>	<b><math>3,32 \cdot 10^{-05}</math></b>
	Adulte	0,67	<b><math>3,55 \cdot 10^{-05}</math></b>
	Employés	<b>2</b>	<b><math>1,75 \cdot 10^{-04}</math></b>
<b>Seuil de comparaison</b>		<b>1</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>

Sur la base des résultats présentés ci-avant, **les niveaux de risques sont supérieurs aux valeurs seuils pour l'ensemble des scénarios étudiés.**

Cela est lié :

- ▶ **Scénario résidentiel (cibles adultes et enfants)** : à la présence de mercure en l'état du site (inhalation de vapeurs en provenance des sols) ainsi qu'à la présence d'arsenic et de plomb (ingestion de sols et de poussières)
- ▶ **Scénario parcs et jardins (promenade) (cible employée)** : à la présence d'arsenic dans les sols
- ▶ **Scénario agriculture urbaine (cibles employés, adultes et enfants)** : à la présence d'arsenic et de plomb dans les sols

Ces résultats sont à considérer avec précaution, car réalisés à partir de données majorantes. Les calculs pourraient être affinés par l'acquisition de données complémentaires (tests de bioaccessibilité pour l'arsenic et le plomb, réalisation de mesure de l'air du sol pour le mercure).

Afin d'évaluer, pour les scénarios résidentiels et agriculture urbaine, les teneurs dans les sols qui seraient à atteindre pour que les niveaux de risques soient acceptables, SCE a calculé les Concentrations Maximales Admissibles (C.M.A), pour ces trois composés (arsenic, plomb, mercure). Les calculs sont présentés dans le paragraphe ci-après.

Ce calcul n'a pas été réalisé pour le scénario promenade car, le cas échéant, des mesures simples pourraient être mises en place auprès des employés pour limiter les expositions (port de masque et de gants par exemple).

### 5.4.3. Définition des Concentrations Maximales Admissibles (CMA) pour les scénarios résidentiel et agriculture urbaine

Un calcul des concentrations maximales admissibles a été réalisé, pour les composés suivants : mercure (inhalation) plomb et arsenic (ingestion).

Les concentrations d'entrées permettant de rendre les niveaux de risques acceptables sont présentées dans le tableau ci-après.

**Tableau 4 : Concentrations maximales admissibles à atteindre**

COMPOSES	CONCENTRATION INITIALE (MG/KG MS)	CMA A ATTEINDRE (MG/KG MS)
<b>Scénarios résidentiel et agriculture urbaine</b>		
Plomb	1600	180 <sup>14</sup>
Arsenic	38	25 <sup>15</sup>
<b>Scénario résidentiel</b>		
Mercure	1.7	0.1

Les calculs de risques associés au calcul des CMA sont présentés en **Annexe 8**. Les zones de dépassement de ces CMA, par composés, sont présentées ci-après.

SCE rappelle que les résultats ont été obtenu sur la couche superficielle du sol (0-0.3m) de profondeur cependant une nette diminution des concentrations en métaux lourds dans les horizons de sols inférieurs

<sup>14</sup> Valeur en mg/kg de MS autorisée par la norme NF U 44-051 relative aux critères d'écotoxicité dans les conditions d'emploi applicables aux matières fertilisantes et aux supports de culture

<sup>15</sup> Valeurs des sols ordinaires définies par l'INRA ASPITET

comme présenté dans l'étude SCE (rapport n°220955 du 13/03/2023) indique que le seul le premier horizon de sol présente un risque sanitaire important pour les usagers

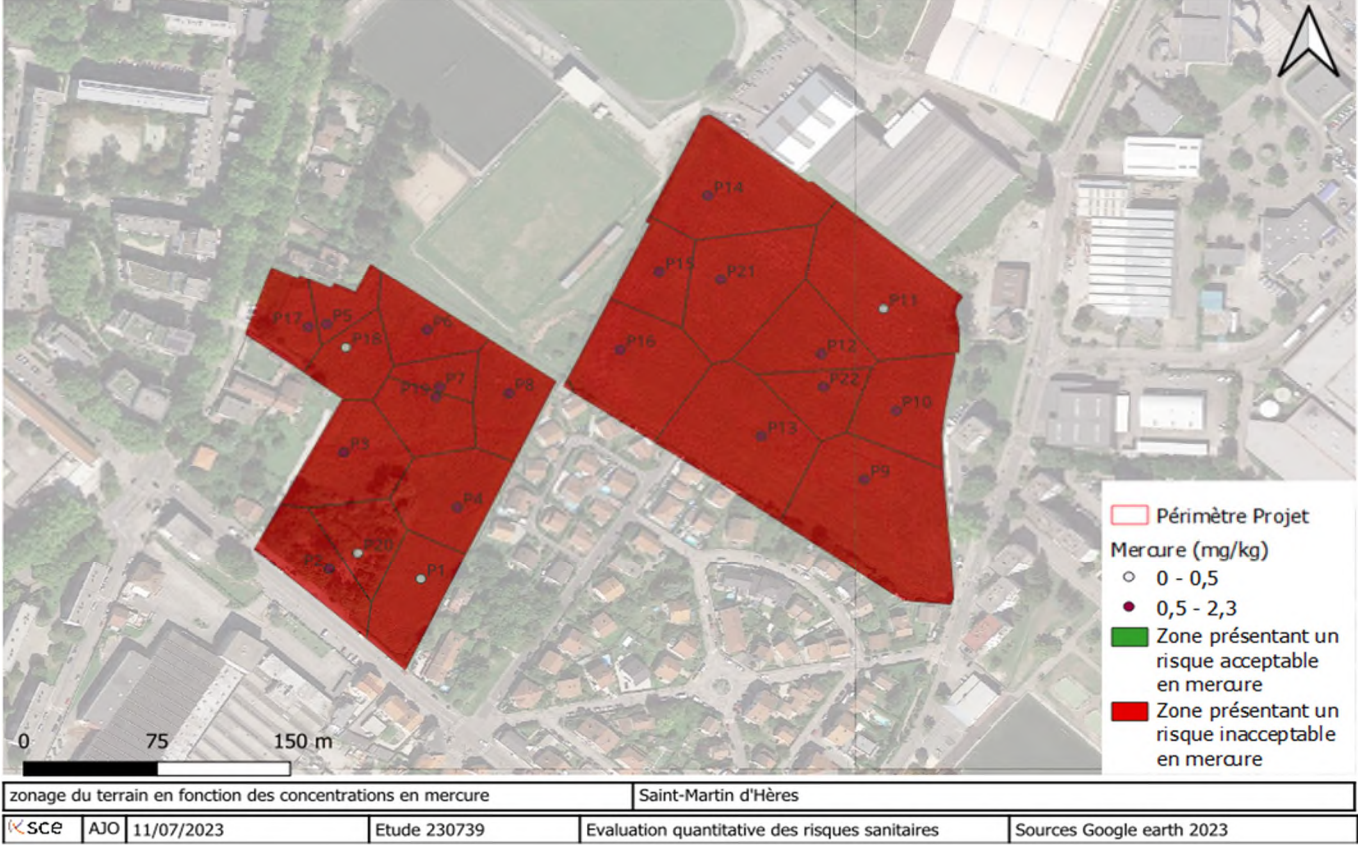
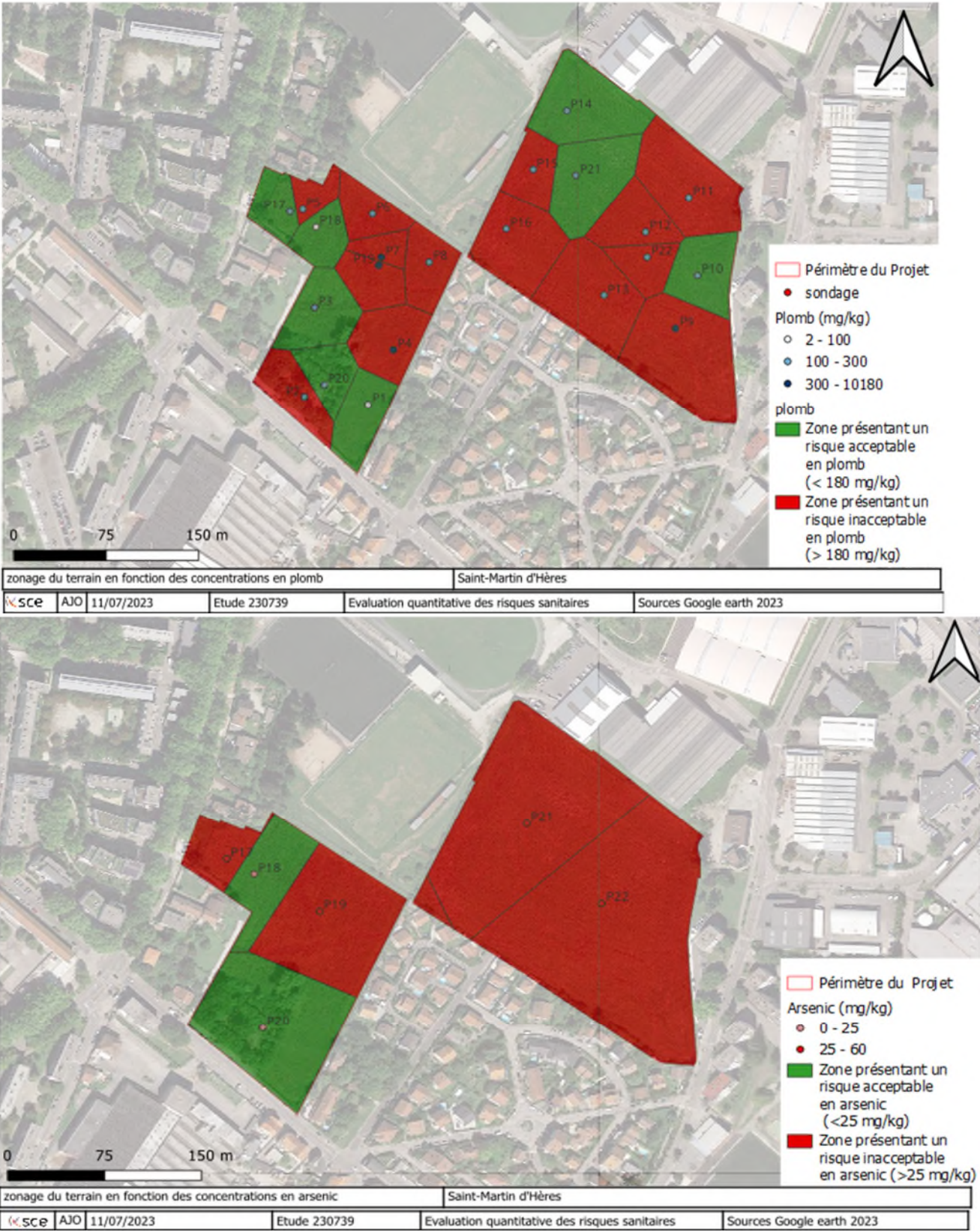


Figure 6 : carte de localisation des Concentrations Maximales Admissibles (C.M.A)



# Conclusion

# Conclusion et perspectives

## 6. Conclusion

A la demande de la ville à Saint Martin d'Hères (38), ELEGIA groupe a mandaté SCE, pour réaliser une EQRS au droit de l'emprise du futur écoquartier.

L'analyse des enjeux sanitaire a été réalisée pour les sols présents en surface sur la tranche 0-0,3 m, où la présence d'une contamination par des métaux a été observée. Cette contamination n'a pas été observée dans les sols sous-jacents.

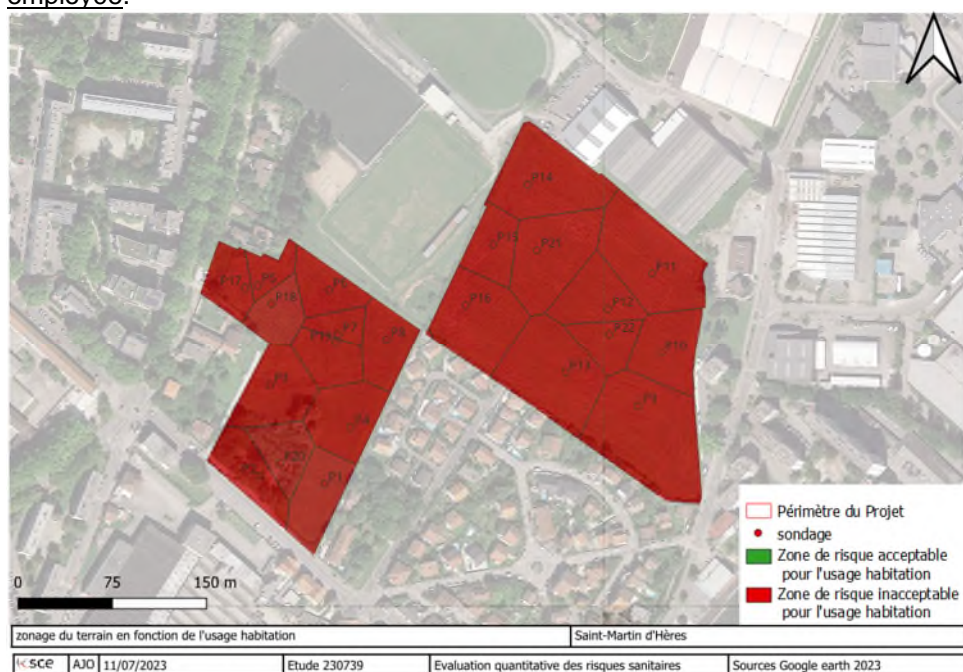
L'EQRS a été réalisée pour trois scénarios, correspondant aux usages futurs envisagés à l'échelle du secteur d'étude :

- ▶ Un scénario résidentiel : pour les adultes et les enfants amenés à vivre sur le secteur d'étude,
- ▶ Un scénario parcs et jardins (zone de promenade) : pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts, ainsi que les adultes et les enfants amenés à fréquenter le site,
- ▶ Un scénario agriculture urbaine : pour les employés, les adultes et les enfants amenés à cultiver les parcelles.

L'analyse des enjeux sanitaire a mis en évidence :

- ▶ Pour le scénario résidentiel : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart du site avec les usagers futurs (adultes et enfants), du fait de la présence d'arsenic, de plomb et de mercure dans les sols,
- ▶ Pour le scénario parcs et jardins (zone de promenade) : une compatibilité du milieu souterrain pour les promeneurs adultes et enfants. Les risques ne sont pas acceptables pour les employés en charges de l'entretien des espaces verts sur une partie du site, du fait de la présence d'arsenic dans les sols.
- ▶ Pour le scénario agriculture urbaine : une incompatibilité du milieu souterrain sur la plupart du site avec les usagers futurs (adultes, enfants, employés maraîchers), du fait de la présence d'arsenic et de plomb dans les sols.

Les cartes de localisation des zones de compatibilité ou incompatibilité, pour chaque usage, sont présentées ci-après. Pour le scénario parcs et jardins (promenade), la carte ne concerne que la cible employée.



**Figure 7 : zones de compatibilité ou incompatibilité actuelles pour l'usage habitation**

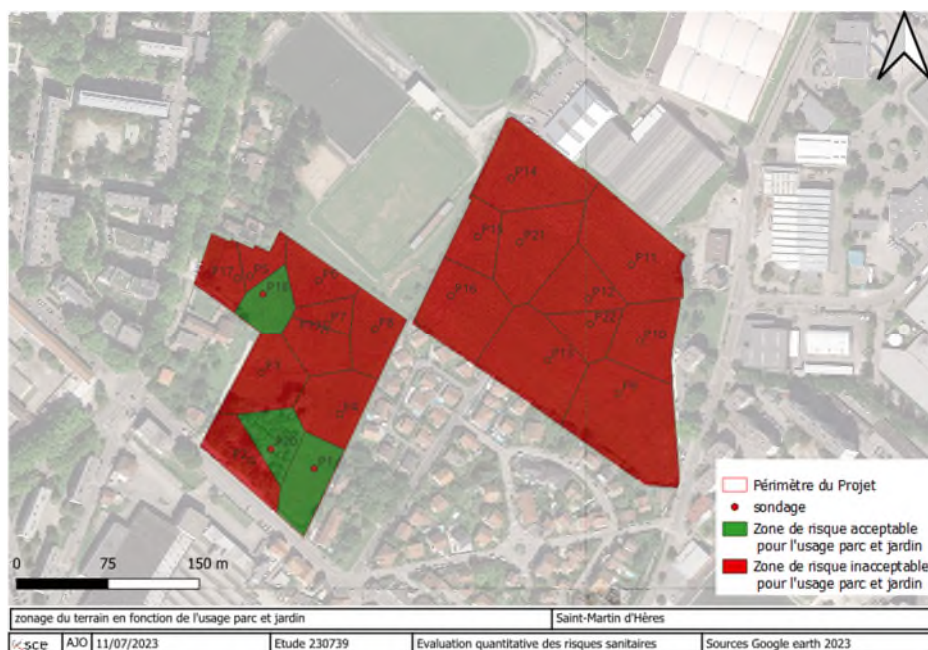


Figure 8 : zones de compatibilité ou incompatibilité pour la cible : employés des parcs et jardins

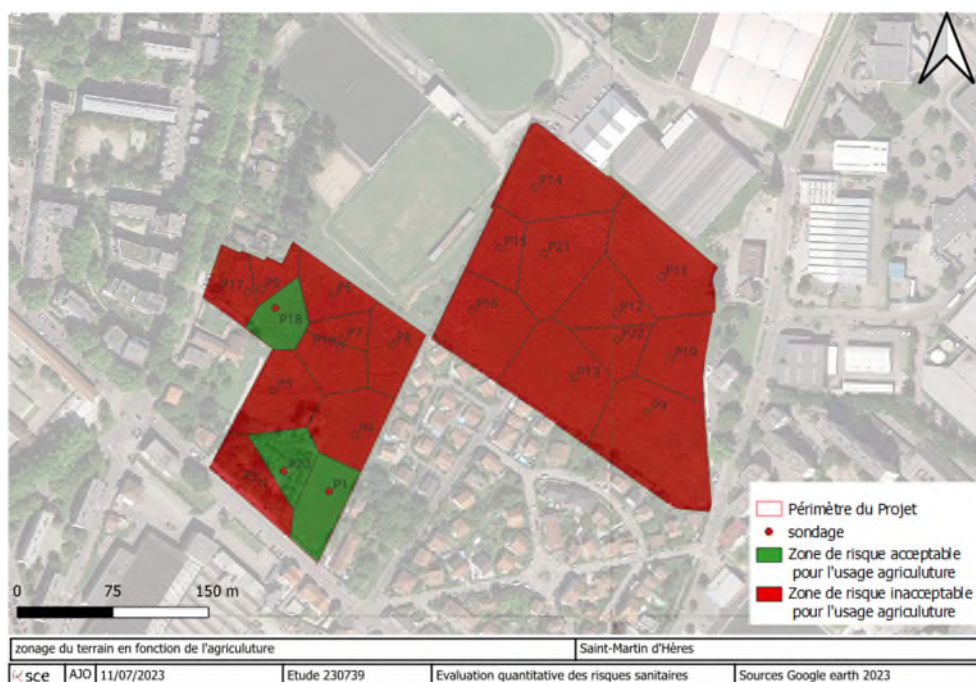


Figure 9 : zones de compatibilité ou incompatibilité pour l'usage agriculture

Concernant le **scénario résidentiel**, le **projet prévoit le décapage des sols de surface** sur l'emprise bâtie ainsi que des jardins privatifs, incluant la couche entre 0-0,3 m. Dans ce contexte, **si le décapage est effectif, il n'y aura pas de mesure de gestion à réaliser en plus pour que les niveaux de risques sanitaires soient acceptables**. Les terres pourront, si besoin, être réutilisées dans le cadre de l'aménagement paysagé (par exemple : conception de merlon paysagé) ou être évacuées hors site en filière adaptée.

Concernant le **scénario parcs et jardins**, des **tests de bioaccessibilité** sur l'arsenic permettraient probablement de préciser les niveaux de risque pour les employés. En l'état, la **mise en place de**

**mesures adaptées** (limiter le remaniement des terres lors de l'entretien, port d'EPI type masque à poussières, vêtements couvrants et gants) **permettrait de s'affranchir des risques potentiels.**

Concernant le **scénario agriculture urbaine**, à ce stade, les teneurs mesurées limite cet usage sur une grande partie du secteur d'étude. Des **tests complémentaires (bioaccessibilités pour l'arsenic et le plomb) permettraient de préciser les niveaux de risques**, et vraisemblablement réduire le nombre de zones concernées par des niveaux de risques non acceptables.

## 7. Perspectives

Dans le cadre du projet d'aménagement, SCE préconise, après superposition du plan de composition et de carte des usages :

1. L'acquisition de données complémentaires sur les sols de surface, dans des zones ciblées, afin de préciser les niveaux de risque sanitaire pour les usages envisagés (tests de bioaccessibilités pour le plomb et l'arsenic). Dans le cadre de ces investigations, des analyses des sols pourrons être réalisées afin de vérifier leur caractère inerte au sens de l'arrêté du 12/12/2014, et évaluer leur filière d'évacuation,
2. Sur la base de ces résultats, et du projet qui sera défini, la mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaire,
3. Si besoin, la réalisation d'un plan de gestion afin d'évaluer les coûts de gestion des terres du site.

**SCE et ses équipes se tiennent à votre disposition pour toute question relative au présent document.**



# Limites de l'étude

# Limites de l'étude

## Contexte général

La présente étude a été réalisée conformément à la méthodologie nationale des sites et sols pollués, et les guides en vigueur, à la date de rédaction du présent rapport.

Elle ne tient, de ce fait, pas compte des aspects pédologiques et éco toxicologiques des milieux.

## Données d'entrée

Le présent document est établi sur la base des données disponibles lors de la réalisation de la présente étude, et ne tient pas compte de toutes nouvelles données qui pourraient être acquises ultérieurement (par exemple zones qui seraient accessibles ultérieurement pour la réalisation d'investigations, acquisition de données complémentaires).

## Echantillonnage

Les concentrations en polluants dans les sols ont été déterminées à partir des résultats d'analyses des échantillons prélevés par SCE.

Même si les points de sondages ont été positionnés au niveau ou à proximité des zones sources potentielles de pollution identifiées sur la base des informations recueillies et disponibles dans le cadre de l'étude historique et documentaire, les prélèvements réalisés sont des prélèvements ponctuels, effectués à un moment donné en un point donné, pour une épaisseur de sol déterminée, et présentent donc une incertitude quant à leur représentativité. En effet en raison de l'hétérogénéité naturelle du milieu souterrain, un constat basé sur des prélèvements ponctuels (discrétisation) ne peut raisonnablement pas prétendre à une détermination exhaustive des caractéristiques du sous-sol.

## Analyse en laboratoire

Tout résultat d'analyse présente une incertitude liée aux conditions de mise en œuvre de cette analyse par le laboratoire, même si, les analyses d'échantillons de sols effectuées dans le cadre de cette mission ont été réalisées par un laboratoire reconnu par le COFRAC (comité français d'accréditation), et selon des méthodes normées internationales (normes ISO, EN et NF).

## Analyse des enjeux sanitaires

L'analyse des enjeux sanitaires a été réalisée notamment selon un scénario donné, des hypothèses retenues et sur la base des données toxicologiques disponibles lors de la réalisation de l'étude. La présente étude ne tient pas compte de toute évolution de ces données.



# Annexes

# Annexes

## Table des annexes

***Annexe 1 : Codification des prestations selon la norme NF X 31-620 (1 page)***

***Annexe 2 : Introduction à l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) (4 pages)***

***Annexe 3 : Composés et concentrations retenus, par milieu, pour l'analyse des enjeux sanitaires (2 pages)***

***Annexe 4 : Feuille de transfert depuis les sols vers l'air ambiant intérieur (2 pages)***

***Annexe 5 : Choix des VTR (4 pages)***

***Annexe 6 : Feuilles de calcul des risques (18 pages)***

***Annexe 7 : Incertitudes (4 pages)***

***Annexe 8 : CMA – feuilles de transfert et feuilles de calcul des risques (3 pages)***

## Annexe 1 : Codification des prestations selon la norme NF X 31-620 (1 page)

CODE NORME NFX 31- 620 -2	PRESTATION NORME NFX 31- 620 -2	MISSIONS SCE
<b>DOMAINE A</b>		
<b>Etudes, assistance et contrôle</b>		
<b>Prestations globales</b>		
<b>AMO</b>	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase études.	
<b>LEVE</b>	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites et sols pollués.	
<b>INFOS</b>	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.	
<b>DIAG</b>	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats.	
<b>PG</b>	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site.	
<b>IEM</b>	Interprétation de l'état des milieux.	
<b>SUIVI</b>	Surveillance environnementale.	
<b>BQ</b>	Bilan quadriennal.	
<b>CONT</b>	Contrôle : de la mise en œuvre du programme d'investigations ou de surveillance ; de la mise en œuvre des mesures de gestion.	
<b>XPER</b>	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués.	
<b>VERIF</b>	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise.	
<b>Prestations élémentaires</b>		
<b>A100</b>	Visite du site.	
<b>A110</b>	Etudes historique, documentaire et mémorielle.	
<b>A120</b>	Etude de vulnérabilité des milieux.	
<b>A130</b>	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations.	
<b>A200</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols.	
<b>A210</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines.	
<b>A220</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments.	
<b>A230</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol.	
<b>A240</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques.	
<b>A250</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires.	
<b>A260</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées ou à excaver.	
<b>A270</b>	Interprétation des résultats des investigations.	
<b>A300</b>	Analyse des enjeux sur les ressources en eau	
<b>A310</b>	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	
<b>A320</b>	<b>Analyse des enjeux sanitaires</b>	<b>X</b>
<b>A330</b>	Identification des options de gestion possibles et réalisation 'un bilan coûts/avantages	
<b>A400</b>	Dossiers de restriction d'usages ou de servitudes	

## **Annexe 2 : Introduction à l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) (5 pages)**

## Introduction à l'analyse des enjeux sanitaires<sup>1</sup>

### 1. POURQUOI UNE ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRE ?



L'analyse des enjeux sanitaires a été mise en place suite à différents **scandales sanitaires**, apparus suites à des **contaminations environnementales**.

Peuvent être cités en exemple :

- ▶ En 1955, est observée la maladie nommée par la population locale « aïe -aïe » au Japon, liée à une intoxication massive au cadmium de la population vivant à proximité d'une exploitation minière dans la préfecture de Toyama. Des problèmes osseux ainsi que rénaux sont apparus sur la population locale.
- ▶ En 1993, sont observés des cancers en Californie dans la population vivant autour de l'industrie PG&E, liée à une contamination des eaux potables par du chrome hexavalent.

Pour évaluer et anticiper de tels risques, des analyses de risques sanitaires sont réalisées.

### 2. QUAND EVALUER LES RISQUES SANITAIRES ?

L'analyse des enjeux sanitaires fait partie des outils de la démarche nationale de gestion de sites et sols pollués. Elle est réalisée quand une **contamination** sur un site est **identifiée**, et qu'un **risque** pour la santé de la population est **suspecté**. L'évaluation des risques peut être menée :

- ▶ en amont d'un projet (pour valider la compatibilité sanitaire d'un projet) ou en amont de la réalisation des travaux de dépollution (pour valider que les travaux de dépollution et les mesures de gestion préconisées permettent des niveaux de risque acceptables), il s'agira dans ce cas d'une **Evaluation Quantitative des Risques Sanitaire (EQRS)** ou d'une **Analyse des Risques Résiduels prédictive (ARR prédictive)** ;
- ▶ sur la base des concentrations mesurées sur le site après les travaux, on parle dans ce cas d'une **Analyse des Risques Résiduels post-travaux (ARR post travaux)** ;
- ▶ pour vérifier la compatibilité sanitaire entre la pollution observée et les usages constatés, on parle alors d'une **Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM)**.

Les études de risque sont réalisées selon des approches sécuritaires et majorante, en application du principe de prudence.

### 3. COMMENT EVALUER LES RISQUES SANITAIRES ?

Le risque sanitaire est évalué à partir de deux calculs : le calcul du **Quotient de Danger** et l'**Excès de Risque Individuel**.

## Introduction à l'analyse des enjeux sanitaires<sup>1</sup>

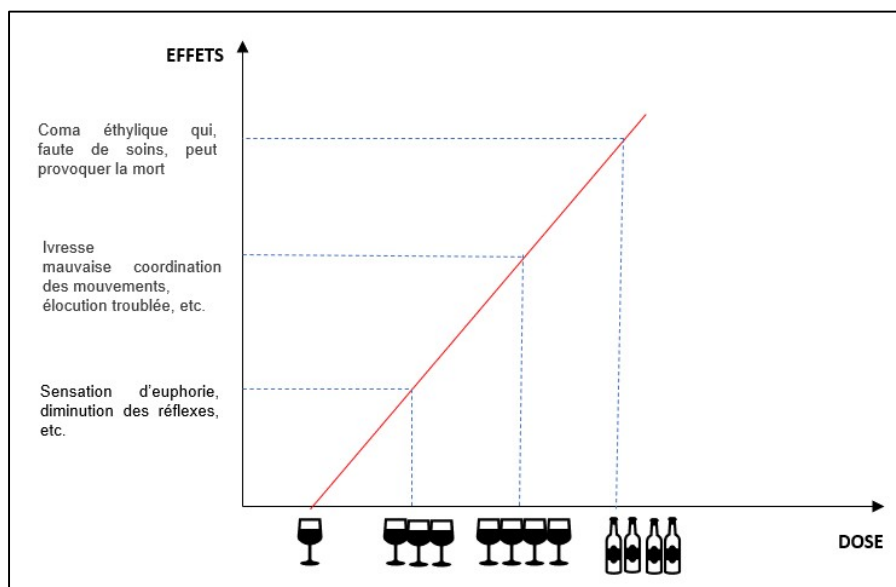
### Le Quotient de Danger (QD)

*Qu'est ce que c'est ?*

Le calcul du Quotient de Danger (QD) est également nommé calcul des effets « à seuil de dose ». La dénomination « à seuil de dose » est employée car il est considéré qu'à partir d'une certaine dose, un effet critique peut-être observée (relation dose-effet). L'objectif du QD est donc de déterminer si la dose à laquelle la cible est exposée peut générer un effet.

*Prenons un exemple...*

Prenons pour mieux comprendre en exemple la consommation d'alcool : au-delà d'un seuil de dose, fixé par exemple à la consommation d'un verre d'alcool sur une période donnée par exemple de 4h, on commence à observer des effets. Cela se traduit par le graphique relation dose-effet ci-après.



Pour calculer le quotient de danger, la formule suivante est utilisée :

$$\text{QD} = \frac{\text{Dose d'exposition}^1}{\text{Dose à partir de laquelle un effet toxique est observé (fixé au-delà d'un verre de vin dans le cadre de notre exemple sur une période de 4h)}^2}$$

<sup>1</sup> Dans les analyses des enjeux sanitaires, cela correspond à la DJE. Pour la voie d'exposition par inhalation, la DJE correspond à la dose inhalée dans l'air ambiant. Pour la voie d'exposition par ingestion, cela correspond à la dose ingérée généralement dans les sols ou l'eau, selon le milieu d'exposition.

<sup>2</sup> Dans les analyses des enjeux sanitaires, cela correspond à la VTR. Cette valeur est choisie parmi les VTR construites par les instances internationales ou nationales conformément à la note d'information DGS n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014.

## Introduction à l'analyse des enjeux sanitaires<sup>1</sup>

Plusieurs cas de figure sont étudiés ci-après.

**Cas 1** : la personne consomme sur une période de 4h moins de 1 verre de vin. Le calcul du quotient de danger se traduit de la façon suivante :

$$\text{QD} = \frac{\text{Consommation}}{\text{inférieure à } \text{verre}} < 1 \quad \checkmark$$

Dans le cas présent, la dose d'exposition est inférieure à la valeur seuil d'un verre de vin (DJE < VTR). Le Quotient de Danger est inférieur à 1. Il n'y aura pas/peu d'effet observé.

**Cas 2** : la personne consomme sur une période de 4h deux verres de vin. Le calcul du quotient de danger se traduit de la façon suivante :

$$\text{QD} = \frac{\text{verres}}{\text{verre}} > 1 \quad \times$$

Dans le cas présent, la dose d'exposition est supérieure à la valeur seuil d'un verre de vin (DJE > VTR). Le Quotient de Danger est supérieur à 1. Des effets peuvent être observés. Aussi, si l'on veut éviter d'observer un effet, des mesures de gestion sont à mettre en œuvre afin que la dose d'exposition soit inférieure à un verre de vin.

Le présent exemple a été réalisé pour un composé (l'alcool/éthanol), pour une voie d'exposition (ingestion). Dans les études de risque, les cibles sont généralement exposées à plusieurs toxiques. Si l'on reprend l'exemple précédent et conserver la même voie d'exposition, la cible pourrait consommer de l'alcool et prendre un médicament antidépresseur X. Pour prendre en compte les interactions entre les substances et l'éventuel cumul des effets (dans le cas présent, ce serait l'effet de sédation qui se verrait augmenté), le calcul du quotient de danger est réalisé pour chaque composé (dans notre exemple pour l'alcool et pour l'antidépresseur X), puis sont cumulés.

En complément, les substances n'ont pas le même effet selon la voie d'exposition. Par exemple les effets observés entre une personne qui inhale plusieurs verres d'alcool et celle qui les boit ne sera pas les mêmes. Aussi, le calcul des quotients de danger pour une substance donnée est réalisé pour chaque voie d'exposition. L'ensemble des quotients de danger sont cumulés.

## Introduction à l'analyse des enjeux sanitaires<sup>1</sup>

Dans le cas de notre exemple, le calcul du Quotient de Danger global pour une cible amenée à ingérer et inhaler de l'alcool et l'antidépresseur X serait le suivant :

$$QD \text{ Global} = QD_{\text{alcool ingestion}} + QD_{\text{antidépresseur X ingestion}} + QD_{\text{alcool inhalation}} + QD_{\text{antidépresseur X inhalation}}$$

La valeur du QD Global est comparée à 1.

### *Comment cela se traduit dans la présente étude ?*

Dans son étude, et conformément aux guides et à la réglementation en vigueur, SCE a procédé au calcul du QD pour chaque composé, pour chaque voie d'exposition, puis a procédé à l'additivité des quotients de danger pour calculer le QD global. La valeur de QD global a été comparée à la valeur de référence de 1 :<sup>3</sup>

- ▶ En deçà de cette valeur, les niveaux de risques sont jugés acceptables ;
- ▶ Au-delà de cette valeur, des effets peuvent être observés. Aussi, des mesures de gestion sont à mettre en œuvre (par exemple travaux de dépollution, mesures constructives).

## L'Excès de Risque Individuel

### *Qu'est-ce que c'est ?*

L'excès de Risque Individuel (ERI) est également nommé « effets sans seuil ». La dénomination « sans seuil » est employée car il n'y a pas de seuil qui détermine un effet. Plus on est exposé, plus le risque de voir apparaître un effet augmente. Ce calcul est utilisé pour évaluer les risques cancérogènes.

L'objectif de l'ERI est de déterminer si, à partir des teneurs estimées dans le milieu d'exposition, il existe un risque de voir apparaître des pathologies (cancers, ...) dans la population exposée en lien avec la pollution observée.

### *Prenons un exemple...*

Cela pourrait être comparé à la consommation de cigarette et le risque de voir apparaître un cancer du poumon. Plus la consommation de cigarette est élevée, plus le risque de voir apparaître un cancer est élevé.

Tout comme pour le quotient de danger décrit précédemment, l'exposition peut être à plusieurs polluants, et à plusieurs voies d'exposition. Par exemple, un fumeur pourrait employer régulièrement des produits phytosanitaires. Pour prendre en compte ces phénomènes, le cumul des expositions est réalisé. Si plusieurs voies d'exposition sont considérées, le cumul est également réalisé. Dans le cas de notre exemple (voie d'exposition par inhalation considérée), le calcul de l'ERI serait le suivant :

$$ERI \text{ global} = ERI_{\text{inhalation produits phytosanitaire}} + ERI_{\text{inhalation tabac}}$$

La valeur de l'ERI Global est comparée à  $1.10^{-05}$ . Cela signifie qu'une personne exposée durant la vie entière a une probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de 1 sur 100 000 de développer un cancer lié à la situation environnementale du site.

---

<sup>3</sup> Cette approche, sécuritaire, est cohérente avec celle menée par les agences réglementaires au niveau mondial. Cette approche est réalisée du fait de la difficulté à avoir des données sur la connaissance précise des mécanismes d'action des composés sur les différents organes cibles, et des interactions qui peuvent exister en cas de présence d'une multitude de polluants différents

## Introduction à l'analyse des enjeux sanitaires<sup>1</sup>

---

*Comment cela se traduit dans la présente étude ?*

Dans son étude, et conformément aux guides et à la réglementation en vigueur, SCE a procédé au calcul de l'ERI pour chaque composé, pour chaque voie d'exposition, puis a procédé à l'additivité des ERI pour calculer l'ERI global. La valeur d'ERI global a été comparée à la valeur de référence de  $1.10^{-05}$  :

- ▶ En deçà de cette valeur, les niveaux de risques sont jugés acceptables ;
- ▶ Au-delà de cette valeur, des effets peuvent être observés. Aussi, des mesures de gestion sont à mettre en œuvre (par exemple travaux de dépollution, mesures constructives).

**Annexe 3 : Composés et concentrations retenus, par milieu, pour l'analyse des enjeux sanitaires (2 pages)**

## Composés et concentrations retenus

---

### 1. JUSTIFICATION DU CHOIX DES COMPOSES

---

L'ensemble des concentrations mesurées dans les sols entre 0-0,3 m (hors données issues des tas qui seront évacués) a été retenue pour l'analyse des enjeux sanitaires.

Deux voies d'exposition sont étudiées :

- ▶ L'inhalation de vapeurs
- ▶ L'ingestion de sols et de poussières

#### ▶ Voie d'exposition par inhalation

Pour la voie d'exposition par inhalation, ce sont les concentrations maximales mesurées dans les sols qui ont été retenues. Ce choix a été réalisé, dans une approche sécuritaire et ce, en cohérence avec le principe de prudence, du fait que les teneurs maximales pourraient se trouver sous l'une des futures pièces du bâtiment.

Concernant les différents composés mesurés dans les sols :

- Pour les métaux, seul le mercure est volatil dans les Conditions Normales de Température de Pression (C.N.T.P). Aussi, ce composé a été retenu dès lors que les teneurs présentaient des valeurs supérieures au seuil ASPITET de 0.1 mg/kg. Sur la base des données disponibles dans la littérature<sup>1</sup>, seule une partie du mercure est volatil (mercure élémentaire et certains dérivés organiques tels que le diméthylmercure). En l'absence de données relatives à la spéciation du mercure, et en cohérence avec les données disponibles dans la littérature, une fraction de 5 % de la concentration maximale analysée en mercure a été retenue comme potentiellement inhalable.

#### ▶ Voie d'exposition par ingestion de sols et de poussières

Pour la voie d'exposition par ingestion, c'est la concentration moyenne, sur la profondeur 0-0.3 qui a été retenue pour le scénario parcs et jardins. Pour les deux autres scénarios, c'est la concentration maximale entre 0-0,3 m qui a été retenue.

---

<sup>1</sup> « Mercury study – Report to congress – USEPA » publié en décembre 1997 (EPA-4521R-97-005) et Spéciation du mercure dans les sols et dans les eaux de surface. Application au bassin versant de la Thur (Alsace). Sandrine REMY, 2002, Thèse ULP Strasbourg

# CALCUL DE RISQUE SANITAIRE

## Composés et concentrations retenus

### 2. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES COMPOSÉS RETENUS

Le tableau ci-après présente les teneurs retenues.

**Tableau 1 : Concentrations d'entrées retenues pour le calcul des risques**

**NR : Non retenu** (car non détecté, non recherché ou non pertinent)

Scénario	Habitation		Parcs et jardins		Habitation et agriculture urbaine	
Substances	Concentrations maximales dans les sols (en mg/kg)		Concentrations moyenne dans les sols (en mg/kg)		Concentrations maximales dans les sols (en mg/kg)	
Voie d'exposition étudiée	Inhalation de vapeurs issues des sols	Echantillon	Ingestion de sols et de poussières	Echantillon	Ingestion de sols et de poussières	Echantillon
<b>Métaux lourds</b>						
Arsenic	NR		30	Concentration moyenne	38	P22
Cadmium	NR		0,74		1,5	P21
Chrome	NR		NR		NR	
Cuivre	NR		104		318	P11
Mercure	0.085 (5% de 1.7)	P 21	0.85		1,7	P21
Nickel	NR		43		51.4	
Plomb	NR		287		1600	P19
Zinc	NR		225		293	-P16

**Annexe 4 : Feuille de transfert depuis les sols vers l'air ambiant  
intérieur (2 pages)**

## Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

### Model Description:

Source media: Unsaturated zone soil beneath a building

Johnson and Ettinger Indoor air model

Volatilization from unsaturated soil source to indoor air (onsite)

Unsaturated Zone Soil Source		
Thickness of contamination	m	3,0E-01
Length of source	m	1,0E+01
Width of source	m	1,0E+01
Soil bulk density	g/cm3	1,7E+00
Fraction organic carbon	g/g	2,0E-03

\*\*\*

Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,2E-01
Distance from source to building	m	1,5E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	1,5E+01
Fraction of cracks	-	1,0E-03
Porosity in cracks	cm3/cm3	2,5E-01
Water content in cracks	cm3/cm3	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	5,0E+00
Enclosed space floor width	m	2,0E+00
Enclosed space height	m	2,4E+00
Volume of building	m3	2,4E+01
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01
Length of foundation perimeter = 2 * (length + width of foundation)	m	1,4E+01
Depth of foundation	cm	1,5E+01
Pressure difference	g/cm-s2	4,0E+01
Permeability of soil to vapors	cm2	1,0E-08
***Volumetric flow rate of soil gas into building will be estimated from above input parameters.		

Unsaturated Zone Soil Source for Vapor Model		
Mercury (inorganic)	mg/kg	8,5E-02

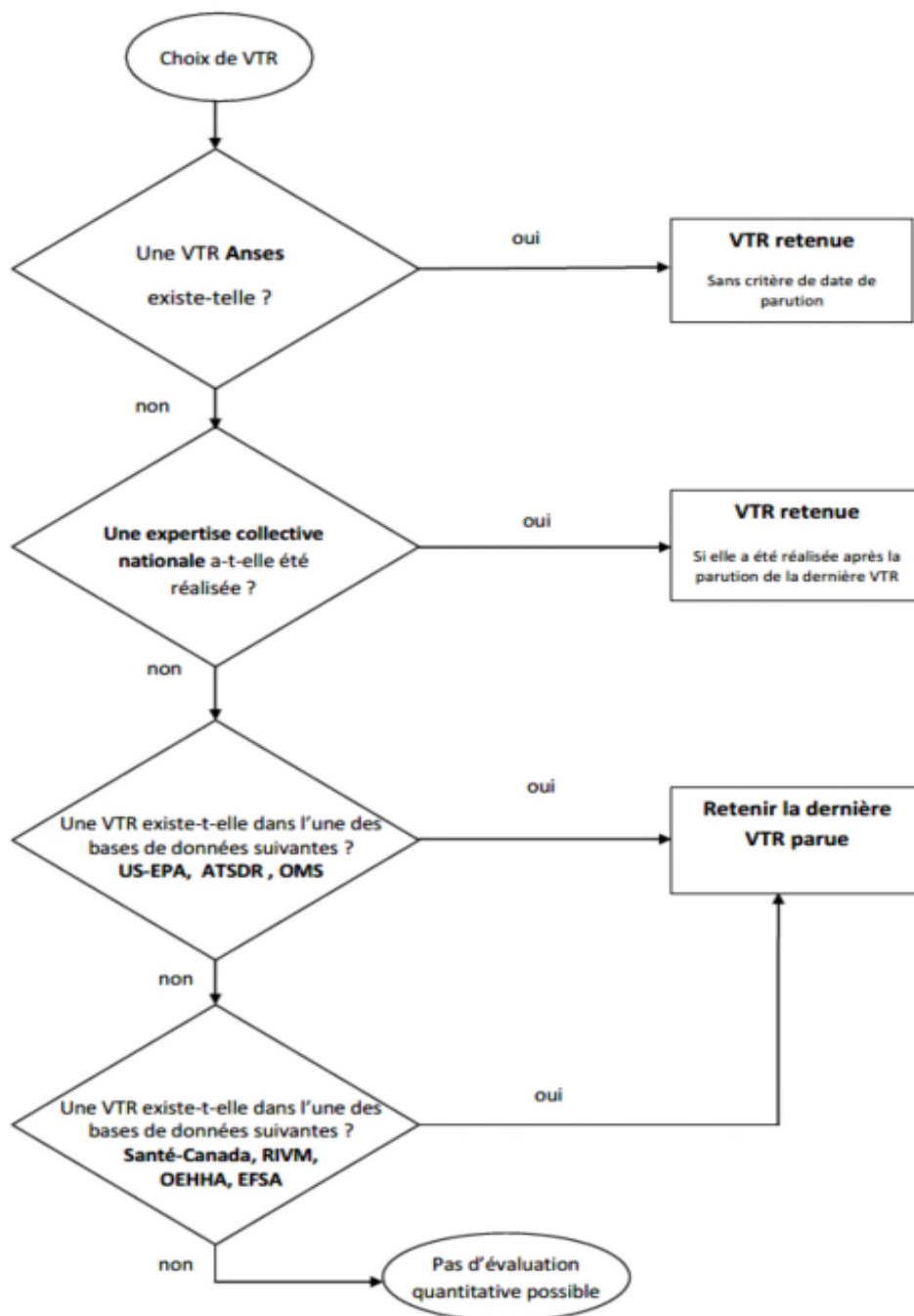
Chemical Properties	Units	Mercury (inorganic)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	3,1E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	6,3E-06
Solubility	mg/l	6,0E-02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	5,2E+01
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	ND
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	4,7E-01
Molecular weight	g/mol	2,0E+02

### Indoor air concentratio

Time (year)	Mercury (inorganic) (mg/m3)
0	6,7E-04
30	6,7E-04

## **Annexe 5 : Choix des VTR (5 pages)**

Logigramme : choix des VTR lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition



Source : Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 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

Tableau récapitulatif des données de toxicité pour la voie d'exposition par ingestion - effets à seuil

	Composé	Numéro CAS	VTR disponibles dans les bases de données		Année	Effets ou organe cible	VTR retenue selon note information DGS 31/10/2014 en mg/m3
			Organisme	RfDoral en mg/kg/j			
METAUX	Arsenic inorganique	7440-38-2	ATSDR	3,00E-04	2007	Peau	4,50E-04
			RIVM	1,00E-03	1999/2000	Peau	
	Cadmium	7440-43-9	OEHHA	3,00E-04	2005		3,60E-04
			ATSDR	1,00E-04	2012	Reins	
			RIVM	5,00E-04	1999/2000	Reins	
			USEPA (food)	1,00E-03	1994	Protéinurie	
			USEPA (water)	5,00E-04	1994	Protéinurie	
			OMS	7,00E-03	2005		
			EFSA/Choix INERIS 2013	3,60E-04	2011	Microglobulinurie	
	Cuivre	7440-50-8	OMS	5,00E-01	1982	-	1,50E-01
			RIVM	1,40E-01	1999/2000	-	
			EFSA/Choix INERIS 2019	1,50E-01	2018		
	Mercure	7439-97-6	OMS	2,00E-03	2008	-	6,60E-04
			RIVM	2,00E-03	199/2000	Troubles du développement	
			Health Canada	3,00E-04	2010		
			OEHHA	1,60E-04	2008		
			INERIS	6,60E-04	2013	Rein	
	Nickel métallique	7440-02-0	RIVM	5,00E-02	1999/2000	Perte de poids	2,80E-03
			EFSA/choix Anses et Ineris	2,80E-03	2015		
	Plomb	7439-92-1	RIVM	3,60E-03	1999/2000	Système nerveux central et cerveau	6,30E-04
			ANSES	15 µg/L	2012		
			OMS	3,50E-03	1999	-	
			EFSA	0,00063			
	Zinc	7440-66-6	ATSDR	3,00E-01	2005	Sang	3,00E-01
			RIVM	5,00E-01	1999/2000	Sang	
			USEPA	3,00E-01	2005	Sang	

- absence de données dans la littérature  
 \* R a seuil de dose pour les effets cancérogènes

organisme et VTR associée retenue

Tableau récapitulatif des données de toxicité pour la voie d'exposition par ingestion - effets sans seuil

	Composé	Numéro CAS	Organisme	VTR disponibles dans les bases de données	Année	Type de cancer ou organe cible	VTR retenue selon note information DGS 31/10/2014 en mg/m3
				Excès de risque unitaire par ingestion (ERUing ou Sfo) (mg/kg/j)-1			
METAUX	Arsenic inorganique	7440-38-2	USEPA/choix INERIS	1,50E+00	1997	Cancer de la peau	1,5
			OEHHA	9,5	2009	Cancers chez l'homme	
	Cadmium	7440-43-9	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	-	-	-	-	-
	Mercuré	7439-97-6	-	-	-	-	-
	Nickel métallique	7440-02-0	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	OEHHA	8,50E-03	2013	-	8,50E-03
	Zinc	7440-66-6	-	-	-	-	-

-  
\*

absence de données dans la littérature  
VTR a seuil de dose pour les effets cancérogènes

organisme et VTR associée retenue

Tableau récapitulatif des données de toxicité pour la voie d'exposition par inhalation - effets à seuil

	Composé	Numéro CAS	VTR disponibles dans les bases de données		Année	Effets ou organe cible	VTR retenue selon note information DGS 31/10/2014 en mg/m3
			Organisme	CRinh en mg/m <sup>3</sup>			
METAUX	Mercure	7439-97-6	ATSDR	2,00E-04	2001	Système nerveux	3,00E-05
			OMS	2,00E-04	2003		
			USEPA	3,00E-04	1995	Système nerveux	
			RIVM	2,00E-04	2001	Système nerveux	
			OEHHA	3,00E-05	2008	Système nerveux	
	-	absence de données dans la littérature		organisme et VTR associée retenue			

- absence de données dans la littérature  
 \* VTR a seuil de dose pour les effets cancérogènes

Tableau récapitulatif des données de toxicité pour la voie d'exposition par inhalation - effets sans seuil

	Composé	Numéro CAS	VTR disponibles dans les bases de données		Année	Effets ou organe cible	VTR retenue selon note information DGS 31/10/2014 en (µg/m3)-1
			Organisme	ERUinh en (µg/m3)-1			
METAUX	Mercure	7439-97-6	-	-	-	-	Absence de VTR

-absence de données dans la littérature

\*TR a seuil de dose pour les effets cancérogènes

organisme et VTR associée retenue

## **Annexe 6 : Feuilles de calcul des risques (18 pages)**

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE - Effets SANS seuil								VTR  (mg/m3)-1	Excès de risque individuel
	Conc. mg/m3	IR m3/h	CF h/j	EF j/an	ED ans	VR m3/j	AT jours	DJE mg/m3		ERI -
Métaux lourds		0,35	20	350	6	8,5	25550			0,00E+00
Mercury (inorganic)	6,73E-04	3,50E-01	2,00E+01	3,50E+02	6,00E+00	8,50E+00	2,56E+04	4,56E-05	-	

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE - Effets à seuil								VTR	Quotient de danger
	Conc.	IR	CF	EF	ED	VR	AT	DJE		QD
	mg/m3	m3/h	h/j	j/an	ans	m3/j	jours	mg/m3	mg/m3	-
		0,35	20	350	6	8,5	2190	-		
Métaux lourds										1,77E+01
Mercury (inorganic)	6,73E-04	3,50E-01	2,00E+01	3,50E+02	6,00E+00	8,50E+00	2,19E+03	5,32E-04	3,00E-05	1,77E+01

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	91	350	6	15	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>3,52E-05</b>	
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,89E-05	1,50E+00	2,84E-05	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,48E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,59E-04	-		
Mercure	1,70E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	8,48E-07	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,56E-05	-		
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,98E-04	8,50E-03	6,78E-06	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,46E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles enfants

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	91	350	6	15	2190	-		
Métaux lourds										1,54E+01
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,21E-04	4,50E-04	4,91E-01
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,73E-06	3,60E-04	2,42E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,85E-03	1,40E-01	1,32E-02
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	9,89E-06	6,60E-04	1,50E-02
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,99E-04	2,80E-03	1,07E-01
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	9,31E-03	6,30E-04	1,48E+01
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,70E-03	3,00E-01	5,68E-03

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE - Effets SANS seuil								VTR  (mg/m3)-1	Excès de risque individuel
	Conc. mg/m3	IR m3/h	CF h/j	EF j/an	ED ans	VR m3/j	AT jours	DJE mg/m3		ERI -
Métaux lourds		0,83	20	350	30	20	25550			0,00E+00
Mercury (inorganic)	6,73E-04	8,30E-01	2,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	2,00E+01	2,56E+04	2,30E-04	-	

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE - Effets à seuil								VTR	Quotient de danger
	Conc.	IR	CF	EF	ED	VR	AT	DJE		QD
	mg/m3	m3/h	h/j	j/an	ans	m3/j	jours	mg/m3	mg/m3	-
		0,83	20	350	30	20	10950	-		
Métaux lourds										1,79E+01
Mercury (inorganic)	6,73E-04	8,30E-01	2,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	2,00E+01	1,10E+04	5,36E-04	3,00E-05	1,79E+01

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	50	350	30	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>2,07E-05</b>	
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,12E-05	1,50E+00	1,67E-05	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,40E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	9,33E-05	-		
Mercuré	1,70E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,99E-07	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,51E-05	-		
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,70E-04	8,50E-03	3,99E-06	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	8,60E-05	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles adultes

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j	mg/kg/j	-
Paramètres	-	1,00E-06	50	350	30	70	10950	-		
Métaux lourds										3,90E-01
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,60E-05	4,50E-04	5,78E-02
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,03E-06	3,60E-04	2,85E-03
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,18E-04	1,40E-01	1,56E-03
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,16E-06	6,60E-04	1,76E-03
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,52E-05	2,80E-03	1,26E-02
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,10E-03	3,50E-03	3,13E-01
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,01E-04	3,00E-01	6,69E-04

### Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	15	350	6	15	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>3,90E-06</b>	
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,47E-06	1,50E+00	3,70E-06	
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	6,08E-08	-		
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	8,55E-06	-		
Mercure	8,50E-01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	6,99E-08	-		
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	3,53E-06	-		
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,36E-05	8,50E-03	2,01E-07	
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,85E-05	-		

# Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles enfants

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	15	350	6	15	2190	-		
Métaux lourds										5,20E-01
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,88E-05	4,50E-04	6,39E-02
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	7,10E-07	3,60E-04	1,97E-03
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	9,97E-05	1,40E-01	7,12E-04
Mercur	8,50E-01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,15E-07	6,60E-04	1,23E-03
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	4,12E-05	2,80E-03	1,47E-02
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,75E-04	6,30E-04	4,37E-01
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	1,50E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,16E-04	3,00E-01	7,19E-04

# Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	8,3	350	30	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>2,31E-06</b>	
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,46E-06	1,50E+00	2,19E-06	
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,61E-08	-		
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	5,07E-06	-		
Mercur	8,50E-01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,14E-08	-		
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	2,10E-06	-		
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,40E-05	8,50E-03	1,19E-07	
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,10E-05	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles adultes

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	8,3	350	30	70	10950	-		
Métaux lourds										1,92E-02
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,41E-06	4,50E-04	7,58E-03
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	8,41E-08	3,60E-04	2,34E-04
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,18E-05	1,40E-01	8,45E-05
Mercur	8,50E-01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	9,66E-08	6,60E-04	1,46E-04
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	4,89E-06	2,80E-03	1,75E-03
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,26E-05	3,50E-03	9,32E-03
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	8,30E+00	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,56E-05	3,00E-01	8,53E-05

### Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles employés

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	480	36	42	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>1,93E-05</b>	
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,22E-05	1,50E+00	1,83E-05	
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,00E-07	-		
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,22E-05	-		
Mercuré	8,50E-01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,45E-07	-		
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,74E-05	-		
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,16E-04	8,50E-03	9,90E-07	
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	9,13E-05	-		

### Risques par ingestion de sols - scénario par cet jardin (promenade) - cibles employés

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	480	36	42	70	15330	-		
Métaux lourds										1,14E-01
Arsenic	3,00E+01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	2,03E-05	4,50E-04	4,51E-02
Cadmium	7,40E-01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	5,00E-07	3,60E-04	1,39E-03
Cuivre	1,04E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	7,03E-05	1,40E-01	5,02E-04
Mercur	8,50E-01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	5,75E-07	6,60E-04	8,71E-04
Nickel	4,30E+01	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	2,91E-05	2,80E-03	1,04E-02
Plomb	2,87E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,94E-04	3,50E-03	5,55E-02
Zinc	2,25E+02	1,00E-06	4,80E+02	3,60E+01	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,52E-04	3,00E-01	5,07E-04

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	6	15	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>3,32E-05</b>	
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,78E-05	1,50E+00	2,68E-05	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,05E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,49E-04	-		
Mercuré	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,98E-07	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,41E-05	-		
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,51E-04	8,50E-03	6,39E-06	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,38E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles enfants

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	6	15	2190	-		
Métaux lourds										1,45E+01
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,08E-04	4,50E-04	4,63E-01
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,22E-06	3,60E-04	2,28E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,74E-03	1,40E-01	1,24E-02
Mercure	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	9,32E-06	6,60E-04	1,41E-02
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,82E-04	2,80E-03	1,01E-01
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,77E-03	6,30E-04	1,39E+01
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,61E-03	3,00E-01	5,35E-03

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	30	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>3,55E-05</b>	
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,91E-05	1,50E+00	2,87E-05	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,55E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,60E-04	-		
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	8,55E-07	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	2,59E-05	-		
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	8,05E-04	8,50E-03	6,84E-06	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,47E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles adultes

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	30	70	10950	-		
Métaux lourds										6,69E-01
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	4,46E-05	4,50E-04	9,92E-02
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,76E-06	3,60E-04	4,89E-03
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,73E-04	1,40E-01	2,67E-03
Mercuré	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,00E-06	6,60E-04	3,02E-03
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	6,04E-05	2,80E-03	2,16E-02
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,88E-03	3,50E-03	5,37E-01
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,44E-04	3,00E-01	1,15E-03

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles employés

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	480	220	42	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>1,75E-04</b>	
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	9,42E-05	1,50E+00	1,41E-04	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,72E-06	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,89E-04	-		
Mercuré	1,70E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,22E-06	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,27E-04	-		
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,97E-03	8,50E-03	3,37E-05	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,27E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles employés

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	480	220	42	70	15330	-		
Métaux lourds										2,36E+00
Arsenic	3,80E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,57E-04	4,50E-04	3,49E-01
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	6,20E-06	3,60E-04	1,72E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,31E-03	1,40E-01	9,39E-03
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	7,03E-06	6,60E-04	1,06E-02
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	2,12E-04	2,80E-03	7,59E-02
Plomb	1,60E+03	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	6,61E-03	3,50E-03	1,89E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,21E-03	3,00E-01	4,04E-03

## **Annexe 7 : Incertitudes (3 pages)**

## 1. DISCUSSION DES INCERTITUDES

Les principales incertitudes associées aux calculs de risques sanitaires sont liées :

1. aux composés et aux concentrations retenus ;
2. aux paramètres d'entrée du modèle de transfert ;
3. aux paramètres d'exposition pris en compte ;
4. aux Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ;
5. et au mode de calcul des QD et ERI.

Ces différents points sont présentés et discutés dans les paragraphes suivants.

## 2. COMPOSES ET CONCENTRATIONS RETENUS

### Inhalation de vapeurs à l'intérieur

En l'absence de données sur l'air intérieur des bâtiments, les calculs de risques par inhalation ont été réalisés à partir des données mesurées sur les sols.

**Les mesures réalisées sur les sols sont représentatives de l'état actuel des terrains et notamment de la qualité des remblais.**

Concernant le mercure, en l'absence de données gaz du sol, il a été considéré que 5% du mercure mesuré pouvait être volatil. Par retour d'expérience, cette approche est majorante.

Les concentrations maximales mesurées dans les sols ont été retenues pour renseigner les calculs de risques.

**Les composés retenus et les concentrations considérées pour les calculs de risques sanitaires par inhalation permettent donc de se placer dans des conditions majorantes. L'utilisation de données sols pour la modélisation des transferts est majorante. Aussi, l'acquisition de données gaz du sol au droit des concentrations maximales mesurées permettrait d'avoir des données plus précises et moins pessimistes.**

Concernant les concentrations retenues pour l'ingestion de sols et de poussières, ce sont les concentrations maximales qui ont été retenues pour le scénario résidentiel et le scénario agriculture urbaine. **Cette approche est majorante et sécuritaire.**

## 3. PARAMETRES DU MODELE DE TRANSFERT

### Modèle de transfert

Les concentrations attendues dans l'air intérieur des futurs bâtiments ont été estimées à partir des données mesurées dans les sols, à l'aide d'un modèle de transfert (RISC Workbench 5.0).

Pour les modélisations en intérieur, ce modèle a été paramétré de manière à intégrer les phénomènes de diffusion et de convection (approche sécuritaire et conforme aux recommandations de l'INERIS).

Les modèles mathématiques permettent de simuler les phénomènes de transferts depuis les sols et les gaz du sol vers l'air intérieur des bâtiments. Comme tout modèle mathématique, RISC workbench 5.0 utilise des équations qui tendent à représenter, en les simplifiant, les phénomènes complexes qui se déroulent dans les sols. Les modèles utilisés, basés sur les équations de Johnson et Ettinger, permettent d'estimer le transfert de substances volatiles depuis le sol vers l'air intérieur d'un bâtiment

Par retour d'expérience, les calculs de risques réalisés à partir des données brutes mesurées sur les sols sont majorants par rapport aux mêmes calculs menés à partir des données gaz du sol. De plus, l'approche basée sur les données sols intègre une étape de modélisation complémentaire (sol => gaz du sol) qui génère des incertitudes supplémentaires par rapport à l'approche basée sur les données gaz du sol.

Les principales incertitudes associées aux modèles utilisés sont associées à la prise en compte :

- ▶ d'une source de pollution considérée comme « infinie » dans le temps (absence d'atténuation naturelle des concentrations dans les sols et de biodégradation) et présente sous la totalité de la surface du volume considéré ;
- ▶ du paramétrage (fourni par défaut par le modèle) utilisé pour certaines données d'entrée qui ne sont pas quantifiables compte tenu des connaissances du moment ;
- ▶ d'une répartition uniforme des composés dans l'air dans l'ensemble du volume considéré (sans prise en compte des mouvements spécifiques des masses d'air à l'intérieur de celle-ci) ;

**Le logiciel utilisé est adapté à la modélisation des scénarii retenus (inhalation de vapeurs à l'intérieur) et son paramétrage retenu est conservateur, basé sur des données spécifiques au projet ou des données fournies par défaut par le logiciel.**

**La modélisation des transferts à partir des données sols est reconnue comme étant davantage sécuritaire par rapport à l'utilisation de données gaz du sol. Aussi, l'acquisition de données sur les gaz du sol permettrait d'affiner les modélisations, et donc les calculs de risques associés, et se rapprocher davantage de la réalité.**

### Nature du sol

D'une manière générale, le paramétrage du type de sol influence directement les résultats de la modélisation des transferts de vapeur vers l'air ambiant.

Les paramètres associés à la nature des sols retenus dans l'EQRS (porosité, teneurs en eau...) sont caractéristiques des sols rencontrés lors des investigations de terrain (sables).

**L'approche retenue est donc représentative de la nature des terrains rencontrés sur le site.**

### Profondeur de la source sol

A partir des données disponibles et des observations de terrain, nous avons retenu une profondeur de la source sol de 0,15 m.

**Cette approche est majorante mais reste cohérente avec les observations réalisées sur le terrain.**

### Dimension des aménagements

En l'absence de projet précis d'aménagement, pour renseigner le modèle de transfert vers l'intérieur des bâtiments, il a été considéré les hypothèses d'entrée suivantes :

- ▶ les dimensions d'une petite pièce (5x2 m, soit 10 m<sup>2</sup>) ;
- ▶ une hauteur sous plafond de 2,4 m en RDC ;
- ▶ un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol/h ;
- ▶ et une épaisseur de dalle de 15 cm.

**Ces hypothèses de paramétrage sont majorantes, tout en restant réalistes avec les modes de construction des bâtiments.**

## 4. PARAMETRES D'EXPOSITION

Le paramétrage du budget espace-temps (durée, fréquence d'exposition...) est dimensionnant puisqu'il influence directement le calcul des QD et des ERI. Afin de se placer dans une approche conservatoire (mais réaliste), l'exposition vie entière (70 ans) a été considérée pour les adultes et les enfants ainsi que les budgets espace-temps sélectionnés dans le cadre de l'étude.

Les volumes d'air inhalés par les adultes considérés sont de 0,83 m<sup>3</sup>/h (ces valeurs sont les valeurs proposées par la base de données CIBLEX établie par l'ADEME et par l'USEPA).

**Ces hypothèses de paramétrage sont majorantes, tout en restant réalistes avec les modes de fréquentation du site.**

## 5. VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

La sélection des relations dose-réponse a été réalisée 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 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 ».

La note mentionne qu'en l'absence de VTR pour une substance, une quantification des risques n'est pas envisageable.

**La sélection des VTR a été réalisée selon une démarche respectant la méthodologie de gestion des sites et sols pollués intégrant notamment les VTR les plus récentes proposées par l'ANSES et l'INERIS.**

Concernant le mercure, pour la voie inhalation, la valeur retenue pour les enfants correspond à celle de l'OEHHA ( $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) la plus sécuritaire parmi celles existantes, et qui prend notamment en compte un facteur d'incertitude de 10 pour tenir compte de la plus grande sensibilité des enfants.

Toutefois, pour les autres cibles qui sont des adultes, la prise en compte d'une VTR sécuritaire pour les enfants est pénalisante et peut paraître peu adaptée. Aussi, pour les calculs, la valeur de l'ATSDR de  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , présentant un facteur 10 en moins a été retenue, car paraît davantage adaptée, d'autant qu'il existe une forte incertitude sur les données considérées pour la modélisation du mercure volatil (fort risque de surestimation en considérant que 5% du mercure dans les sols est volatil, et la modélisation des transferts depuis les sols est pénalisante).

## 6. CALCUL DES QD ET ERI

L'acceptabilité des niveaux de risques calculés est celle usuellement retenue au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- ▶ pour les effets à seuil, le Quotient de Danger (QD) théorique doit être inférieur à 1 ;
- ▶ pour les effets sans seuil, l'Excès de Risque Individuel théorique (ERI) doit être inférieur à  $10^{-5}$ .

L'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition est réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel des connaissances, ces recommandations conduisent :

- ▶ pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- ▶ pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risques de cancer.

Dans la mesure où il subsiste des incertitudes quant à la connaissance des mécanismes d'action des composés sur les différents organes cibles et en accord avec le principe de précaution, il est préconisé :

- ▶ l'addition des quotients de dangers de l'ensemble des substances non cancérogènes ;
- ▶ l'addition des quotients de dangers de l'ensemble des substances cancérogènes à seuil de dose ;
- ▶ l'addition de tous les excès de risques pour l'ensemble des substances cancérogènes sans seuil de dose.

**Cette approche est majorante et cohérente avec celle menée par les agences réglementaires au niveau mondial (additivité des QD).**

## 7. CONCLUSION SUR LES INCERTITUDES

Plusieurs hypothèses d'entrée engendrent des incertitudes sur les calculs des risques sanitaires. Le choix est de se placer dans une approche conservatrice en retenant des hypothèses sécuritaires, tout en restant réalistes et cohérentes avec le projet de réaménagement :

- ▶ Les composés retenus et les concentrations considérées pour les calculs de risques sanitaires permettent de se placer dans des conditions majorantes – les concentrations maximales ont été considérées pour les calculs de risque ;
- ▶ La modélisation des transferts à partir des données sols vers l'air ambiant est pénalisante Les paramètres de modélisations retenus sont sécuritaires et majorants ;
- ▶ Les paramètres d'exposition retenus sont sécuritaires
- ▶ L'additivité des quotients de danger sans distinction liée à l'organe cible.

**Annexe 8 : CMA – feuilles de transfert et feuilles de calcul des risques (14 pages)**

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE - Effets SANS seuil								VTR  (mg/m3)-1	Excès de risque individuel
	Conc. mg/m3	IR m3/h	CF h/j	EF j/an	ED ans	VR m3/j	AT jours	DJE mg/m3		ERI -
Métaux lourds		0,35	20	350	6	8,5	25550			0,00E+00
Mercury (inorganic)		3,50E-01	2,00E+01	3,50E+02	6,00E+00	8,50E+00	2,56E+04	0,00E+00	-	

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE - Effets à seuil								VTR mg/m3	Quotient de danger	
	Conc.	IR	CF	EF	ED	VR	AT	DJE		QD	
	mg/m3	m3/h	h/j	j/an	ans	m3/j	jours	mg/m3		-	
		0,35	20	350	6	8,5	2190	-			
Métaux lourds											0,00E+00
Mercury (inorganic)		3,50E-01	2,00E+01	3,50E+02	6,00E+00	8,50E+00	2,19E+03	0,00E+00	3,00E-05		0,00E+00

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	91	350	6	15	25550	-			
<b>Métaux lourds</b>										<b>0,00E+00</b>	
Arsenic		1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	0,00E+00	1,50E+00	0,00E+00	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,48E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,59E-04	-		
Mercuré	1,00E-01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	4,99E-08	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,56E-05	-		
Plomb		1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	0,00E+00	8,50E-03	0,00E+00	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,46E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles enfants

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	91	350	6	15	2190	-		
Métaux lourds										1,51E-01
Arsenic		1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	0,00E+00	4,50E-04	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,73E-06	3,60E-04	2,42E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,85E-03	1,40E-01	1,32E-02
Mercur	1,00E-01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	5,82E-07	6,60E-04	8,81E-04
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,99E-04	2,80E-03	1,07E-01
Plomb		1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	0,00E+00	6,30E-04	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	9,10E+01	3,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,70E-03	3,00E-01	5,68E-03

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE - Effets SANS seuil								VTR  (mg/m3)-1	Excès de risque individuel
	Conc. mg/m3	IR m3/h	CF h/j	EF j/an	ED ans	VR m3/j	AT jours	DJE mg/m3		ERI -
Métaux lourds		0,83	20	350	30	20	25550			0,00E+00
Mercury (inorganic)		8,30E-01	2,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	2,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	-	

Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE - Effets à seuil								VTR	Quotient de danger
	Conc.	IR	CF	EF	ED	VR	AT	DJE		QD
	mg/m3	m3/h	h/j	j/an	ans	m3/j	jours	mg/m3	mg/m3	-
		0,83	20	350	30	20	10950	-		
Métaux lourds										0,00E+00
Mercury (inorganic)		8,30E-01	2,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	2,00E+01	1,10E+04	0,00E+00	3,00E-05	0,00E+00

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI
Paramètres	-	1,00E-06	50	350	30	70	25550	-		-
<b>Métaux lourds</b>										<b>0,00E+00</b>
Arsenic		1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	1,50E+00	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,40E-07	-	
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	9,33E-05	-	
Mercuré	1,00E-01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	2,94E-08	-	
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,51E-05	-	
Plomb		1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	8,50E-03	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	8,60E-05	-	

## Risques par ingestion de sols - scénario résidentiel - cibles adultes

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j	mg/kg/j	-
Paramètres	-	1,00E-06	50	350	30	70	10950	-		
Métaux lourds										1,78E-02
Arsenic		1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	0,00E+00	4,50E-04	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,03E-06	3,60E-04	2,85E-03
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,18E-04	1,40E-01	1,56E-03
Mercur	1,00E-01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	6,85E-08	6,60E-04	1,04E-04
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,52E-05	2,80E-03	1,26E-02
Plomb		1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	0,00E+00	3,50E-03	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	5,00E+01	3,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,01E-04	3,00E-01	6,69E-04

# Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	6	15	25550	-		-
<b>Métaux lourds</b>										<b>0,00E+00</b>
Arsenic		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	0,00E+00	1,50E+00	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,05E-07	-	
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,49E-04	-	
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	7,98E-07	-	
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	2,41E-05	-	
Plomb		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	0,00E+00	8,50E-03	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,56E+04	1,38E-04	-	

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles enfants

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	6	15	2190	-		
Métaux lourds										1,55E-01
Arsenic		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	0,00E+00	4,50E-04	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	8,22E-06	3,60E-04	2,28E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,74E-03	1,40E-01	1,24E-02
Mercure	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	9,32E-06	6,60E-04	1,41E-02
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	2,82E-04	2,80E-03	1,01E-01
Plomb		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	0,00E+00	6,30E-04	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	6,00E+00	1,50E+01	2,19E+03	1,61E-03	3,00E-01	5,35E-03

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	30	70	25550	-		-	
<b>Métaux lourds</b>										<b>0,00E+00</b>	
Arsenic		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	1,50E+00	0,00E+00	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,55E-07	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,60E-04	-		
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	8,55E-07	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	2,59E-05	-		
Plomb		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	8,50E-03	0,00E+00	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,47E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles adultes

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	200	150	30	70	10950	-		
Métaux lourds										3,33E-02
Arsenic		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	0,00E+00	4,50E-04	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	1,76E-06	3,60E-04	4,89E-03
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,73E-04	1,40E-01	2,67E-03
Mercure	1,70E+00	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	2,00E-06	6,60E-04	3,02E-03
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	6,04E-05	2,80E-03	2,16E-02
Plomb		1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	0,00E+00	3,50E-03	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	2,00E+02	1,50E+02	3,00E+01	7,00E+01	1,10E+04	3,44E-04	3,00E-01	1,15E-03

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles employés

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel	
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		ERI	
Paramètres	-	1,00E-06	480	220	42	70	25550	-			
<b>Métaux lourds</b>										<b>0,00E+00</b>	
Arsenic		1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	1,50E+00	0,00E+00	
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	3,72E-06	-		
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,89E-04	-		
Mercur	1,70E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	4,22E-06	-		
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	1,27E-04	-		
Plomb		1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	0,00E+00	8,50E-03	0,00E+00	
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	2,56E+04	7,27E-04	-		

## Risques par ingestion de sols - scénario agriculture urbaine - cibles employés

	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
Composé	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		QD
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1,00E-06	480	220	42	70	15330	-		
Métaux lourds										1,17E-01
Arsenic		1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	0,00E+00	4,50E-04	0,00E+00
Cadmium	1,50E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	6,20E-06	3,60E-04	1,72E-02
Cuivre	3,18E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,31E-03	1,40E-01	9,39E-03
Mercure	1,70E+00	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	7,03E-06	6,60E-04	1,06E-02
Nickel	5,14E+01	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	2,12E-04	2,80E-03	7,59E-02
Plomb		1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	0,00E+00	3,50E-03	0,00E+00
Zinc	2,93E+02	1,00E-06	4,80E+02	2,20E+02	4,20E+01	7,00E+01	1,53E+04	1,21E-03	3,00E-01	4,04E-03



**sce**

Aménagement  
& environnement

[www.sce.fr](http://www.sce.fr)

GROUPE KERAN