

SELA - LOIRE-ATLANTIQUE DEVELOPPEMENT

SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44) - ZAC DE LA MINAIS

PROJET D'AMENAGEMENT

MAITRISE DES POLLUTIONS ET DE LEURS IMPACTS D'UN POINT DE VUE SANITAIRE

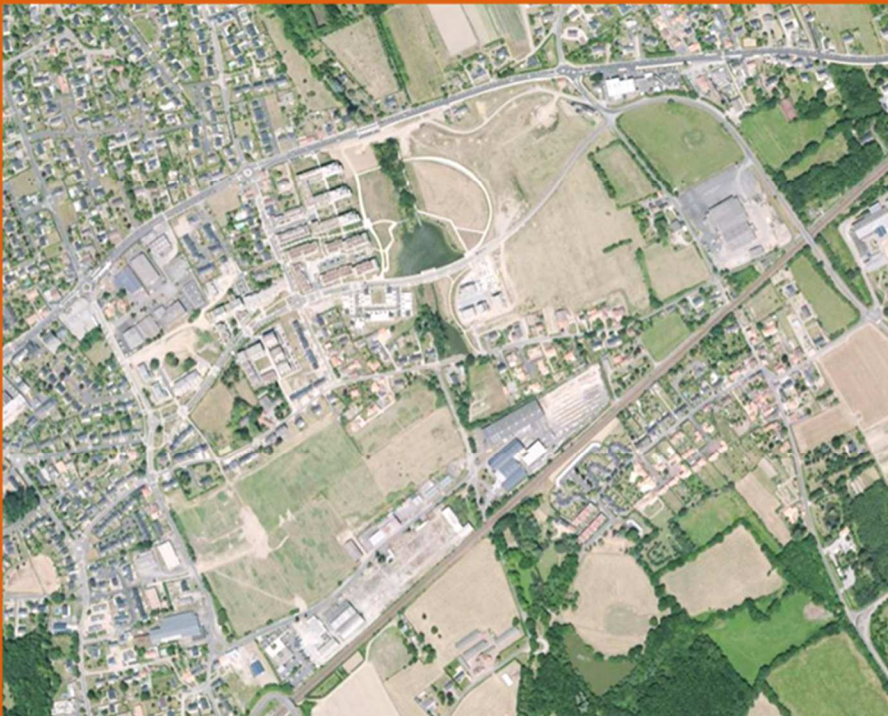
Rapport de Plan de gestion



Sela



Loire-Atlantique
développement






Emetteur ARCADIS
Agence de NANTES
17 Place Magellan
Le Ponant 2 - Zone Atlantis
BP 10121
44817 St Herblain Cedex
Tél. : +33 (0)2 40 92 19 36
Fax : +33 (0)2 40 92 76 20

Réf affaire Emetteur FR0116-002138 11-770

Chef de Projet Julien TOUTAIN

Chargée de projet Amélie SAUSSEREAU

Nombre total de pages 66 + annexes

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérfié par	Approuvé par
A01	07/06/2017	Première diffusion – approbation client	A.SAUSSEREAU J.DUCROCQ	A.BLUSSEAU L.CLEMENTELLE	J.TOUTAIN
A02	20/06/2017	Version définitive	A.SAUSSEREAU J.DUCROCQ	A.BLUSSEAU L.CLEMENTELLE	J.TOUTAIN E. PICHON
					

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.

Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

TABLE DES MATIERES

RESUME NON TECHNIQUE	8
1 INTRODUCTION ET CADRE	10
1.1 Cadre et objectifs de la prestation	10
1.2 Périmètre d'intervention	11
1.3 Cadre normatif et méthodologique général	12
2 RAPPEL DES DONNEES D'ENTREES	13
2.1 Description de la zone d'étude	13
2.2 Contexte environnemental	15
2.3 Caractéristiques chimico-environnementales des sols	15
3 DEFINITION DU SCHEMA CONCEPTUEL	20
3.1 Projet d'aménagement de la zone d'étude	20
3.2 Scénarios étudiés	20
3.3 Sources de pollutions	21
3.4 Voies de transferts et milieux d'exposition	21
3.5 Cibles potentielles	21
3.6 Voies d'exposition potentielles	21
3.6.1 Voies d'exposition retenues	21
3.6.2 Voies d'exposition non retenues	21
4 STRATEGIE D'ETUDE	23
5 MAITRISE DES SOURCES	24
6 MAITRISE DES IMPACTS SANITAIRES : EQRS	25
6.1 Méthodologie	25
6.2 Substances retenues pour les calculs de risques et concentrations utilisées	26
6.3 Modélisation des transferts	29
6.4 Calcul de l'exposition	30
6.4.1 Mode de calcul des DJE	30
6.4.2 Synthèse des paramètres d'exposition des cibles	30
6.4.3 Budget espace-temps	31
6.5 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	31
6.6 Synthèse des risques	32
6.6.1 Cas du scénario résidentiel	32
6.6.2 Cas du scénario espace vert	32
6.7 Conclusions sur la compatibilité sanitaire du site avec les usages projetés	33
7 SOLUTIONS DE GESTION DES RISQUES SANITAIRES – SCENARIO RESIDENTIEL	34

7.1	Méthodologie	34
7.2	Traitement complémentaire des pollutions	34
7.2.1	Définition des objectifs de réhabilitation dans les sols	34
7.2.2	Gestion sanitaire des terres problématiques en mercure	35
7.2.3	Gestion des terres problématiques en arsenic	37
8	SYNTHESE DES MESURES DE GESTION IDENTIFIEES SUR LE SITE	40
9	BILAN COUTS/AVANTAGES	42
9.1	Introduction au déroulement de l'étude et limites du bilan coûts/avantages proposé	42
9.2	Rappel de données utiles à la compréhension du bilan coûts/avantages	42
9.3	Etude des meilleures technologies de traitement disponibles (sols)	43
9.3.1	Approche préliminaire par famille de traitement	43
9.3.2	Approche par technique	45
9.3.3	Descriptif technique simplifié des technologies présélectionnées (sols)	47
9.3.4	Etude technico-économique des solutions pressenties	47
9.3.5	Discussion et choix de la technologie retenue	49
9.4	Conclusion du bilan coûts/avantages	50
10	INCERTITUDES	51
10.1	Incertitudes sur les concentrations prises en compte	51
10.1.1	Incertitudes liées à l'échantillonnage	51
10.1.2	Incertitudes sur la qualité des eaux souterraines	51
10.1.3	Incertitudes liées aux analyses d'hydrocarbures	51
10.1.4	Incertitudes sur les concentrations en mercure	52
10.1.5	Incertitudes liées à l'arsenic	52
10.2	Incertitudes entourant la sélection des VTR	52
10.2.1	Généralités sur la sélection des VTR	52
10.2.2	VTR des HAP	53
10.2.3	VTR du mercure	53
10.3	Incertitudes liées à la modélisation des transferts	54
10.3.1	Incertitudes liées au modèle RISC Workbench 5.0	54
10.3.2	Incertitudes liées à la nature des sols	54
10.4	Incertitudes sur les paramètres d'exposition	55
10.5	Conclusions sur les incertitudes	55
11	RAPPEL DES HYPOTHESES DE CALCUL	56
12	RECOMMANDATIONS	57
12.1	Garder la mémoire du site	57
12.2	Investigations complémentaires sur les eaux souterraines	57
12.3	Risques transitoires liés à la période de chantier	57

13 RESTRICTIONS D'USAGE ET SERVITUDES LIEES AUX MESURES DE GESTION	58
13.1 Suivi des travaux de remise en état environnemental	58
13.2 Gestion des déblais	60
14 MODELE DE FONCTIONNEMENT DU SITE	61
15 CONCLUSIONS	62
LISTE DES ANNEXES	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Impacts identifiés au droit de la ZAC	19
Tableau 2 : Concentrations d'entrée des calculs de risques	28
Tableau 3 : Paramètres de transfert retenus	29
Tableau 4 : Paramètres d'exposition retenus	30
Tableau 5 : Budget espace-temps retenus	31
Tableau 6 : Synthèse des risques – scénario résidentiel	32
Tableau 7 : Synthèse des risques – scénario espace vert	32
Tableau 8 : Seuils de réhabilitation calculés pour le traitement des terres impactées en mercure et en arsenic – usage résidentiel	34
Tableau 9 : Synthèse des risques, scénario industriel et commercial, seuils de réhabilitation	35
Tableau 10 : Surfaces et volumes des terres présentant une teneur en mercure supérieure à l'objectif de réhabilitation	36
Tableau 11 : Surfaces et volumes des terres présentant une teneur en arsenic supérieure à l'objectif de réhabilitation	39
Tableau 12 : Rappel des volumes concernés par le traitement des pollutions concentrées et de la gestion des risques sanitaires	40
Tableau 13 : Avantages et inconvénients des différentes techniques de dépollution des sols	44
Tableau 14 : Avantages et inconvénients des techniques de traitement des sols utilisables dans le cadre du présent projet	46
Tableau 15 : Estimations financières des différentes méthodes retenues pour le traitement des sols	49
Tableau 16 : Estimations financières des différentes méthodes retenues pour le traitement des sols	49
Tableau 17 : Incertitudes liées à la modélisation	54
Tableau 18 : Mesures de gestion et servitudes	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Périmètre objet de l'étude (IGN modifié, 2016)	11
Figure 2 : Projet d'aménagement (LAD SELA, 2017)	14
Figure 3 : Pédologie/Géologie simplifiée au droit de la ZAC de la Minais	15
Figure 4 : Localisation des impacts identifiés (ARCADIS, 2017)	18
Figure 5 : Principe de gestion des déblais - Terrassements en zones impactées en arsenic	38
Figure 6 : Modèle de fonctionnement	61

GLOSSAIRE

AEP :	Alimentation en Eau Potable
ARR :	Analyse des Risques Résiduels
ASPITET :	Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces
ATSDR :	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agence américaine)
BTEXN :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Naphtalène
CNTP :	Conditions Normales de Température et de Pression
COHV :	Composés Organo-Halogénés Volatils (solvants chlorés)
DJE :	Dose Journalière d'Exposition
DR :	Dose de Référence
EQRS :	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI :	Excès de Risque Individuel
ERU :	Excès de Risque Unitaire
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC :	Composés constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène uniquement. Ce terme est donc utilisé pour désigner les hydrocarbures dits « pétroliers », autrement dit les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques.
HCSP :	Haut Conseil de la Santé Publique
INERIS :	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
ISD :	Installation de Stockage des Déchets (I : Inertes, ND : Non dangereux, D : Dangereux)
LQ :	Limite de Quantification
Métaux :	Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn)
OEHA :	Office of Environmental Health Hazard Assessment (agence américaine)
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PCB :	PolyChloroBiphényles
PEHD :	PolyEthylène Haute Densité
Pz/PZ :	Piézomètre
QD :	Quotient de Danger
RDC :	Rez-de-chaussée
RIVM :	Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieu (agence hollandaise)
TEF :	Facteur d'équivalence toxicologique
UPDS :	Union des Professionnels de la Dépollution des Sols
US EPA :	United States Environmental Protection Agency
VTR :	Valeur Toxicologique de Référence

RESUME NON TECHNIQUE

ARCADIS a été missionnée par la SELA – Loire-Atlantique Développement pour caractériser la qualité environnementale des sols et proposer des mesures de gestion adaptées au droit du projet de ZAC de « La Minais » à SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44).

Dans ce cadre, le présent document a porté sur le **plan de gestion des pollutions et de leurs impacts sanitaires et environnementaux** sur le site de la ZAC. Il fait suite à la réalisation par ARCADIS d'un rapport de caractérisation de la qualité des sols concernant le même périmètre.

Conformément à la méthodologie en vigueur, la définition des pollutions concentrées a été réalisée. Il a ainsi été mis en évidence la présence d'un impact en hydrocarbures. Une analyse des enjeux sanitaires a été réalisée, afin de vérifier si le site, après traitement des pollutions concentrées, serait compatible d'un point de vue sanitaire avec les usages futurs envisagés. Cette analyse a été réalisée pour un usage résidentiel (scénario le plus pénalisant – intègre les scénarios fréquentation des établissements publics et parcs publics ainsi que culture potagère dans les jardins destinés à cet effet) ainsi que pour un scénario espaces verts et ce, conformément au projet d'aménagement. Pour l'étude de ces scénarios, les voies d'expositions par ingestion de sols et de poussières (voie d'exposition qui intègre l'ingestion de légumes), ainsi que par inhalation de vapeurs, ont été considérées.

Il a ainsi été mis en évidence des niveaux de risques supérieurs aux valeurs seuils en vigueur ponctuellement, pour le scénario résidentiel, liés à l'ingestion d'arsenic présent dans les sols superficiels, ainsi que par inhalation de vapeurs de mercure en intérieur. Les niveaux de risques sont restés acceptables pour le scénario entretien des espaces verts. Aussi, une valeur guide de réhabilitation en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ (maîtrise des pollutions concentrées) ainsi que des objectifs de réhabilitation en mercure et en arsenic (maîtrise des risques sanitaires) ont été définis pour le scénario résidentiel :

- **Hydrocarbures C₁₀-C₄₀** : valeur guide fixé arbitrairement à **500 mg/kg**, correspondant au seuil d'acceptation des terres en ISDI ;
- **Mercure** : objectif de réhabilitation fixé à **0,1 mg/kg** pour les sols localisés sous les futurs bâtiments ;
- **Arsenic** : objectif de réhabilitation fixé à **110 mg/kg** dans les sols superficiels hors emprise des futurs bâtiments et voiries (sols superficiels considérés sur 0,5 m dans les zones d'espaces verts/parc, et 1 m dans le cadre des jardins privés). Cette valeur correspond à la valeur intermédiaire du bruit de fond, définies dans rapport de diagnostic ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01 du 31/05/2017 selon les normes en vigueur ;

Sur ces bases, des mesures de gestion hors site ont été proposées et sont les suivantes :

- **Hydrocarbures C₁₀-C₄₀**, le bilan coûts/avantages a permis d'estimer le coût de traitement de la pollution concentrée, présentant un volume de terres estimé entre 45 à 75 m³. Il apparaît comme étant le plus judicieux de procéder à **un envoi des terres impactées hors site en biocentre. Le coût estimatif, sur la base des volumes estimatifs calculés, serait compris entre 14 000 et 18 000 euros HT.**
- **Mercure et arsenic**, excavation et envoi hors site des terres impactées en ISDI (volume estimé entre 7 500 et 12 250 m³). **Le coût associé est estimé entre 160 000 et 300 000 euros H.T.**

Précisons que, dans le cadre du projet d'aménagement, il est actuellement estimé qu'environ 95 000 m³ de matériaux devront être évacués hors site (déblais excédentaires). Ainsi, une partie du volume pourra être valorisée dans le cadre de la substitution des terres pollués terrassées :

- au droit de la zone de pollution concentrées en hydrocarbures après traitement de cet impact ;
- sous bâtiment en cas de contamination par le mercure sous les futurs bâtis ;
- hors zone de voirie et bâtie (terrassément déjà inclus dans le projet) dans le cas de l'arsenic.

Les terres problématiques d'un point de vue sanitaire (cas des terres impactées par du mercure et de l'arsenic) pourraient donc être gérées dans le cadre des travaux d'aménagement sans générer de surcoûts liés à une évacuation spécifique.

La gestion globale des déblais du site, hors pollution concentrée à traiter, est étudiée et fait l'objet d'un rapport dédié 16-002138-AMO-11301-PGD-A01.

Le plan de localisation des zones concernées par les mesures de gestion est présenté en annexe.

Par la mise en œuvre de ces mesures, l'impact sanitaire et l'impact environnemental de la pollution des sols actuellement constatés seront donc maîtrisés.

Les hypothèses, recommandations, restrictions d'usage et servitudes énoncées aux paragraphes 11, 12 et 13 devront être respectées.

1 INTRODUCTION ET CADRE

1.1 Cadre et objectifs de la prestation

ARCADIS a été missionnée par la SELA – Loire-Atlantique Développement pour **caractériser précisément la qualité environnementale des sols et proposer des mesures de gestion** adaptées au droit du projet de ZAC de « La Minais » à SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44).

Cette demande intervient suite à la **réalisation d'investigations environnementales sur les sols dans le périmètre de la ZAC**, d'abord par SCE en 2013, puis par ARCADIS en 2017 (rapport ARCADIS n°16-002138-AMO-11101-RPT-B01), qui ont mis en évidence :

- **une contamination ponctuelle et superficielle en hydrocarbures C₁₀-C₄₀** ;
- **la présence ponctuelle de mercure** dans les sols superficiels Ce composé peut être problématique d'un point de vue sanitaire pour la voie d'exposition par inhalation ;
- **la présence d'arsenic dans les sols de manière naturelle** dans les différents horizons du sol avec des anomalies fortes à modérées par rapport au référentiel national Aspitet,
- **la présence d'arsenic anthropique dans les sols**, par l'utilisation probable de produits arséniés (traitement phytosanitaire) dans le cadre d'activités de maraîchage, les zones d'impacts apparaissent circonscrites et limitées aux terrains superficiels.

Le projet d'aménagement au niveau de la ZAC prévoit la création :

- d'équipements publics et de services (école, skate parc, city stade) ;
- de zones résidentielles (lotissements) constituées de lots d'habitations de type pavillon individuel avec jardin privatif et dans une moindre mesure d'habitats collectifs ;
- de voiries et d'équipements de gestion des eaux pluviales ;
- d'espaces verts dont un parc principal et des jardins familiaux.

Dans ce contexte particulier, **et conformément aux recommandations du rapport d'investigations environnementales**, les objectifs d'ARCADIS sont de **proposer une gestion optimisée des problématiques mises en évidence** :

1. **Etablissement d'un plan de gestion concernant les pollutions** représentant une contrainte sanitaire (gestion des pollutions concentrées et des impacts sanitaires) ;
2. **Etablissement d'un plan de gestion des terres excavées** (hors pollutions concentrées) dans le but de proposer des solutions de gestion opérationnelles, adaptées au contexte du projet et optimisées. Cette thématique constitue un enjeu majeur pour l'équilibre financier de l'opération et doit être au cœur des réflexions d'aménagement.

Le présent rapport porte sur le premier point, relatif à l'établissement d'un **plan de gestion concernant les pollutions et leurs impacts**. Les objectifs du plan de gestion sont :

- d'identifier les pollutions concentrées du site, dont la faisabilité technique et économique du traitement doit être envisagée au travers d'un bilan coûts/avantages ;
- de vérifier la compatibilité sanitaire du site avec les usages futurs envisagés ;
- si nécessaire, de déterminer les mesures de gestion des risques sanitaires permettant de rendre le site compatible avec l'usage ;
- de réaliser un bilan coûts/avantages des différentes mesures de gestion ;
- de fournir le modèle de fonctionnement du site ;
- de maîtriser les impacts environnementaux résiduels après traitement des pollutions concentrées par, notamment, la mise en place d'un suivi environnemental adapté.

Ce rapport ne traite pas de la gestion des déblais (hors pollution concentrées) qui seront générés dans le cadre du projet de réaménagement. Cet aspect est traité et présenté dans un rapport distinct (rapport ARCADIS 16-002138-AMO-11301-PGD-A01).

1.2 Périmètre d'intervention

Le projet d'aménagement est localisé à l'est de SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44). Toutefois, l'objet de la présente étude ne correspond qu'à une partie de cette emprise et est divisé en 5 secteurs :

- **Secteur Sud (secteur 1) :** Emprise d'environ 10 ha déjà investiguée par SCE ;
- **Secteurs Sud-Est (secteur 2) et secteur Nord-Est (secteur 3) :** Terrains en friche d'environ 7 ha non investigués par le passé ;
- **Secteur du parc (secteur 4) :** Tas de déblais généré par l'aménagement du parc au Sud-Ouest ;
- **Futurs jardins familiaux (secteur 5) :** Terrain en friche d'environ 0,6 ha non investigué par le passé.



Figure 1 : Périmètre objet de l'étude (IGN modifié, 2016)

1.3 Cadre normatif et méthodologique général

Notre étude a été réalisée conformément aux prescriptions et méthodologies décrites dans :

- notre offre technique et financière, ref.16-2138-OFR_03002-OFR-B01 en date du 24/01/2017 ;
- les circulaires du 8 février 2007 de la Ministre de l'Ecologie concernant les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués et la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués (mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007) ;
- le guide "Diagnostic de site" version 0 du 08/02/07 du Ministère en charge de l'Environnement (actuellement MEEM) ;
- la norme NF X 31-620-2 intitulée "Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle", publiée par l'AFNOR en juin 2011 et révisée en août 2016.
Les prestations à réaliser correspondent en tout ou partie à :
 - Analyse des enjeux sanitaires (A320)
 - Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages (A330)

Le champ d'application de la présente étude est également celui du référentiel de certification LNE « Certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués » (www.lne.fr) pour lequel ARCADIS a obtenu la certification sur les domaines :

- « Etudes, Assistance et Contrôle » : Certificat n°24141 révision 1, valable jusqu'au 19 septembre 2018
- § « Ingénierie des travaux de réhabilitation » : Certificat n°24143 révision 1, valable jusqu'au 19 septembre 2018
- § « Exécution des travaux de réhabilitation » : Certificat n°30039 révision 0, valable jusqu'au 19 septembre 2018.

2 RAPPEL DES DONNEES D'ENTREES

L'ensemble des données relatives aux investigations environnementales menées sur le site d'étude sont présentées dans le **rapport ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01**. Aussi, pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer à ce document.

Une synthèse succincte de ce diagnostic est présentée ci-après.

2.1 Description de la zone d'étude

Zone d'étude et environnement

(cf. Figure 1)

Localisation : ZAC de la Minais, localisée à l'est du territoire communal de SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44) en zone mixte (résidentielle et industrielle)

Zone d'étude : partie de l'emprise de la ZAC, divisée en **5 secteurs** :

- Secteur Sud-Ouest de la ZAC (secteur 1)
- Secteur Sud-Est de la ZAC (secteur 2)
- Secteur Nord-Est de la ZAC (secteur 3)
- Secteur du Parc (secteur 4)
- Futurs jardins familiaux (secteur 5)

Altitude : +9 à +12 m NGF, légère pente vers le sud.

Etat actuel : zones enherbées, non exploitées avec quelques particularités pour certains secteurs :

- sur le secteur Sud : présence de quelques infrastructures (vestiges des activités historiques) ;
- sur le secteur Nord-Est : présence de merlons et tas de terre générés par l'aménagement récent des environs (école, bâtiment d'habitation) ;
- sur le secteur du parc : ce secteur correspond à un stock de déblais provenant de l'aménagement du parc situé immédiatement de la zone de dépôt.

Anciennes activités : terrains de tradition maraîchère

Projet d'aménagement

(cf

Figure 2)

- des équipements publics et des services (école, skate-park, city stade, ...) ;
- des zones résidentielles (lotissement) constituées de lots d'habitations de type pavillon individuel avec jardin privatif et d'habitats collectifs ;
- des voiries et des équipements de gestion des eaux pluviales ;
- des espaces verts dont un parc principal et des jardins familiaux.



Figure 2 : Projet d'aménagement (LAD SELA, 2017)

2.2 Contexte environnemental

Pédologie / Géologie

Les terrains suivants sont successivement rencontrés depuis la surface :

- terre végétale composée principalement de limons sableux (épaisseur moyenne de 0,3 m) ;
- limons plus ou moins sableux marqués par la présence de marbrures orangés et grises (signes d'hydromorphie) sur une épaisseur moyenne de 1,4 m. Ces limons correspondent à la partie inférieure du fluviolosol ;
- sables ocre à cailloutis, plus ou moins limoneux sur une épaisseur moyenne de 1,4 m. Cet horizon correspond aux alluvions ;
- schistes, qui correspondent au substratum rocheux. Le schiste a été rencontré en partie sud de la ZAC uniquement.

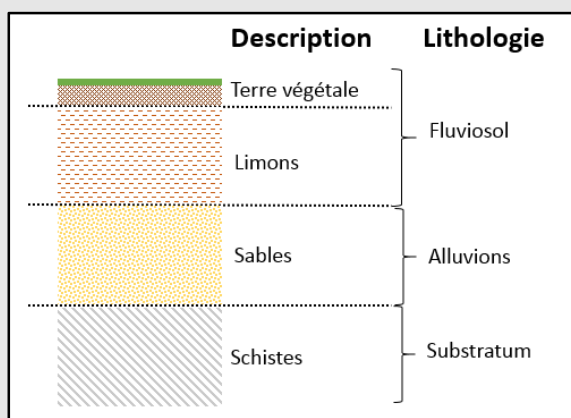


Figure 3 : Pédologie/Géologie simplifiée au droit de la ZAC de la Minais

Hydrogéologie

3 contextes hydrogéologiques identifiés :

- **la nappe d'accumulation** : les sondages réalisés ont permis de mettre en évidence de façon ponctuelle la présence d'accumulations d'eau de ruissellement dans l'horizon superficiel ;
- **la nappe superficielle** : contenue dans les formations géologiques récentes (formations alluviales de la Loire). D'après les informations recueillies sur le site Infoterre, le toit de la nappe est estimé à une profondeur d'environ 2 m. Compte-tenu de la topographie et de la proximité de la Loire, le sens d'écoulement général des eaux souterraines serait plutôt orienté vers le sud, en direction de la Loire ;
- **la nappe de socle** : présente dans les schistes, formations généralement peu perméables, la ressource est de manière générale répartie de façon très hétérogène car les eaux souterraines y circulent principalement à la faveur de fractures.

Aucune donnée sur la qualité des eaux souterraines (vulnérables, potentiellement sensibles) n'est disponible à ce stade.

2.3 Caractéristiques chimico-environnementales des sols

Général

- les terrains sont **inertes**, à l'exception des terres localisées au cœur d'un impact en hydrocarbure au droit de l'ancienne chaufferie (secteur Sud). Problématique arsenic (enrichissement naturel) confirmée au droit de la ZAC.

Pollution organique

- Présence d'un impact localisé et ponctuel **en hydrocarbure C₁₀-C₄₀** de type Gazole/FOD au droit de l'ancienne chaufferie (secteur Sud), délimité verticalement et horizontalement ;
























**Problématique
 métallique**

- **l'arsenic** est présent dans les sols de manière **naturelle** dans les différents horizons du sol avec :
 - des anomalies naturelles fortes en arsenic dans le substratum rocheux (schiste). La valeur de fond est de l'ordre de 230 mg/kg dans cet horizon ;
 - les alluvions reposant sur les schistes présentent également des anomalies en arsenic, plus modérées, probablement liés à la relation entre le substratum et les alluvions (transport de l'arsenic via la nappe alluviale). La valeur de fond est de l'ordre de 83 mg/kg dans cet horizon ;
 - le fluvisol inférieur, composé de limons, concentre l'arsenic de manière plus accrue que l'horizon sous-jacent des alluvions, plus sableux. Ceci peut s'expliquer par les caractéristiques pédologiques, physico-chimiques et hydrodynamiques propres aux limons en place. La valeur de fond est de l'ordre de 110 mg/kg dans cet horizon ;
 - le fluvisol supérieur (terre végétale) présente des teneurs moyennes et médianes plus faibles et de l'ordre de la valeur de comparaison ASPITET. La valeur de fond est de l'ordre de 46 mg/kg dans cet horizon.

La valeur de bruit de fond naturelle pour les sols de surface (fluvisol et alluvions) retenue pour l'arsenic dans le cadre de l'étude est comprise entre 46 et 110 mg/kg. La valeur du bruit de fond du schiste n'a pas été considérée compte tenu de la faible représentativité des données d'entrée (valeur discutable), et dans la mesure où ce type de lithologie devrait, dans le cadre du réaménagement du site, rester en profondeur (au-delà de 1 m) sous couverture du fluvisol puis des alluvions, conformément à la lithologie observée sur le site. Toutefois, cette valeur est à garder en mémoire.

- **l'arsenic** est probablement localement présent de manière **anthropique** par l'utilisation de produits arsenicaux. En effet, l'analyse comparative sur la répartition de l'arsenic, du plomb et du cuivre, paramètres entrant dans la composition des produits phytosanitaires (potentiellement utilisés dans le cadre de l'activité historique du site) a montré des zones d'impacts bien identifiées et liées à l'activité humaine.
- Une anomalie ponctuelle en **zinc** à associer avec la contamination anthropique en arsenic identifiée en F11 (0-1).
- Deux contaminations ponctuelles **en cuivre**, dont l'une d'entre elle est à associer avec la contamination anthropique en arsenic identifiée en F11 (0-1).
- La présence de mercure (composé volatil) est également mise en évidence.
- La présence de HAP et de PCB à l'état de trace.

L'ensemble des impacts sont identifiés sur la carte en **Figure 4** et décrit dans le **Tableau 1**. La légende est fournie ci-dessous :

Périmètre de la ZAC de la Minais	Investigations antérieures (SCE, 2013)	Occupation du sol
 ZAC de la Minais	 Sondage à la pelle mécanique	 Bâti
 Secteur Sud	 Sondage à la tarière manuelle	 Parcelle individuelle
 Secteur Sud-Est	 Sondage à la tarière mécanique	 Accessibilité bâti
 Secteur Nord-Est	Investigations réalisées (Arcadis, 2017)	 Bâti collectif
 Parc	 Sondage à la pelle mécanique	 Accessibilité bâti collectif
 Jardins familiaux	Surface impactée (origine potentielle)	 Complexe sportif
	 Impact en métaux (As, Cu, Pb) d'origine anthropique	 Voirie
	 Zone d'anomalie naturelle en arsenic	 Espaces verts
	 Impact organique d'origine anthropique	 Parc
		 Jardins familiaux

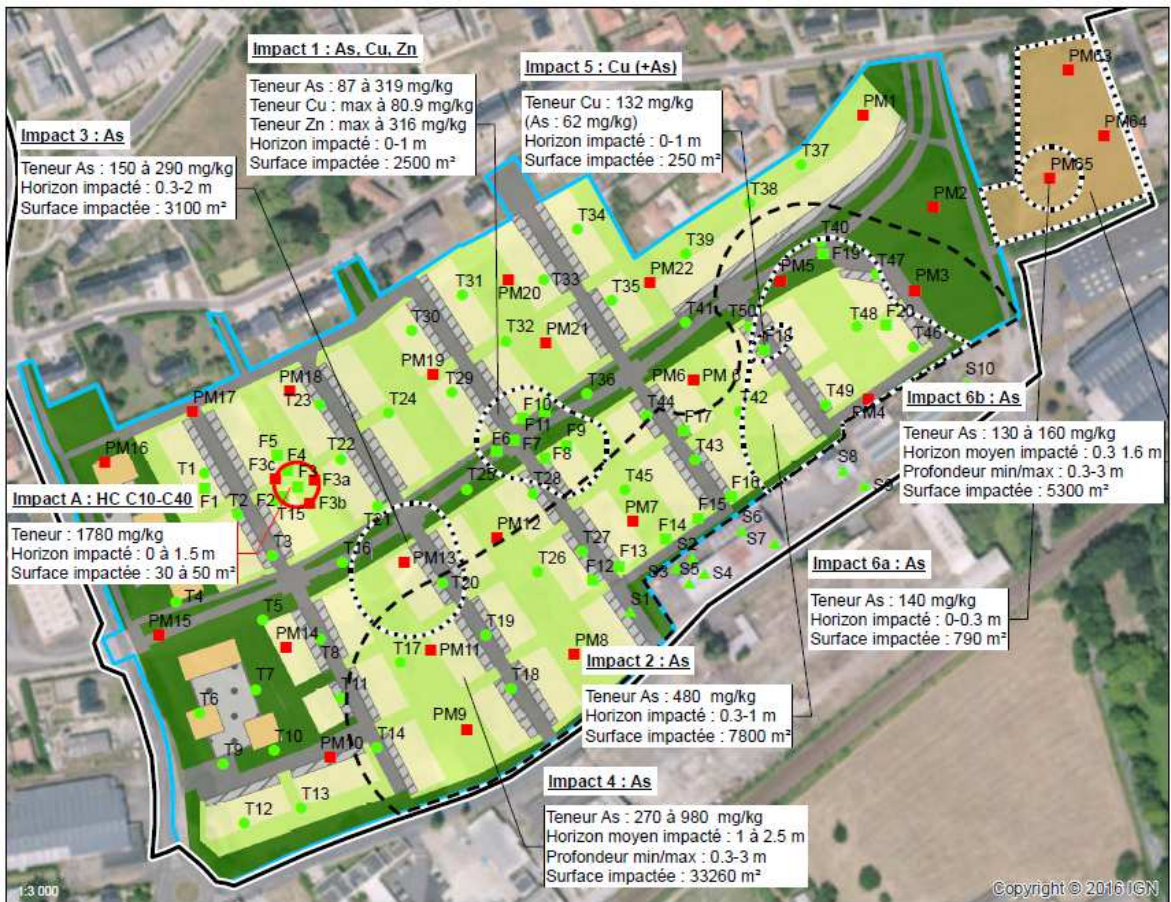
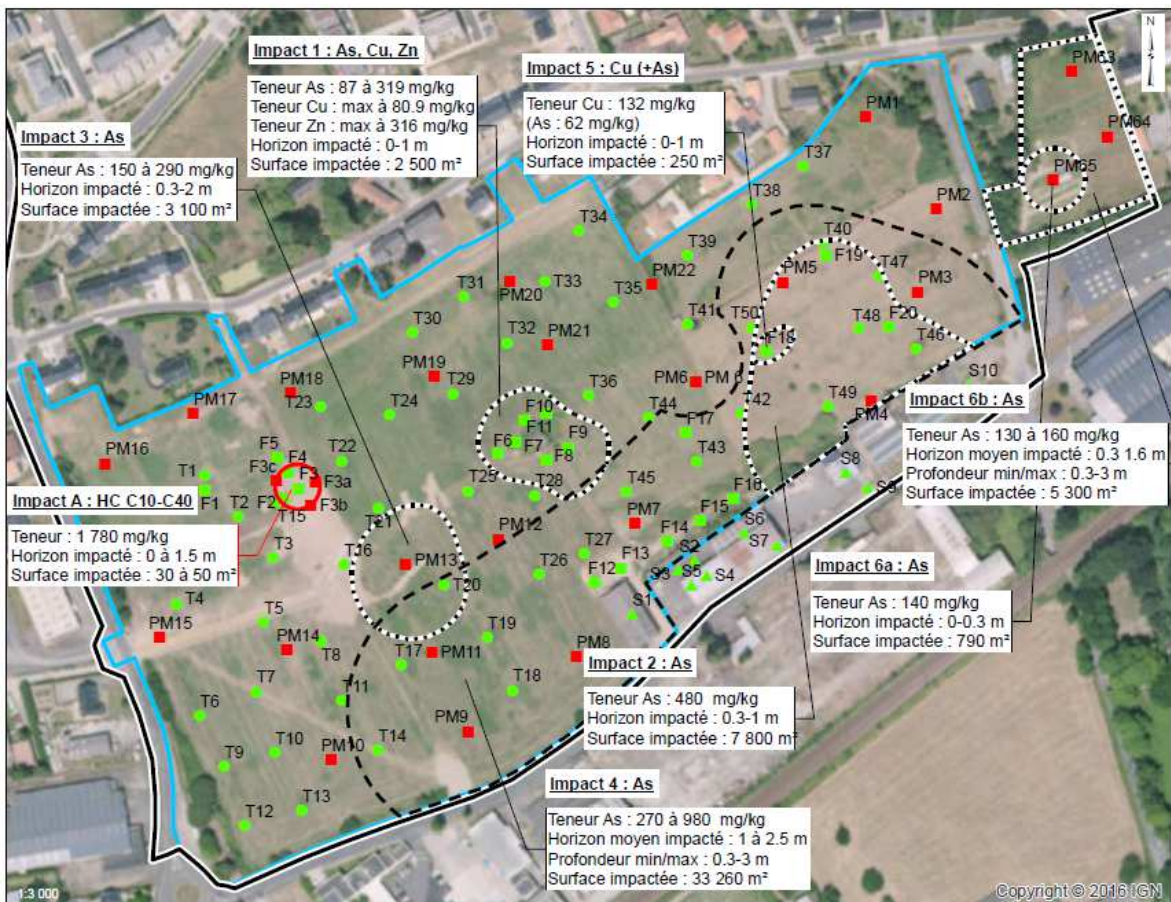


Figure 4 : Localisation des impacts identifiés – secteurs Sud et Jardins Familiaux (ARCADIS, 2017)

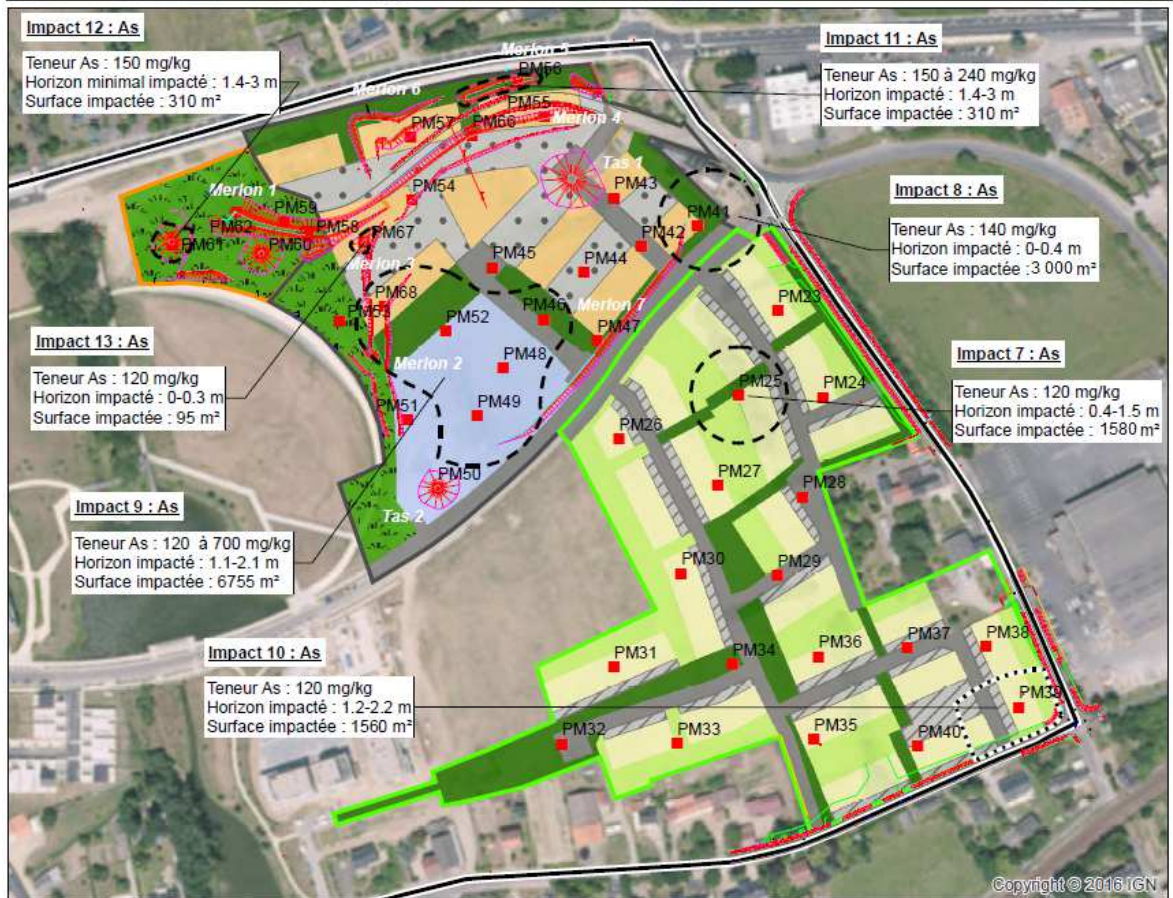
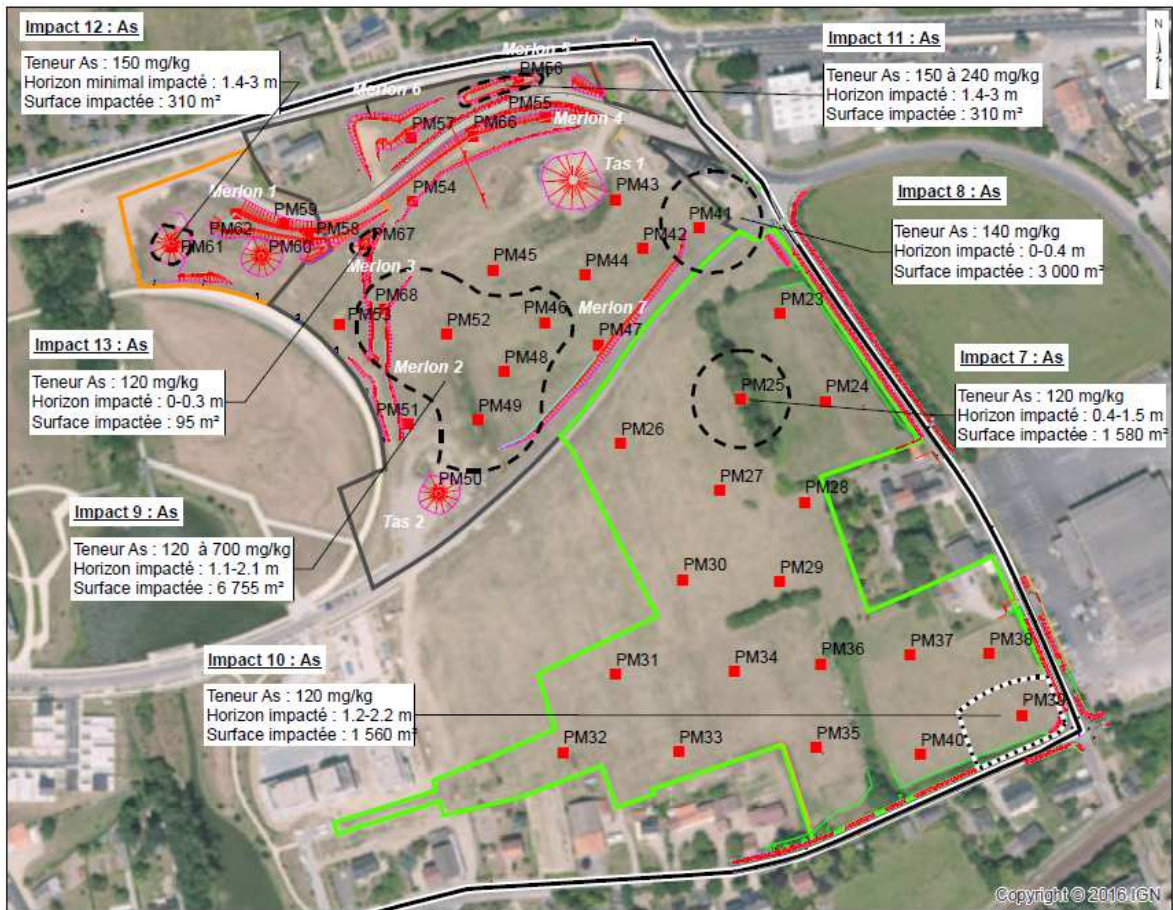


Figure 5 : Localisation des impacts identifiés – secteurs Nord-Est et Sud-Est (ARCADIS, 2017)

N°	Localisation	Origine potentielle	Nature	Sondages concernés	Dimensions de l'impact			
					Horizon moyen impacté	Epaisseur impactée (m)	Surface impactée (m ²)	Volume impacté (m ³)
Anomalie organique								
A	Secteur Sud (ouest), ancienne chaufferie	Anthropique	Hydrocarbure C ₁₀ -C ₄₀ (1 780 mg/kg)	F3 (SCE, 2013)	0.0-1.5 m (Limons)	1.5	30 à 50	45 à 75
Volumes totaux (m³) :								45 à 75
Anomalies métalliques								
1	Secteur Sud (centre), ancienne chaufferie	Anthropique	Arsenic (87 à 319 mg/kg) Zinc (max. à 316 mg/kg), Cuivre (max à 80,9 mg/kg)	F7 à F11 (SCE, 2013)	0.0-1.0 m (terre végétale)	1.0	2500	2500
2	Secteur Sud, limite sud	Anthropique	Arsenic (480 mg/kg)	PM4 (ARCADIS, 2017)	0.3-1.0 m (Limons)	0.7	7800	5460
3	Secteur Sud, ouest	Anthropique	Arsenic (150 à 290 mg/kg)	PM13 (ARCADIS, 2017)	0.3-2.0 m (Limons et schistes)	1.7	3100	5270
4	Secteur sud, sud du secteur	Naturelle	Arsenic (270 à 980 mg/kg)	PM3, PM4, PM5, PM7, PM8 et PM11 (ARCADIS, 2017)	1.0-2.5 m (schiste altéré) Profondeur min/max : 0.3-3 m	1.5	33260	49890
5	Secteur Sud, ouest Impact partiellement intégré à l'impact 2.	Anthropique	Cuivre (132 mg/kg), associé à un enrichissement en Arsenic (62 mg/kg)	F18 (SCE, 2013)	0.0-1.0 m (terre végétale)	1.0	250	250
6a	Secteur Jardins familiaux	Anthropique	Arsenic (140 mg/kg)	PM65 (ARCADIS, 2017)	0.0-0.3 m (terre végétale)	0.3	790	237
6b			Arsenic (130 à 160 mg/kg)	PM63 à PM65 (ARCADIS, 2017)	0.3-1.6 m (Limons + Schiste) Profondeur min/max : 0.3-3 m	1.3	5300	6890
7	Secteur Sud-Est	Naturelle	Arsenic (120 mg/kg)	PM25 (ARCADIS, 2017)	0.4-1.5 m (Limons)	1.1	1580	1738
8	Secteur Nord-Est	Naturelle	Arsenic (140 mg/kg)	PM41 (ARCADIS, 2017)	0.0-0.4 m (Terre végétale)	0.4	3000	1200
9	Secteur Nord-Est	Naturelle	Arsenic (120 à 700 mg/kg)	PM52, PM46 (ARCADIS, 2017)	1.1-2.1 m (Sables)	1.0	6755	6755
10	Secteur sud-est	Naturelle	Arsenic (120 mg/kg)	PM39 (ARCADIS, 2017)	1,2-2-2 m (Sables)	1.0	1560	1560
14	Secteur sud Impact partiellement intégré à l'impact 2.	Anthropique	Mercurie (0,32 mg/kg)	F20 (SCE, 2013)	0 - 1 m (Terre végétale + Limons)	1.0	215	215
Volumes totaux (m³) :								81 965
Merlons								
11	Merlon 5, secteur Nord-Est	-	Arsenic (150-240 mg/kg)	PM56 (ARCADIS, 2017)	1.4-3.0 m	1.6	310	496
12	Merlon 1, secteur du parc	-	Arsenic (150 mg/kg)	PM61 (ARCADIS, 2017)	1.3-2.0 m	0.7	310	217
13	Merlon 3, secteur Nord-Est	Naturelle	Arsenic (120 mg/kg)	PM67 (ARCADIS, 2017)	0-0.3 m	0.3	95	29
15	Merlon 4, secteur Nord-Est	Anthropique	Mercurie (0,19 mg/kg)	PM55 (ARCADIS, 2017)	0 - 2 m	2.0	129	258
Volumes totaux (m³) :								1 000

Tableau 1 : Inventaire des impacts identifiés

3 DEFINITION DU SCHEMA CONCEPTUEL

Annexe 1 : Schéma conceptuel

Sur la base des résultats des investigations menées sur les 5 secteurs d'étude par SCE entre 2012 et 2013, puis par ARCADIS en 2017 (cf. résultats présentés dans le chapitre 2 précédent), un premier schéma conceptuel du site a été élaboré. Ce schéma est présenté dans le rapport ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01 de mai 2017, et représente l'état actuel du site.

Le présent chapitre a pour objet de présenter le schéma conceptuel du site, en adéquation avec le projet d'aménagement envisagé sur le site d'étude, et tel que présenté dans le chapitre 2.1 ainsi que sur la **Figure 2**. Le schéma obtenu est présenté en annexe.

En aucun cas ces données ne peuvent être extrapolées à d'autres secteurs de la ZAC.

3.1 Projet d'aménagement de la zone d'étude

Comme présenté précédemment au chapitre 2, les usages prévus sur la zone d'étude sont :

- des usages résidentiels dans des bâtiments collectifs ou individuels construits avec ou sans niveau de sous-sol à usage de garage/parking. La présence de jardins privés est envisagée ;
- des usages d'établissement amenés à recevoir du public (école, skate-park, city stade) ;
- la présence de voiries et d'espace verts hors emprise des bâtiments, avec des zones réservées à des jardins (potentiellement utilisés pour la culture) et de parc public.

Par principe de précaution, les calculs de transfert et d'exposition seront réalisés dans l'aménagement le plus propice à l'accumulation de gaz, soit une pièce de petite taille (15 m²), sans niveau de sous-sol. Les conclusions émises pour cet aménagement permettront ainsi de statuer pour tout aménagement de taille supérieure, avec présence éventuelle d'un niveau de sous-sol.

3.2 Scénarios étudiés

Sur la base des aménagements prévus, les scénarios envisagés sont les suivants :

- un **scénario résidentiel sur site** dans un bâtiment construit sans niveau de sous-sol, avec présence d'un jardin utilisé éventuellement pour la culture. Ce type de configuration est le plus pénalisant, et permet de statuer pour un usage résidentiel dans un bâtiment construit avec un niveau de sous-sol ;
- un **scénario espace vert sur site**, pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts.

Le scénario résidentiel prend en compte les usages suivants :

- fréquentation des établissements publics et parcs publics ;
- culture dans les jardins destinés à cet effet.

Aussi, les résultats obtenus pour le scénario résidentiel pourront être extrapolés à ces différents usages.

3.3 Sources de pollutions

Les sources de pollution sont constituées des sols contenant des métaux, des hydrocarbures C₁₀-C₄₀, ainsi que des HAP et PCB à l'état de trace.

En l'absence de données relatives à la qualité des eaux souterraines, ce milieu n'a pas pu être considéré pour les calculs de risques.

3.4 Voies de transferts et milieux d'exposition

Au regard des données disponibles, le **sol** et l'**air intérieur** constituent les deux milieux d'exposition.

L'**air intérieur** est potentiellement impacté par le dégazage issu du sol.

3.5 Cibles potentielles

Les cibles prises en compte dans la présente étude sont :

- **scénario résidentiel** : les **adultes** et **enfants** qui résideront sur le site, en rez-de-chaussée des bâtiments ;
- **scénario espaces verts** : les **employés** en charge de l'entretien des espaces verts.

Ces cibles correspondent aux usagers futurs les plus sensibles en termes d'exposition, et donc de risques sanitaires, puisqu'elles correspondent aux résidents ainsi qu'aux employés vivant et travaillant quotidiennement sur le site. Les calculs de risques couvrent donc les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site, mais de façon moins exposée (adultes et enfants fréquentant les espaces verts dans le cadre de leurs loisirs notamment).

3.6 Voies d'exposition potentielles

3.6.1 Voies d'exposition retenues

Les voies d'exposition retenues pour l'étude sont l'inhalation de vapeurs ainsi que l'ingestion de sols et de poussières.

3.6.2 Voies d'exposition non retenues

Concernant le scénario résidentiel, les risques liés à l'ingestion de légumes auto-produits n'ont pas été calculés spécifiquement. En effet, si un sol pollué ne présente pas de risques par ingestion directe, il apparaît peu pertinent de caractériser l'état des végétaux qui y sont (ou seront) cultivés pour évaluer les risques liés à leur ingestion. Ainsi les calculs de risque qui sont réalisés pour l'ingestion de sols permettront de statuer sur les éventuelles mesures à prendre en cas d'aménagement de jardins potagers.

Pour le scénario résidentiel, dans les bâtiments récents, les canalisations d'amenée d'eau potable sont généralement placées au sein de matériau d'apport propre de type sablon afin de conserver l'intégrité de la canalisation et d'éviter le poinçonnement de celle-ci par des cailloux. N'étant pas en contact direct avec les terrains pollués, il est fait l'hypothèse qu'aucun transfert de substances à travers les canalisations n'est possible.

Pour les deux scénarios étudiés, aucun usage des eaux souterraines n'est répertorié ou prévu au droit du site d'après les informations transmises par la SELA-LAD, les risques liés au contact direct avec ce milieu (ingestion et contact cutané) ne sont donc pas étudiés.

Pour les deux scénarios étudiés, l'inhalation de polluants fixés dans les poussières est prise en compte dans l'ingestion de sol et de poussières contaminées. L'inhalation de polluants fixés sur les poussières de sol les plus fines (poussières inhalables) ne fera pas l'objet d'une étude spécifique. Il est fait l'hypothèse que cette fraction est réduite au regard des quantités de poussières ingérées.

L'inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols à l'extérieur n'a pas été prise en compte, cette voie d'exposition étant très minorante par rapport à l'exposition en intérieur, du fait des phénomènes de dilution dans l'air ambiant et d'accumulation dans les bâtiments.

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. En l'absence de VTR, la voie d'exposition « contact cutané » n'a pas été retenue.

4 STRATEGIE D'ETUDE

Compte tenu des impacts identifiés à l'issue des investigations environnementales et en cohérence avec la méthodologie en vigueur, il apparaît nécessaire de mettre en place les mesures permettant :

- de **maîtriser les pollutions concentrées identifiées sur la zone d'étude** : avant toute considération sanitaire, il convient en effet de procéder au traitement des pollutions concentrées repérées sur la zone d'étude ; sous réserve que ce traitement soit technico/économiquement possible ;
- de **maîtriser les impacts sanitaires des pollutions repérées sur le site** ;
- de **maîtriser les impacts environnementaux résiduels après traitement des pollutions concentrées** par, notamment, la mise en place d'un suivi environnemental adapté.

5 MAITRISE DES SOURCES

Comme précisé précédemment, à l'issue des différentes investigations menées sur les sols du site par SCE entre 2012 et 2013, puis par ARCADIS en 2017, plusieurs anomalies ont été identifiées :

- une anomalie ponctuelle en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ ;
- des anomalies en arsenic, avec des teneurs supérieures au bruit de fond naturel défini :
 - potentiellement anthropiques, depuis la surface jusqu'à maximum 2 m de profondeur ;
 - potentiellement naturelles, depuis la surface ou à partir d'environ 1 m, jusqu'à, sur la base des sondages effectués, une profondeur maximale de 3 m. Compte tenu de la nature des sols, il est vraisemblable que ces anomalies naturelles s'étendent au-delà de cette profondeur.
- une anomalie ponctuelle en zinc à associer avec la contamination anthropique en arsenic identifiée en F11 (0-1) ;
- deux contaminations ponctuelles en cuivre, dont l'une d'entre elle est à associer avec la contamination anthropique en arsenic identifiée en F11 (0-1).

La méthodologie en vigueur précise qu'en cas de découverte de pollutions concentrées, la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place.

Dans le cas présent, les anomalies en hydrocarbures C₁₀-C₄₀, zinc et cuivre ont été définies au moyen de l'analyse graphique, comme définie dans le guide UPDS « Pollution concentrée : définition, outils de caractérisation, et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites pollués » en date d'avril 2016 (analyse présentée dans le rapport ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01).

Précisons que les volumes de sols associés aux anomalies en zinc et cuivre sont potentiellement élevés (2 750 m³), et la gestion de ces terres paraît peu pertinente au regard des bénéfices escomptés (composés peu ou pas lixiviabiles, terres admissibles en ISDI, composés peu problématique d'un point de vue sanitaire). Le bilan environnemental d'une telle opération serait discutable.

Aussi, seule la gestion de la zone impactée par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ apparaît pertinente.

Concernant l'arsenic, ce métal est présent de façon potentiellement anthropique et naturelle dans les sols. L'analyse statistique réalisée dans le rapport ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01 de mai 2017 a soulevé le caractère diffus de ces anomalies. En effet, de par la nature du substratum (schiste naturellement riche en arsenic), des teneurs élevées en arsenic peuvent être mesurées ponctuellement dans les horizons superficiels. Les zones présentant des anomalies pour ce métal ne peuvent par conséquent être considérées comme une pollution concentrée, du fait de la présence naturelle d'arsenic dans les sols du site.

Dans le cadre de la maîtrise des pollutions concentrées, la gestion de l'impact A en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ sera à évaluer dans le cadre du bilan coûts/avantages, présenté plus loin dans le document au chapitre 9.

De façon arbitraire, afin de guider les travaux de réhabilitation des sols, la valeur de 500 mg/kg en hydrocarbures C₁₀-C₄₀, correspondant à la valeur seuil ISDI est proposée comme valeur guide par ARCADIS.

6 MAITRISE DES IMPACTS SANITAIRES : EQRS

Compte tenu des contaminations mises en évidence dans les sols du site, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a été réalisée.

Pour l'EQRS, compte tenu du caractère ponctuel et très localisé de l'anomalie en hydrocarbures C₁₀-C₄₀, il a été considéré que ce spot serait traité.

Aussi, le but de l'analyse des risques est d'évaluer si la qualité des sols après traitement de la pépète HC est compatible, d'un point de vue sanitaire, avec les usages envisagés par le projet d'aménagement et de définir, si nécessaire, des mesures de gestion des risques sanitaires.

6.1 Méthodologie

Annexe 2 : Méthodologie de calcul des risques

Les risques ont été calculés respectivement pour les effets cancérigènes (effets dits sans seuil) et les effets non cancérigènes (effets dits à seuil) des substances retenues selon des critères précis.

Les effets à seuil

Le quotient de danger (QD) est défini comme :

$$QD = DJE \text{ (Dose Journalière d'Exposition)}/DR \text{ (Dose de Référence)}$$

Les effets sans seuil

L'excès de risque unitaire (ERU) est défini pour une durée de 70 ans. L'excès de risque individuel (ERI) est défini comme suit :

$$ERI = DJE \times ERU$$

La méthodologie nationale en vigueur précise :

- les règles de cumul des effets :
 - pour les effets à seuil : 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 : addition de tous les excès de risques individuels
- les valeurs-seuils suivantes :
 - pour les effets à seuil, le quotient de danger (QD) est comparé à la valeur 1 ;
 - pour les effets cancérigènes, l'excès de risque individuel (ERI) est comparé à la valeur 10⁻⁵.

Toutefois, les études toxicologiques pivot ayant permis de définir les VTR ne sont pas toujours suffisantes pour assurer l'unicité des mécanismes d'action toxiques et des organes cibles. Aussi, et en accord avec le principe de précaution, ARCADIS ne procède pas à une addition sélective des quotients de dangers des substances ayant les mêmes mécanismes d'actions toxiques sur les mêmes organes cibles.

ARCADIS procède donc à l'addition des quotients de dangers pour l'ensemble des substances non cancérigènes et, pour les effets cancérigènes, à l'addition de tous les excès de risques.

Cette approche est cohérente avec celle menée par les agences réglementaires au niveau mondial. Ainsi, bien que l'EPA recommande l'addition des quotients de danger uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible, la connaissance des mécanismes d'action toxique est peu développée à ce jour, et l'effet le plus sensible peut être différent entre deux substances car les effets secondaires d'une des deux substances peuvent correspondre aux effets les plus sensibles de l'autre. Dans la pratique, les agences réglementaires continuent donc encore majoritairement à se baser sur l'additivité globale des quotients de danger.

6.2 Substances retenues pour les calculs de risques et concentrations utilisées

Annexe 3 : Toxicologie des substances et organes cibles

Les données analytiques disponibles pour les calculs de risque sont constituées des données sols mesurées par SCE entre 2012 et 2013, puis par ARCADIS en 2017. Elles intègrent les données sols issues des tas et des merlons, qui pourront être utilisés sur l'ensemble des 5 secteurs dans le cadre du réaménagement du site.

Aucune discrétisation des données n'a été réalisée.

Rappelons que pour le calcul, la contamination en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ identifiée en F3 n'a pas été considérée, car considérée comme traitée.

Sur la base des données analytiques considérées telles que présentées ci-avant, en application de la méthodologie en vigueur et du principe de prudence :

- seuls sont pris en compte dans les calculs de risques sanitaires les composés et les concentrations pertinentes au regard des valeurs réglementaires de gestion ou des valeurs de référence existantes dans les différents milieux étudiés.
- seules les substances détectées dans les différents milieux étudiés en concentrations supérieures à la limite de quantification dans les différents milieux, et disposant de valeurs toxicologiques de référence, sont retenues dans les calculs de risques sanitaires.
- pour le scénario résidentiel, les calculs de risque ont été effectués à partir des concentrations maximales mesurées dans les différents milieux étudiés. Pour le scénario espace vert, ce sont les concentrations moyennes qui ont été considérées pour le calcul des risques (moyennes intégrant les limites de quantification).

Concernant le scénario résidentiel :

Dans le cas des métaux il est admis que seul le mercure est volatil dans les Conditions Normales de Température et de Pression (C.N.T.P). Aussi, pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs, seul le mercure a été considéré dès lors qu'il présentait des teneurs supérieures à la valeur ASPITET associée (0,1 mg/kg).

En outre concernant le mercure, sur la base des données disponibles dans la bibliographie (voir paragraphe 10.1.4 du chapitre Incertitudes), et en l'absence de données relatives à la spéciation du mercure, **une fraction de 5 % de la concentration maximale analysée en mercure a été retenue comme potentiellement inhalable.**

Par ailleurs, **dans le cas des métaux**, pour la voie d'exposition par ingestion de sols et de poussières, les composés ont été considérés dès lors que les concentrations dépassaient :

- pour l'arsenic, le bruit de fond géochimique naturel (valeur haute du bruit de fond de 110 mg/kg dans les sols superficiels), auquel la population est exposée sur le secteur d'étude ;
- pour les autres métaux disposant d'une valeur INRA ASPITET, la valeur haute de la gamme ordinaire.

Pour les métaux ne disposant pas de valeur INRA ASPITET, les composés ont été considérés dès lors que la teneur dépassait la limite de quantification du laboratoire.

Concernant les hydrocarbures, la distinction aliphatique/aromatique n'a pas été effectuée bien que leur toxicité soit différente. Pour cette raison, et en application du principe de précaution, il a été supposé que les hydrocarbures mesurés étaient soit entièrement des aliphatiques soit entièrement des aromatiques. Les calculs ont donc été réalisés en appliquant les concentrations de chaque coupe pétrolière aux coupes aliphatiques et aromatiques correspondantes. On obtient alors une fourchette de valeurs de risques, dont les bornes haute et basses permettent d'orienter les recommandations et conclusions de l'étude.

Les hydrocarbures C₁₆-C₄₀ ne disposant pas de valeurs toxicologiques de référence pour l'inhalation, ces substances ne sont pas prises en compte pour cette voie d'exposition.

Concernant le scénario espace vert :

Dans le cas des métaux, pour la voie d'exposition par ingestion de sols et de poussières, les composés ont été considérés dès lors que la concentration moyenne dépassait :

- pour l'arsenic, le bruit de fond géochimique naturel (valeur haute du bruit de fond de 110 mg/kg dans les sols superficiels), auquel la population est exposée sur le secteur d'étude ;
- pour les métaux disposant d'une valeur INRA ASPITET, la valeur haute de la gamme ordinaire.

Pour les métaux ne disposant pas de valeur INRA ASPITET, ils ont été retenus dès lors que la teneur moyenne dépassait la limite de quantification du laboratoire.

Afin de s'affranchir de toute contrainte au cours des travaux de réhabilitation (remise en surface des terres localisées en profondeurs), les teneurs mesurées toutes profondeurs confondues ont été considérées pour le calcul des risques. Précisons toutefois que les futures cibles ne seront exposées qu'aux sols superficiels.

Concernant les hydrocarbures, la distinction aliphatique/aromatique n'a pas été effectuée bien que leur toxicité soit différente. Pour cette raison, et en application du principe de précaution, il a été supposé que les hydrocarbures mesurés étaient soit entièrement des aliphatiques soit entièrement des aromatiques. Les calculs ont donc été réalisés en appliquant les concentrations de chaque coupe pétrolière aux coupes aliphatiques et aromatiques correspondantes. On obtient alors une fourchette de valeurs de risques, dont les bornes haute et basses permettent d'orienter les recommandations et conclusions de l'étude.

Les concentrations d'entrée retenues, pour les différents scénarios étudiés, sont fournies dans le tableau ci-après.

Substances	Scénario résidentiel				Scénario espace vert
	Concentrations maximales dans les sols en mg/kg		Concentrations maximales dans les sols en mg/kg		Concentration moy. 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
Métaux					
Antimoine	NP		4,1	F11 (0-1)	1,13
Arsenic	NP		1300	PM7 (1.2-2.1)	<BDF
Baryum	NP		151	F8 (0-1)	75,15
Cadmium	NP		0,7	F11 (0-1)	<ASPITET
Chrome	NP		< ASPITET		<ASPITET
Cuivre	NP		132	F18 (0-1)	<ASPITET
Manganèse	NP		530		356,7
Mercur	0,016 (5% de 0,32)	F20 (0-1)	0,32	F20 (0-1)	<ASPITET
Molybdène	NP		1,2	F19 (0-1)	1
Nickel	NP		< ASPITET		<ASPITET
Plomb	NP		68,6	F11 (0-1)	<ASPITET
Sélénium	NP		ND		6
Zinc	NP		316	F11 (0-1)	<ASPITET
Hydrocarbures Aliphatiques					
C ₅ -C ₆	ND		ND		ND
C ₆ -C ₈	ND		ND		ND
C ₈ -C ₁₀	ND		ND		ND
C ₁₀ -C ₁₂	ND		ND		ND
C ₁₂ -C ₁₆	ND		ND		ND
C ₁₆ -C ₄₀	NP		183	PM50t (+0.3-0.0)	17,7
Hydrocarbures Aromatiques					
C ₅ -C ₇	ND		ND		ND
C ₇ -C ₈	ND		ND		ND
C ₈ -C ₁₀	ND		ND		ND
C ₁₀ -C ₁₂	ND		ND		ND
C ₁₂ -C ₁₆	ND		ND		ND
C ₁₆ -C ₂₁	NP		14	PM57 (0.3-1.4)	2,3
C ₂₁ -C ₄₀	NP		169	PM50t (+0.3-0.0)	15,4
BTEX					
Benzène	ND		ND		ND
Toluène	ND		ND		ND
Ethylbenzène	ND		ND		ND
Xylènes	ND		ND		ND
HAP					
Naphtalène	0,11	F3C (0-0,3)	0,11	F3C (0.0-0.3)	0,051
Acénaphthylène	ND		ND		ND
Acénaphthène	0,10	P56 (2,1-3)	0,10	P56 (2,1-3)	0,051
Fluorène	0,06	PM57 (0.3-1.4)	0,06	PM57 (0.3-1.4)	0,05
Phénanthrène	1	PM57 (0.3-1.4)	1	PM57 (0.3-1.4)	0,072
Anthracène	0,22	PM57 (0.3-1.4)	0,22	PM57 (0.3-1.4)	0,053
Fluoranthène	3,9	PM57 (0.3-1.4)	3,9	PM57 (0.3-1.4)	0,144
Pyrène	3	PM57 (0.3-1.4)	3	PM57 (0.3-1.4)	0,117
Benzo(a)anthracène	1,6	PM57 (0.3-1.4)	1,6	PM57 (0.3-1.4)	0,086
Chrysène	1,6	PM57 (0.3-1.4)	1,6	PM57 (0.3-1.4)	0,088
Benzo(b)fluoranthène	2,4	PM57 (0.3-1.4)	2,4	PM57 (0.3-1.4)	0,107
Benzo(k)fluoranthène	1,3	PM57 (0.3-1.4)	1,3	PM57 (0.3-1.4)	0,077
Benzo(a)pyrène	3,10	PM57 (0.3-1.4)	3,10	PM57 (0.3-1.4)	0,117
Dibenzo(a,h)anthracène	0,39	PM57 (0.3-1.4)	0,39	PM57 (0.3-1.4)	0,057
Benzo(g,h,i)pérylène	2,3	PM57 (0.3-1.4)	2,3	PM57 (0.3-1.4)	0,097
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	2,7	PM57 (0.3-1.4)	2,7	PM57 (0.3-1.4)	0,107
COHV					
Dichlorométhane	ND		ND		ND
Trichlorométhane	ND		ND		ND
Tétrachlorométhane	ND		ND		ND
Trichloroéthylène	ND		ND		ND
Tétrachloroéthylène	ND		ND		ND
1.1.1-trichloroéthane	ND		ND		ND
1.1.2-trichloroéthane	ND		ND		ND
1.1-dichloroéthane	ND		ND		ND
1.2-dichloroéthane	ND		ND		ND
Cis-1.2-dichloroéthylène	ND		ND		ND
Trans-1.2-dichloroéthylène	ND		ND		ND
Chlorure de vinyle	ND		ND		ND
1.1-dichloroéthylène	ND		ND		ND
PCB					
PCB28	ND		ND		ND
PCB52	ND		ND		ND
PCB101	0,01	PM66 (0.3-2.0)	0,01	PM66 (0.3-2.0)	0,002
PCB118	ND		ND		ND
PCB138	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,003
PCB153	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,004
PCB180	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,04	PM66 (0.3-2.0)	0,004

ND : Non Détecté ; NP : Non Pertinent

Tableau 2 : Concentrations d'entrée des calculs de risques

6.3 Modélisation des transferts

Annexe 4 : Justification du choix des paramètres de transfert

Annexe 5 : Equations de transfert

Annexe 6 : Feuilles de transfert sols / air ambiant

Les calculs de risques sont basés sur les concentrations attendues des polluants dans les différents milieux de contact c'est-à-dire, l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments. Pour ce faire, il est nécessaire de procéder à une étape de modélisation des transferts gazeux des sols vers l'air ambiant. ARCADIS se base sur le logiciel RISC Workbench version 5.0 pour modéliser ces transferts. Ce logiciel intègre les équations de Johnson et Ettinger. Les incertitudes liées à la modélisation des transferts sont présentées au paragraphe 10.

Les paramètres d'entrée relatifs au transfert des composés depuis les sols vers l'air ambiant sont présentés dans le tableau ci-après.

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Géométrie de la source			
Longueur de la zone source	5	m	Hypothèse retenue – absence de contamination significative sur site – prise en compte de la dimension de la pièce en dessous la contamination est considérée
Largeur de la zone source	3	m	
Epaisseur de la pollution	1	m	
Caractéristiques de la zone non saturée sous le bâtiment			
Type de sol	Limons	-	Analyse granulométrique et observation de terrain
COT	0,002		Moyenne des analyses COT sur la couche de limons (plus pénalisant que la couche de TV ou les merlons)
Paramètres liés au modèle d'émission gazeuse du sol dans le bâtiment			
Différence de pression entre le bâtiment et l'extérieur	40	g/cm ² .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) – valeur par défaut proposé par le logiciel et associée à la couche de forme généralement présente sous les fondations
Epaisseur de la dalle	15	cm	
Profondeur des fondations si pas de sous-sol	15	cm	fondation = dalle
Profondeur de la source sol par rapport aux fondations	15	cm	Cas le plus pénalisant – contamination observée dès la couche de terre végétale
Perméabilité des sols aux vapeurs sous le bâtiment	1.00E-08	cm ²	Valeur par défaut du logiciel – valeur associée à la couche de forme généralement présente sous les fondations
Paramètres liés au calcul de la concentration dans une pièce du logement en RdC de bâtiment			
Longueur de la pièce	5	m	Scénario retenu : pièce de 3 x 5 m
Largeur de la pièce	3	m	Scénario retenu : pièce de 3 x 5 m
Hauteur de la pièce	2,4	m	
Volume de la pièce	36	m ³	Scénario retenu : pièce de 3 x 5 m
Taux de renouvellement d'air dans la pièce	12 (0.5 v/h)	j ⁻¹	D'après arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements

Tableau 3 : Paramètres de transfert retenus

6.4 Calcul de l'exposition

6.4.1 Mode de calcul des DJE

Annexe 7 : Equations de calcul des DJE

Annexe 8 : Justification du choix des paramètres d'exposition

Les doses journalières d'exposition (D.J.E) ont été calculées à l'aide d'une feuille de calcul au format Excel spécifiquement développée par ARCADIS pour le calcul des DJE. Les concentrations dans l'air ambiant ont été quant à elles modélisées à partir du logiciel RISC Workbench 5.0.

Les équations utilisées pour le calcul des DJE, 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, – publié par "Office of Emergency and Remedial Response" – USEPA, sont présentées en annexe.

6.4.2 Synthèse des paramètres d'exposition des cibles

Les paramètres relatifs à l'exposition des cibles sont présentés dans le tableau ci-après :

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Scénario résidentiel - Paramètres liés à la cible adulte			
Masse corporelle moyenne	70	kg	USEPA
Durée de vie	70	an	USEPA
Volume d'air inhalé	20	m ³ /j	USEPA, cohérent avec CIBLEX
Quantité de sols ingérée	50	mg/j	USEPA
Scénario résidentiel - Paramètres liés à la cible enfant			
Masse corporelle moyenne	15	kg	USEPA
Durée de vie	70	an	USEPA
Volume d'air inhalé	8.5	m ³ /j	CIBLEX
Quantité de sols ingérée	150	mg/j	USEPA
Scénario espace vert - Paramètres liés à la cible employé			
Masse corporelle moyenne	70	kg	USEPA
Durée de vie	70	an	USEPA
Quantité de sols ingérée	480	mg/j	Scénario retenu

Tableau 4 : Paramètres d'exposition retenus

6.4.3 Budget espace-temps

Le budget espace-temps des cibles est présenté dans le tableau ci-après.

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Scénario résidentiel - Paramètres liés à la cible adulte			
Temps de présence dans les bâtiments	20	h/j	Scénario retenu
Fréquence d'exposition	350	j/an	Scénario retenu
Durée d'exposition	30	ans	Durée moyenne de résidence en France
Scénario résidentiel - Paramètres liés à la cible enfant			
Temps de présence dans les bâtiments	20	h/j	Scénario retenu
Fréquence d'exposition	350	j/an	Scénario retenu
Durée d'exposition	6	ans	Scénario retenu
Scénario espace vert - Paramètres liés à la cible employé			
Fréquence d'exposition	141	j/an	Scénario retenu (3 j/semaine, 47 semaines /an)
Durée d'exposition	42	ans	Durée légale de travail en France

Tableau 5 : Budget espace-temps retenus

6.5 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Annexe 9 : VTR retenues pour l'étude

Annexe 10 : Tableau de toutes les VTR existantes dans la littérature

Annexe 11 : Justification du choix des VTR

La note d'information de la DGS n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014 simplifie les modalités de sélection des substances chimiques ainsi que le 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. ARCADIS s'appuie sur cette note pour le choix des VTR.

Ainsi, la note d'information précise que pour un composé présentant plusieurs valeurs toxicologiques de référence reconnues, et par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES.

En l'absence de VTR proposée par l'ANSES, il est recommandé de sélectionner la VTR la plus récente parmi celles proposées par l'US-EPA, l'ATSDR ou l'OMS.

Enfin, si aucune VTR n'est retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (ANSES, US-EPA, ATSDR et OMS), il est recommandé de sélectionner la VTR la plus récente parmi celles proposées par Santé Canada, RIVM, l'OEHA ou l'EFSA.

Concernant les hydrocarbures, les institutions officielles présentées ci-dessus ne proposent pas de valeurs toxicologiques de référence. Aussi, les VTR retenues sont celles proposées par le TPH Criteria Working Group, institution reconnue dans la recherche sur les hydrocarbures totaux.

Concernant les HAP, le choix des VTR s'est basé sur la note d'information DGS du 31 octobre 2014, mais aussi sur les préconisations de l'INERIS dans son document DRC-47026-ETSC-Bdo-N°03DR177, version 1-3 du 3 janvier 2006.

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.

6.6 Synthèse des risques

6.6.1 Cas du scénario résidentiel

Annexe 12 : Calcul de l'exposition et du risque – scénario résidentiel.

Scénario	Cibles	QD global	ERI global
Résidentiel	Adultes	5,46-5,47	5,74.10 ⁻⁰⁴
	Enfants	44,5-44,6	1,60.10 ⁻⁰³
Valeurs de comparaison		1	1.10 ⁻⁰⁵

Tableau 6 : Synthèse des risques – scénario résidentiel

Dans le cas du **scénario résidentiel** en rez-de-chaussée d'un bâtiment construit sans niveau de sous-sol, et après retrait de la zone en F3 impactée par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ :

- les Quotients de Danger (QD) attendus pour les **résidents (adultes et enfants)** sont **supérieurs** aux valeurs seuils en vigueur (QD > 1) ;
- les Excès de Risque Individuels (ERI) attendus pour les **résidents (adultes et enfants)** sont **supérieurs** aux valeurs seuils en vigueur (ERI > 1.10⁻⁰⁵).

Les niveaux de risques calculés sont liés à la présence de mercure et d'arsenic dans les sols avec :

- une participation au quotient de danger respectivement de 5 à 45% pour le mercure et de 54 à 94% pour l'arsenic ;
- une participation à l'ERI de 99,9% pour l'arsenic.

Une gestion de ces deux composés s'avère donc nécessaire afin de rendre les niveaux de risques acceptables pour les futurs résidents, et, par extrapolation :

- aux personnes amenées à fréquenter les établissements publics et le parc public ;
- aux personnes amenées à faire de la culture dans les jardins destinés à cet effet.

6.6.2 Cas du scénario espace vert

Annexe 13 : Calcul de l'exposition et du risque – scénario espace vert

Scénario	Cibles	QD global	ERI global
Espace vert	Employé	0,03	1,05.10 ⁻⁰⁷
Valeurs de comparaison		1	1.10 ⁻⁰⁵

Tableau 7 : Synthèse des risques – scénario espace vert

Dans le cas du **scénario espace vert**, et après retrait de la zone en F3 impactée par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ :

- les Quotients de Danger (QD) attendus pour les employés sont inférieurs aux valeurs seuils en vigueur (QD <1) ;
- les Excès de Risque Individuels (ERI) attendus pour les employés sont inférieurs aux valeurs seuils en vigueur (ERI <1.10⁻⁰⁵).

6.7 Conclusions sur la compatibilité sanitaire du site avec les usages projetés

Sur la base des calculs de risques réalisés, après retrait de la zone en F3 impactée par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ :

- les niveaux de risques calculés pour le scénario résidentiel, cibles adultes et enfants, habitant en rez-de-chaussée d'un bâtiment construit sans niveau de sous-sol, sont supérieurs aux valeurs seuils en vigueur. Cela est lié à la :
 - présence de mercure (risque par inhalation de vapeurs en intérieur) ;
 - présence d'arsenic (risques par ingestion de sols et de poussières, et par extrapolation, de légumes cultivés) dans les sols.
- les niveaux de risques calculés sont acceptables pour les employés qui seront en charge de l'entretien de l'espace vert.

Il convient donc de définir les mesures de gestion permettant de maîtriser les risques liés à la présence de mercure et d'arsenic dans les sols.

7 SOLUTIONS DE GESTION DES RISQUES SANITAIRES – SCENARIO RESIDENTIEL

7.1 Méthodologie

L'existence des risques identifiés dans les calculs précédemment réalisés est liée à la présence simultanée d'une :

- **source de pollution** (mercure et arsenic dans les sols) ;
- **voie de transfert** (inhalation de vapeurs pour le mercure, ingestion de sols et de poussières pour l'arsenic) ;
- **cible** (résidents adultes et enfants).

La suppression de l'un de ces trois facteurs entraîne la suppression du risque.

Dans le cadre du présent projet, en accord avec la SELA LAD, afin d'éviter toute contrainte de réaménagement, une gestion des terres impactées à l'origine de ces risques, selon un seuil de réhabilitation, sera réalisée.

7.2 Traitement complémentaire des pollutions

7.2.1 Définition des objectifs de réhabilitation dans les sols

Annexe 14 : Calcul de l'exposition et du risque, scénario résidentiel – seuils de réhabilitation

Compte tenu des niveaux de risques associés :

- à l'inhalation de mercure en intérieur ;
- à l'ingestion d'arsenic, qui serait présent dans les sols superficiels à l'issue des travaux de réaménagement.

ARCADIS, en première approche, a calculé les concentrations en mercure (dans les sols sous les futurs bâtiments) et en arsenic (dans les sols superficiels) à ne pas dépasser pour que le quotient de danger et l'ERI correspondant au scénario étudié soient inférieurs respectivement à 1 et à 10^{-5} .

Nata : Rappelons que, dans le cadre de l'étude de risque, concernant l'ingestion de sols et de poussières, c'est l'ensemble des terres toutes profondeurs confondues qui a été utilisée pour le calcul des risques.

La concentration permettant d'atteindre cet objectif est fournie dans le tableau ci-dessous :

Substance	Concentration initiale dans les sols (mg/kg)	Objectif de réhabilitation (mg/kg)
Mercure	0,32	0,1 (= valeur seuil INRA ASPITET)
Arsenic	1300	110 (= valeur de bruit de fond naturel des sols superficiels)

Tableau 8 : Seuils de réhabilitation calculés pour le traitement des terres impactées en mercure et en arsenic – usage résidentiel

Il est rappelé que ces objectifs doivent faire l'objet d'une validation par la DREAL avant application sur site.

Le tableau ci-après fourni les risques résiduels attendus après réhabilitation des sols suivant les seuils fournis ci-avant, et rappelle les niveaux de risques sans traitement des métaux :

Scénario	Cibles	QD global	ERI global	QD global	ERI global
		Avec traitement		Sans traitement	
Résidentiel	Adultes	0,05-0,06	$1,24.10^{-06}$	5,46-5,47	$5,74.10^{-04}$
	Enfants	0,54-0,59	$1,11.10^{-06}$	44,52-44,58	$1,60.10^{-03}$
Valeurs de comparaison		1	1.10^{-05}	1	1.10^{-05}

Tableau 9 : Synthèse des risques, scénario résidentiel, seuils de réhabilitation

Aussi, en complément du traitement de la contamination identifiée en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ au droit de F3, après **gestion des terres** présentant des teneurs :

- en **mercure** supérieures à **0,1 mg/kg** (sols susceptibles d'être présents sous les futurs bâtiments) ;
- en **arsenic** supérieures à **110 mg/kg** (sols superficiels) ;

les niveaux de risques pour les résidents adultes et enfants seront acceptables. **Ces deux valeurs constituent donc des objectifs de réhabilitation des sols.**

Par extrapolation, ces niveaux de risques seront également acceptables :

- pour les personnes amenées à fréquenter les établissements publics et le parc public ;
- pour les personnes amenées à faire de la culture dans les jardins destinés à cet effet.

7.2.2 Gestion sanitaire des terres problématiques en mercure

Annexe 15 : Localisation des terres présentant une teneur en mercure supérieure à l'objectif de réhabilitation de 0,1 mg/kg

Un **objectif de réhabilitation pour le mercure de 0,1 mg/kg** dans les sols (correspondant à la valeur de la gamme des sols ordinaires INRA ASPITET) a été déterminé précédemment. Dans la mesure où ce composé est problématique pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs en intérieur (dégazage des sols depuis le milieu souterrain), cet objectif est fixé pour l'ensemble des sols, toute profondeur confondue sous les futurs bâtiments.

Concernant le mercure, au regard des données analytiques, deux échantillons ont présenté des teneurs supérieures à 0,1 mg/kg il s'agit de :

- l'échantillon F20 (0-1), prélevé dans les sols en partie sud du site, présentant une teneur de 0,32 mg/kg ;
- l'échantillon PM55 (1-2), prélevé dans un merlon, présentant une teneur de 0,19 mg/kg.

Aussi, afin de garantir la compatibilité sanitaire avec le projet d'aménagement envisagé, une gestion adaptée de ces deux zones est préconisée. La localisation des impacts ainsi définis est présentée en Annexe 15.

La délimitation de ces spots a été réalisée de la façon suivante :

- délimitation horizontale :
 - **hypothèse réaliste** : environ 4 à 5 m des terres autour de l'impact ont été considérées comme impactées. Ce choix a été retenu dans la mesure où ces anomalies semblent très ponctuelles, localisées au niveau du point de prélèvement ;
 - **hypothèse pessimiste** : afin de constituer une hypothèse haute et sécuritaire, une hypothèse a été émise et consiste en la mi-distance entre un sondage et un sondage non impacté.

Ces hypothèses pourront être validées avant la réalisation de travaux (réalisation de sondages de délimitation) ou en cours de travaux (prélèvement de flancs de fouille à l'issue du terrassement des terres concernées par l'hypothèse réaliste).

- délimitation verticale : l'épaisseur de terres contaminées a été retenue.

Les surfaces et volumes impactés sont présentés dans le tableau ci-après.

Zone d'impact	Echantillon	Composé	Hypothèse	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Impact 14 (terres en place)	F20 (0-1)	Hg	hypothèse pessimiste	215	215
			hypothèse réaliste	25	25
Impact 15 (merlon)	PM55 (0-2)	Hg	hypothèse pessimiste	129	258
			hypothèse réaliste	26	52
Total hypothèse pessimiste				344	473
Total hypothèse réaliste				51	77

Tableau 10 : Surfaces et volumes des terres présentant une teneur en mercure supérieure à l'objectif de réhabilitation

Aussi, concernant l'impact 14, aucun bâtiment ne pourra être mis en place sur cette zone sans mesure de gestion préalable.

Concernant l'impact 15, ce dernier ne pourra être mis en place sous des futurs bâtiments du site.

Les mesures de gestion considérées pour les impacts 14 et 15 seront en conséquence :

- excavation et envoi hors site des terres impactées (cf. paragraphe 9) ;
- ET/OU mise en place de ces terres sur site hors emprise des futurs bâtiments, au niveau des espaces verts, jardins ou des voiries. Si cette dernière solution était retenue, la mémoire de l'emplacement de ces terres devrait être conservée.

7.2.3 Gestion des terres problématiques en arsenic

Un **objectif de réhabilitation pour l'arsenic de 110 mg/kg** dans les sols (correspondant à la valeur haute du bruit de fond naturel dans le secteur d'étude) a été déterminé précédemment. Rappelons que ce composé :

- est problématique d'un point de vue sanitaire pour la voie d'exposition par ingestion de sols et de poussières, et donc lié à l'exposition aux sols superficiels ;
- le bruit de fond naturel du site a été défini pour les sols des couches supérieures (fluviosol et alluvions), et ne prends pas en compte le bruit de fond naturel du schiste, rencontré vers 1 m de profondeur, et naturellement plus chargé en arsenic (bruit de fond établi sur la base des données disponibles à 230 mg/kg (cf. chapitre 2). Compte tenu du contexte géologique du secteur d'étude, les terrains peuvent ponctuellement présenter des dépassements naturels du bruit de fond.

Sur la base de ces éléments, **la gestion des terres problématiques en arsenic d'un point de vue sanitaire sur l'emprise des futurs sols à nu (hors emprise des futurs bâtiments et des futures voieries) est nécessaire**. Plusieurs mesures de gestion pourront être considérées pour ces terres :

- excavation et envoi hors site des terres impactées et remblaiement par des terres saines qui peuvent provenir du site, par exemple des merlons (cf. paragraphe 9) ;
- ET/OU, si possible, réutilisation de ces terres sur site sous couverture (bâtiment, voierie), sous réserve de la faisabilité technique. Si cette dernière solution était retenue, la mémoire de l'emplacement de ces terres devrait être conservée. Les coûts associés à cette gestion seraient à chiffrer après réalisation d'une étude géotechnique permettant d'évaluer la faisabilité technique.

Dans le cadre de l'excavation des terres, et en cohérence avec la méthodologie en vigueur, ainsi qu'avec les recommandations du BRGM¹, ARCADIS préconise :

- dans les zones destinées à accueillir la zone du parc et des espaces verts : la gestion des terres impactées sur une épaisseur de 0,5 m ;
- dans les zones destinées à accueillir des jardins potagers : la gestion des terres impactées sur une épaisseur de 1 m, du fait de la profondeur des racines des différents légumes qui pourront y être plantés.

Au-delà de 1 m de profondeur, la présence de schiste peut amener à des concentrations naturellement supérieures à la valeur de 110 mg/kg. La gestion de ces terres n'est donc pas recommandée. Toutefois, le maintien de ces terres en profondeur, sous couverture de terres présentant des teneurs en arsenic inférieures ou égales à 110 mg/kg, de bâtiment ou de voierie devra être considérée. Les servitudes associées à cette mesure de gestion sont présentées plus loin dans le document au chapitre 13.

Pour information, dans les zones aménagées (voierie et bâti), la gestion des impacts concentrés est à intégrer aux travaux de terrassements initialement estimés dans le cadre du projet d'aménagement (absence de volumes supplémentaires compte-tenu d'une évacuation de l'inertie des matériaux).

Nota : Sur la base de notre retour d'expérience, les aménagements de type « voierie » et « bâti » feront l'objet de terrassements minimum de l'ordre de **0,5 et 0,7 m**.

Le schéma de principe des terrassements correspondant aux hypothèses retenues est présenté ci-après :

¹ Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP, rapport final, n°BRGM/RP-63675-FR en date d'août 2014

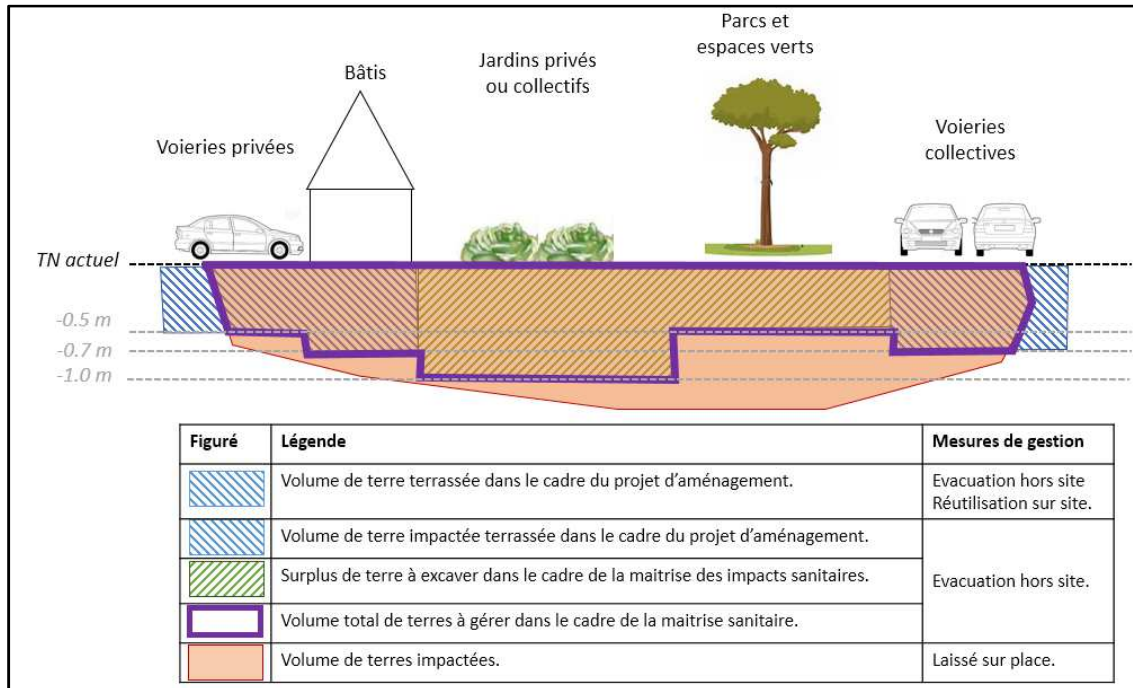


Figure 6 : Principe de gestion des déblais - Terrassements en zones impactées en arsenic

Les différents volumes de terres impactés concernés, et les volumes de terres à gérer, sont présentés dans le tableau ci-après.

N°	Localisation	Nature	Sondages concernés	Dimensions de l'impact			Volume total de terres (m³) à gérer dans le cadre de la maîtrise sanitaire	Volume estimatif de terres impactées excavées dans le cadre des terrassements (m³)					Surplus de terre (m³) à excaver dans le cadre de la maîtrise des impacts sanitaires					
				Horizon moyen impacté	Surface impactée (m²)	Volume impacté (m³)		Sous bâtis et voiries collectives (terrassement jusqu'à 0,7 m de profondeur)		Sous voiries privées (terrassement jusqu'à 0,5 m de profondeur)		Volume total (m³)	Jardins privés et collectifs (excavation sur 1 m)		Espaces verts publics, parcs (excavation sur 0,5 m)		Volume total (m³)	
								Surface (m²)	Volume (m³)	Surface (m²)	Volume (m³)		Surface (m²)	Volume (m³)	Surface (m²)	Volume (m³)		
1	Secteur Sud (centre), ancienne chaufferie	Arsenic (87 à 319 mg/kg) Zinc (max. à 316 mg/kg), Cuivre (max à 80,9 mg/kg)	F7 à F11 (SCE, 2013)	0.0-1.0 m (terre végétale)	2500	2500	1620	1295	907	231	116	1022	555	389	418	209	598	
2	Secteur Sud, limite sud	Arsenic (480 mg/kg)	PM4 (ARCADIS, 2017)	0.3-1.0 m (Limons)	7800	5460	2799	3420	1368	747	149	1517	2775	1110	858	172	1282	
3	Secteur Sud, ouest	Arsenic (150 à 290 mg/kg)	PM13 (ARCADIS, 2017)	0.3-2.0 m (Limons et schistes)	3100	5270	1090	1300	520	348	70	590	1051	420	401	80	501	
6a	Secteur Jardins familiaux	Arsenic (140 mg/kg)	PM65 (ARCADIS, 2017)	0.0-0.3 m (Terre végétale)	790	237	237						790	237			237	
6b		Arsenic (130 à 160 mg/kg)	PM63 à PM65 (ARCADIS, 2017)	0.3-1.6 m (Limons + Schiste) Profondeur min/max : 0.3-3 m	5300	6890	3710						5300	3710			3710	
7	Secteur Sud-Est	Arsenic (120 mg/kg)	PM25 (ARCADIS, 2017)	0.4-1.5 m (Limons)	1580	1738	382	743	223	163	16	239	378	113	295	30	143	
8	Secteur Nord-Est	Arsenic (140 mg/kg)	PM41 (ARCADIS, 2017)	0.0-0.4 m (Terre végétale)	3000	1200	1200	2469	988			988	59	24	472	189	212	
Volumes totaux (m³) :						23 510	11 038						4 356					

Merlons																	
11	Merlon 5, secteur Nord-Est	Arsenic (150-240 mg/kg)	PM56 (ARCADIS, 2017)	1.4-3.0 m	310	496	496										
12	Merlon 1, secteur du parc	Arsenic (150 mg/kg)	PM61 (ARCADIS, 2017)	1.3-2.0 m	310	217	217										
13	Merlon 3, secteur Nord-Est	Arsenic (120 mg/kg)	PM67 (ARCADIS, 2017)	0-0.3 m	95	29	29										
Volumes totaux (m³) :						742	742										

Tableau 11 : Surfaces et volumes des terres présentant une teneur en arsenic supérieure à l'objectif de réhabilitation

8 SYNTHÈSE DES MESURES DE GESTION IDENTIFIÉES SUR LE SITE

Annexe 16 : Plan de localisation des terres nécessitant des mesures de gestion

A partir des éléments présentés précédemment dans les chapitres 5 à 7, une gestion :

- Des pollutions concentrées identifiées dans les sols ;
- Des impacts sanitaires ;

est nécessaire sur le site de l'étude.

Le plan de localisation des zones nécessitant des mesures de gestion est présenté en Annexe 16. La synthèse des volumes impactés concernés est présentée dans le tableau ci-après :

	Composés concernés	Hypothèse	Volumes total concernés (m ³)	dont merlon (m ³)	Tonnage concerné (t) ²
Gestion des pollutions concentrées	Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀		45 à 75	-	85 à 145
Gestion des risques sanitaires	Mercure	Hypothèse réaliste	77	52	146
		Hypothèse pessimiste	473	258	900
	Arsenic	Hypothèse basse : surcout lié uniquement aux terrassements au droit des espaces verts et des jardins	7 424	742	14 106
		Hypothèse haute : cout du terrassement complet des impacts en fonction du projet d'aménagement	11 780	742	22 380

Tableau 12 : Volumes concernés par le traitement des pollutions concentrées et la gestion des risques sanitaires hors considération des aménagements

Le coût associé :

- au traitement de la pollution concentrée en hydrocarbures ;
- à la gestion éventuelle hors site des zones présentant des risques d'un point de vue sanitaire ;

est présenté dans le bilan coûts/avantages ci-après.

² Densité considérée de 1,9

Le chiffrage associé à la réutilisation des terres présentant un impact sanitaire sur site n'a pas été réalisé spécifiquement dans la mesure où ces terres :

- sont toutes admissibles en ISDI ;
- représentent un volume total de terres compris entre 7 501 et 12 253 m³ (dont 794 à 1 000 m³ issues des merlons), et que, dans le cadre du projet de réaménagement du site, une évacuation de plus de 20 000 m³ de matériaux issu des merlons non impactés par de l'arsenic et du mercure est nécessaire ;

l'évacuation de ces terres hors site est donc privilégiée par ARCADIS.

Le coût associé à cette gestion peut être intégré à la gestion globale des déblais d'aménagement excédentaires au droit de la ZAC (95 000 m³ estimés) et ainsi ne pas engendrer de surcoûts opérationnels significatifs.

9 BILAN COUTS/AVANTAGES

9.1 Introduction au déroulement de l'étude et limites du bilan coûts/avantages proposé

Le choix des technologies retenues doit être déduit de l'analyse critique des différentes technologies disponibles en fonction, d'une part, des différents avantages et inconvénients que présentent ces technologies et, d'autre part, des coûts de leur application : c'est le bilan coûts/avantages.

Dans une **première étape**, il s'agit de dresser la liste de toutes les technologies disponibles pouvant être appliquées au média donné (sol, eaux souterraines) et pour un ou plusieurs polluants donnés. Cette liste est complétée par l'étude des avantages et inconvénients de chacune des technologies. A l'issue de cette étape, plusieurs technologies sont retenues, sur la base notamment de critères liés à la technique, au délai, au développement durable ou aux paramètres sociétaux.

La **seconde étape** correspond à l'étude technico-économique des solutions techniques qui ont été retenues au cours de la première étape. A l'issue de cette seconde étape est proposée, pour les différentes zones ou les différents scénarios retenus et pour chaque milieu étudié (sol, eaux souterraines), la technologie jugée la meilleure dans le cadre du bilan coûts/avantages. Les raisons ayant conduit au choix de cette technologie sont précisées.

Les coûts estimés dans le présent bilan coûts/avantages, établi pour les mesures de gestion proposées, ont été calculés sur la base de coûts régulièrement observés sur des opérations similaires auxquelles ARCADIS a participé. Néanmoins, il ne s'agit pas d'un devis et ARCADIS ne pourra être tenu pour responsable en cas de différences avec les coûts réels. De façon usuelle, il est raisonnable de considérer une incertitude sur ces coûts d'environ 20 à 30 %. Les différentes techniques permettant de s'affranchir des pollutions concentrées et du risque par ingestion de terre et par inhalation et le bilan coûts/avantages associé sont récapitulées dans les tableaux ci-après.

Les volumes des terres polluées devant être traités ont été déterminés **en fonction des résultats des différentes campagnes de sondages réalisées jusqu'ici**.

En ce qui concerne l'éventuelle évacuation de terres impactées, une fourchette de prix a été calculée pour les coûts suivants :

- coûts associés au transport vers les différents types de centre de traitement pressentis, en fonction de la localisation géographique de ceux-ci ;
- coûts de traitement ou d'enfouissement dans les centres vers lesquels les terres seraient éventuellement dirigées ;

Ces fourchettes comprennent les hypothèses les plus minorantes et les plus majorantes de prix.

9.2 Rappel de données utiles à la compréhension du bilan coûts/avantages

On rappellera les principaux éléments suivants :

- 45 à 75 m³ de sols impactés en hydrocarbures C₁₀-C₄₀, sont à prendre en compte pour les mesures de gestion (impact A) ;
- 7 424 à 11 780 m³ de sols présentant une anomalie en arsenic avec une teneur supérieure à 110 mg/kg, dont 742 m³ sont issus des merlons, doivent être gérés afin de maîtriser les impacts sanitaires. D'après les résultats d'analyses effectuées, ces terres peuvent être envoyées en ISDI ;
- 80 à 473 m³ de sols ayant une valeur anormale en mercure et présentant des risques sanitaires non acceptables devront être gérés. D'après les résultats analytiques, ces terres pourront être envoyées en ISDI.

La gestion des terres impactées par l'arsenic et le mercure est traitée dans le rapport « Plan de gestion des déblais », sous la référence 16-002138-AMO-11301-PGD-A01. A titre informatif, l'évacuation hors site et le stockage en ISDI des terres présentant des risques sanitaires en :

- Arsenic présente un coût compris entre 150 et 250 k€ ;
- Mercure présente un coût compris entre 9 et 24 k€.

Le présent bilan coûts/avantages porte donc uniquement sur l'impact A, à savoir l'impact en hydrocarbures C₁₀-C₄₀.

9.3 Etude des meilleures technologies de traitement disponibles (sols)

Les tableaux suivants listent les différentes solutions de traitement dont il est pertinent d'envisager l'application sur le présent site. Les avantages et inconvénients majeurs sont listés et conduisent à retenir ou non les différentes technologies pour l'étape suivante, correspondant à l'étude technico-économique. Les principaux facteurs conduisant à ne pas retenir une ou plusieurs solutions techniques sont chaque fois précisés.

9.3.1 Approche préliminaire par famille de traitement

Les mesures de gestion envisagées pour les sols peuvent être mises en œuvre au moyen d'un certain nombre de techniques de dépollution, qu'il est possible de regrouper en 4 grandes familles :

- **les traitements hors site** : ces traitements consistent à extraire puis évacuer les matériaux à réhabiliter vers un centre de traitement ou de stockage adapté, extérieur au site impacté ;
- **les traitements sur site** : ces traitements permettent d'extraire par excavation puis de traiter sur le site lui-même les matériaux à réhabiliter ;
- **les traitements in-situ** : ces techniques consistent à traiter les terres en place. Elles ne nécessitent pas d'excavation ;
- **les confinements** : le confinement permet de laisser les terres impactées sur le site, en empêchant leur contact avec les usagers du site et en limitant efficacement la propagation des polluants grâce à une barrière physique étanche : géo membrane, couverture imperméable, paroi au coulis, etc... L'érosion des sols, la percolation de l'eau vers la nappe et le ruissellement sur les terres impactées sont ainsi contrôlés.

Les avantages et inconvénients de chacune des familles de traitements sont illustrés sur Tableau 13. Les critères pris en compte appartiennent tous aux catégories suivantes :

- Critères liés au développement durable (empreinte carbone) ;
- Critères techniques (faisabilité) ;
- Critères sociaux acceptabilité du traitement) ;
- Critères liés au temps (durée des traitements) ;
- Critères règlementaires et législatifs ;
- Critères financiers.

Les familles de traitement qui ne sont absolument pas adaptées au site étudié, donc non retenues pour la suite, sont colorées en gris.

Méthodes	Avantages	Inconvénients	Cause du rejet de la famille de traitements
Traitements hors site	<ul style="list-style-type: none"> Les filières de traitement hors site permettent de limiter les risques juridiques à long terme (efficacité et durabilité du traitement) Durée limitée des travaux et donc valorisation ou réutilisation du site plutôt rapide L'acceptation de l'administration vis-à-vis de ces techniques est bonne Rendements excellents au droit du site d'origine, puisque disparation totale de la pollution ciblée 	<ul style="list-style-type: none"> Dans le cas des stockages en ISD (Installation de Stockage de Déchets), le producteur du déchet reste responsable des déchets enfouis Empreinte environnementale importante (émissions transport / terrassement et absence de valorisation des terres) Simple déplacement géographique de la pollution en cas de stockage en ISD Coût en général plus élevé Nécessite l'apport de terres extérieures pour reboucher les fouilles 	
Traitements sur site	<ul style="list-style-type: none"> Empreinte environnementale plutôt faible (selon techniques) Coût plus économique, de façon générale, que pour les traitements hors site L'acceptation de l'administration vis-à-vis de ces techniques est bonne Les terres traitées peuvent servir à reboucher les fouilles. Pas ou peu d'apport de terres extérieures 	<ul style="list-style-type: none"> Suivi analytique à prévoir pour valider le traitement L'efficacité des traitements n'est pas de 100 % et induit un impact résiduel Nécessité de mettre éventuellement en place une gestion juridique des concentrations résiduelles (de type restriction d'usage) <u>Durée plus importante des travaux et par conséquent valorisation ou réutilisation du site plus lente</u> 	<i>Revalorisation immobilière. Nécessité d'un délai de travaux court</i>
Traitements in situ	<ul style="list-style-type: none"> Empreinte environnementale faible (sauf traitements thermiques) Coût potentiellement plus économique que les types de traitement précédents (sauf traitements thermiques) L'acceptation de l'administration vis-à-vis de ces techniques est bonne Pas de nécessité d'excaver les sols. Impact sur le site moindre. Techniques favorables notamment lorsque l'activité du site au droit des pollutions doit perdurer pendant le traitement 	<ul style="list-style-type: none"> Suivi analytique à prévoir pour valider le traitement Traitements peu voire totalement inadaptés en cas de terrains peu perméables ou imperméables (sauf traitements thermiques) L'efficacité des traitements n'est pas de 100 % et induit un impact résiduel Rendements en général plus faibles et teneurs finales plus élevées qu'avec les techniques sur site équivalentes Nécessité de mettre éventuellement en place une gestion juridique des concentrations résiduelles (de type restriction d'usage) <u>Durée importante à très importante des travaux et par conséquent valorisation ou réutilisation du site lente (sauf traitements thermiques)</u> 	<i>Revalorisation immobilière. Nécessité d'un délai de travaux court</i>
Confinement	<ul style="list-style-type: none"> Coûts souvent très performants, notamment lorsque les quantités de terres sont importantes Mise en œuvre des travaux rapide Revalorisation plutôt rapide du terrain Techniques relativement simples et fiables Empreinte environnementale limitée, principalement grâce à la suppression des émissions liées au transport 	<ul style="list-style-type: none"> Surveillance à mettre en place afin de garantir la pérennité de l'ouvrage Suivi analytique nécessaire (eaux souterraines) pour confirmer le confinement des impacts les plus importants et valider l'efficacité du dispositif Le confinement sur site ne permet pas de s'affranchir de la pollution qui est maintenue en place L'acceptation de l'administration vis-à-vis de ces techniques est incertaine Nécessite de mettre en œuvre des servitudes 	<i>Nécessité d'une revalorisation immobilière rapide. Le projet de réaménagement nécessite l'évacuation de terres</i>

Tableau 13 : Avantages et inconvénients des différentes techniques de dépollution des sols

Compte tenu des impacts limités en termes de volume (45 à 75 m³), et par conséquent du faible tonnage à traiter, ainsi que compte tenu de la nécessité de revalorisation rapide du site, les technologies de traitement hors site s'avèrent les seules pertinentes. Sur cette base, les traitements hors site envisageables peuvent être présentés ci-dessous.

9.3.2 Approche par technique

Dans le tableau ci-dessous, lorsqu'une technologie n'est pas retenue, l'inconvénient majeur est souligné.

Technologie	Définition / Description	Avantages	Inconvénients	Statut
Transport et traitement des terres en centre d'incinération	Excavation, chargement, transport et traitement des terres dans un centre de traitement par incinération (déstructuration du sol sous très haute température (1 200°C))	<ul style="list-style-type: none"> Risques juridiques éliminés à long terme Mise en œuvre rapide Revalorisation immédiate 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts très élevés Peu de centres de traitement en France Empreinte environnementale très peu satisfaisante (transport et énergie consommée) Existence de limites d'acceptation (concentrations : S, Cl, PCB, etc...) Impacts sur le voisinage en raison du trafic routier, du bruit et des émissions d'odeurs 	Non retenue L'impact observé est faible et ne justifie pas des coûts de traitement élevés.
Transport et traitement des terres en centre de désorption thermique	Excavation, chargement, transport et traitement des terres dans un centre de traitement par désorption thermique (chauffage des terres entre 150 et 540°C)	<ul style="list-style-type: none"> Risques juridiques éliminés à long terme Mise en œuvre rapide Revalorisation immédiate 	<ul style="list-style-type: none"> Empreinte environnementale très peu satisfaisante (transport et énergie consommée) 1 seul centre en France, sur la région lyonnaise Impacts sur le voisinage en raison du trafic routier, du bruit et des émissions d'odeurs 	Retenue
Transport et stockage des terres en ISDND	Excavation, chargement, transport et stockage des terres vers une ISDND (Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux)	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre rapide Revalorisation immédiate Le remblai inerte extrait lors du projet de réaménagement pourra être utilisé pour combler la fouille 	<ul style="list-style-type: none"> Bilan environnemental peu favorable (transport) Il s'agit seulement d'un stockage. Les terres ne sont pas traitées in fine Le producteur des déchets reste responsable des déchets enfouis Impacts sur le voisinage en raison du trafic routier, du bruit et des émissions d'odeurs 	Retenue

Technologie	Définition / Description	Avantages	Inconvénients	Statut
Transport et stockage des terres en ISDD	Excavation, chargement, transport et stockage des terres vers une ISDD (Installation de Stockage des Déchets Dangereux)	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre rapide Revalorisation immédiate Possibilité de gérer des concentrations parfois assez élevées 	<ul style="list-style-type: none"> Bilan environnemental peu favorable (transport) Nécessite l'apport de terres propres extérieures pour reboucher les fouilles Il s'agit seulement d'un stockage. Les terres ne sont pas traitées in fine Le producteur des déchets reste responsable des déchets enfouis Impacts sur le voisinage en raison du trafic routier, du bruit et des émissions d'odeurs <u>Ne présente aucun intérêt, à technologie équivalente, si l'acceptation en ISDND est possible</u> 	Non retenue
Transport et traitement des terres en biocentre	Excavation, chargement, transport et traitement des terres vers un centre de traitement biologique	<ul style="list-style-type: none"> Risques juridiques éliminés à long terme Mise en œuvre rapide Revalorisation immédiate Le remblai inerte extrait lors du projet de réaménagement pourra être utilisé pour combler la fouille 	<ul style="list-style-type: none"> Bilan environnemental peu favorable (transport) Impacts sur le voisinage en raison du trafic routier, du bruit et des émissions d'odeurs 	

Tableau 14 : Avantages et inconvénients des techniques de traitement des sols utilisables dans le cadre du présent projet

Compte tenu des informations et paramètres listés ci-dessus, ARCADIS a retenu comme meilleures technologies disponibles les méthodes suivantes :

- **Transport et traitement des terres en ISDND ;**
- **Transport et traitement en centre de désorption thermique ;**
- **Transport et traitement des terres en biocentre.**

9.3.3 Descriptif technique simplifié des technologies présélectionnées (sols)

Transport et traitement en centre de désorption thermique

Cette solution consiste, après excavation sélective, chargement et transport, à traiter les terres sur un site proposant un traitement par désorption thermique.

La désorption thermique consiste à chauffer au sein d'un four les terres à traiter à une température de quelques centaines de degrés (250°C et 550°C selon le type de contaminants en présence). Les composés organiques, même les plus lourds, sont ainsi volatilisés. Les gaz sont récupérés et incinérés dans une chambre de post-combustion avant traitement puis rejet des effluents gazeux traités à l'atmosphère.

Transport et stockage en ISDND

Cette solution consiste, après excavation sélective, chargement et transport, à stocker les terres sur un site de stockage agréé (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux). Ces sites de stockage sont susceptibles de recevoir des terres polluées dont les concentrations sont modérées et dont les composés chimiques ne sont pas hautement toxiques.

Transport et traitement en biocentre

Cette solution consiste, après excavation sélective, chargement et transport, à traiter les terres biologiquement sur un centre spécialisé agréé.

9.3.4 Etude technico-économique des solutions pressenties

9.3.4.1 Remarques préliminaires : hypothèses de base concernant les technologies hors site

Pour certaines des technologies retenues, les terres présentant des concentrations supérieures aux objectifs de dépollution sont excavées et évacuées vers un centre de stockage agréé.

On notera que chaque centre (ISDND, ISDD, biocentre, etc...) est soumis à un arrêté préfectoral appliquant des valeurs seuils particulières qui ne sont pas nécessairement les mêmes que celles proposées par la FNADE ou définies dans les guides.

On rappellera que cette étude ne concerne que des zones présentant notamment un impact supérieur aux critères d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes). Néanmoins, ARCADIS rappelle qu'en ce qui concerne la gestion de déblais éventuels dans d'autres zones du site, les ISDI refusent systématiquement les terres si ces dernières présentent des indices organoleptiques de pollution (odeur, couleur) et ce, quels que soient les résultats d'analyses, ou si leur aspect est jugé douteux. En conséquence, ARCADIS ne pourra être tenu pour responsable en cas de variations entre les estimations présentées ci-dessous et les destinations finales réellement retenues.

Les coûts estimatifs prennent notamment en considération les éléments suivants :

- La préparation du chantier (type PGC, PPSPS, organisation des camions en fonction des cadences supposées d'excavation directement dépendante de la société retenue...);
- Une évacuation de 530 m³ soit 1000 tonnes par jour, compte tenu de la taille du chantier. C'est une cadence réalisable mais dépendant du site et des capacités d'acceptation du centre de traitement ;
- Un suivi par un technicien spécialisé ;
- Le transport des terres ;
- Le traitement des terres, y compris la TGAP³ ;
- Les analyses de flanc et fond de fouille ;
- Le remblaiement de la fouille par des terrains d'apport sains ;
- Le démantèlement et le nettoyage du chantier ;
- La remise d'un rapport final.

Ils ne prennent pas en considération, notamment, les éléments suivants :

- Le démantèlement et l'enlèvement de cuves, tuyauteries et l'évacuation de ces structures en filières adaptées ;
- La démolition des superstructures et infrastructures présentes sur le site ;
- L'évacuation de matériaux de démolition tels blocs de béton, ferrailles, plastiques ou autres et notamment l'éventuel refus de ces matériaux en ISDI ;
- La réalisation des travaux en dehors des plages usuelles (en semaine, de 8h00 à 18h00) ;
- Le rabattement de la nappe et un éventuel traitement de cette dernière ;
- Tout soutènement provisoire des parois des fouilles ;
- Tout compactage soigné pour atteindre des objectifs en termes de critères géotechniques ;
- L'évacuation et la prise en charge de terres propres.

Remarque : lors des travaux d'excavation des terres polluées, l'entreprise retenue devra obtenir un certificat préalable d'acceptation (CAP) auprès de la filière retenue, **préalablement à l'évacuation des terres contaminées** ; l'obtention d'un tel certificat nécessite des analyses complémentaires sur un ou plusieurs échantillons représentatifs des terres à traiter, qui n'ont pas été réalisées lors de cette étude.

Pour information, les analyses nécessaires à minima (à définir selon l'arrêté préfectoral en vigueur) pour l'obtention d'un CAP sont :

- **Sur brut :** Hydrocarbures totaux, HAP (16), PCB, BTEX, Indice phénol, chrome hexavalent (CrVI),
- **Sur lixiviat :** Arsenic, Cadmium, Chrome total, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc, Cyanure libre.

³ Taxe Générale sur les Activités Polluantes

Les coûts estimés ci-dessous, sur la base des mesures de gestion proposées, ont été établis à partir des coûts régulièrement observés sur des opérations similaires auxquelles ARCADIS a participé.

9.3.4.2 Estimations financières

Les coûts estimés ci-dessous, en lien avec les mesures de gestion proposées, ont été calculés sur la base de l'expérience d'opérations similaires auxquelles ARCADIS a participé et sur la base de dimensionnements spécifiques au présent site (études de coûts dédiées). Rappelons en effet qu'ARCADIS réalise en propre des opérations de travaux de réhabilitation. Les personnes rédigeant et validant les bilans coûts/avantages appartiennent à l'Activité Travaux d'ARCADIS France.

Le tableau ci-après présente les coûts estimatifs des prestations de traitement des sols en fonction des différentes technologies étudiées. Compte tenu des incertitudes inhérentes à un tel exercice, ils prennent en compte systématiquement un scénario minimal et un scénario maximal.

Méthode de traitement	Durée estimative (hors préparation/installation)	Coût estimatif en euros HT
Transport et stockage en ISDND	Quelques jours	Entre 12 et 17 k€
Transport et traitement en biocentre	Quelques jours	Entre 14 et 18 k€
Transport et traitement en centre de désorption thermique	Quelques jours	Entre 18 et 23 k€

Tableau 15 : Estimations financières des différentes méthodes retenues pour le traitement des sols

9.3.5 Discussion et choix de la technologie retenue

Le tableau ci-après précise les avantages et inconvénients des deux techniques l'une par rapport à l'autre, notamment en fonction des données du site.

Méthode de traitement	Avantages	Inconvénients
Transport et stockage en ISDND	Légèrement plus économique que la filière biocentre	Ne correspond pas à un traitement mais à un enfouissement des terres
Transport et traitement en biocentre	Permet de traiter et de valoriser les terres	Légèrement moins économique que le stockage en ISDND
Transport et traitement en centre de désorption thermique	Permet de traiter et de valoriser les terres	Filière plus chère et demandant beaucoup plus d'énergie que les deux autres solutions

Tableau 16 : Avantages et inconvénients des technologies retenues

Aussi, dans la mesure où l'écart de coût n'est pas très important et où l'ISDND ne correspond pas à un traitement des terres avec revalorisation, mais à un simple stockage, ARCADIS recommande que le transport et le traitement des terres en biocentre soit retenu comme mesure de gestion pour les terres impactées par des hydrocarbures.

9.4 Conclusion du bilan coûts/avantages

Sur la base de la valeur guide en **hydrocarbures C₁₀-C₄₀** de 153 mg/kg définie au chapitre 5, ce sont entre **45 et 75 m³** de sols, correspondant à une fourchette comprise entre 85 et 145 tonnes, qui seront concernés par les mesures de gestion de la source concentrée en hydrocarbures mise en évidence sur le site de la ZAC.

L'évaluation des avantages et inconvénients des meilleures technologies disponibles a conduit à retenir **le transport et le traitement biologique en biocentre** pour les terres impactées par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀, pour ce projet.

La durée d'un tel projet, sur la base des hypothèses évoquées ci-dessus, est estimée à au plus **1 semaine**. Le coût estimatif de ces travaux est supposé compris entre **14 000 et 18 000 euros HT**.

10 INCERTITUDES

Les incertitudes associées aux calculs des risques sont liées d'une part aux concentrations prises en compte, d'autre part aux données de toxicité (choix de la VTR), à la modélisation des transferts et enfin aux calculs des doses d'exposition (conception et données d'entrée des modèles de transfert et d'exposition).

Les incertitudes principales sont détaillées dans les paragraphes ci-après.

10.1 Incertitudes sur les concentrations prises en compte

10.1.1 Incertitudes liées à l'échantillonnage

Le calcul des risques est basé sur des analyses d'échantillons de sol réalisées ponctuellement lors d'investigations menées sur le site.

Concernant les sols, les incertitudes liées à l'échantillonnage dépendent :

- de la taille des mailles échantillonnées ;
- de l'emplacement du sondage dans la maille ;
- du prélèvement (quelques centaines de grammes pour les sols) ;
- de la quantité d'échantillon analysée au laboratoire (quelques milligrammes pour les sols) ;

D'une manière générale, plus le nombre de prélèvements sera élevé, plus la probabilité de définir une concentration représentative des teneurs en présence sur le site sera importante.

Dans le cas présent, les prélèvements et analyses réalisés peuvent être jugés globalement représentatifs de la qualité des sols au droit de la zone d'étude, même si une pollution concentrée ponctuelle entre deux points de prélèvements ne peut jamais être exclue.

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.

10.1.2 Incertitudes sur la qualité des eaux souterraines

En l'absence de données relatives à la qualité des eaux souterraines, ce milieu n'a pas été intégré à l'analyse des enjeux sanitaires. En conséquence, il existe des incertitudes sur la qualité des eaux souterraines.

Précisons qu'un puit privé est présent en partie nord-est du site, à l'extérieur de la zone d'étude. Dans la mesure du possible, un prélèvement d'eau de ce puits à minima pourrait être réalisé, avec analyse des hydrocarbures C₅-C₄₀, BTEX, HAP, COHV, métaux, PCB, afin de vérifier la qualité de ce milieu dans la zone d'étude. Cela permettrait de réduire cette incertitude.

10.1.3 Incertitudes liées aux analyses d'hydrocarbures

La distinction aliphatique/aromatique n'a pas été effectuée bien que leur toxicité soit différente. Pour cette raison, et en application du principe de précaution, il a été supposé que les hydrocarbures mesurés étaient soit entièrement des aliphatiques soit entièrement des aromatiques. Les calculs ont donc été réalisés en

appliquant les concentrations de chaque coupe pétrolière aux coupes aliphatiques et aromatiques correspondantes. On obtient alors une fourchette de valeurs de risques, dont les bornes hautes et basses permettent d'orienter les recommandations ou conclusions de l'étude. Les hydrocarbures étant toujours composés d'un mélange d'aliphatiques et d'aromatiques, il s'agit d'une approche généralement majorante.

10.1.4 Incertitudes sur les concentrations en mercure

Pour le mercure, dans les sols comme en milieux aqueux, deux réactions à partir du mercure divalent (Hg (II)) sont en compétition : la réduction qui favorise les échanges avec l'atmosphère et qui se passe en présence de lumière et de matières humiques ou planctoniques (réactions photochimiques et enzymatiques) et la méthylation suite à l'action de certains microorganismes qui favorise la bioconcentration dans la chaîne alimentaire. Ces réactions entrent toutefois, dans les sols comme en milieu aqueux, en compétition avec la complexation organique qui domine la spéciation du mercure.

Le mercure peut donc se trouver sous la forme de :

- mercure élémentaire Hg⁰, forme la plus mobile de par sa volatilité,
- mercure organique, forme la plus toxique de par ses capacités à se bioaccumuler le long de la chaîne alimentaire,
- mercure inorganique (HgS, HgO) ou mercure lié à la matière organique, formes les plus stables et les moins toxiques.

Dans les sols, 97 à 99% du mercure dans les sols serait lié à la matière organique. Une petite fraction pourrait toutefois se trouver sous forme Hg⁰ et 1 à 3% sous forme de méthylmercure (« Mercury study – Report to congress – USEPA » publié en décembre 1997 (EPA-4521R-97-005)). Dans sa thèse, S. Remy mentionne que 5 à 30% du Hg total dans les eaux de surface et 2% dans les sédiments de rivière et dans les sols se trouve sous forme de méthylmercure (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).

Les deux voies principales de pénétration sont l'inhalation (mercure élémentaire et certains dérivés organiques tels que le diméthylmercure) et l'ingestion via la chaîne alimentaire (mercure organique). En l'absence de données relatives à la spéciation du mercure, **une fraction de 5 % de la concentration maximale analysée a donc été retenue comme potentiellement inhalable.**

10.1.5 Incertitudes liées à l'arsenic

Annexe 17 : Incertitudes liées à l'arsenic

Il existe des incertitudes liées à la présence d'arsenic dans les sols, et notamment sur les teneurs qui seraient susceptibles d'être problématiques d'un point de vue sanitaire. Ce point est discuté en **Annexe 17**.

10.2 Incertitudes entourant la sélection des VTR

10.2.1 Généralités sur la sélection des VTR

Il n'existe pas à l'heure actuelle une méthodologie universelle pour la détermination d'une VTR. Aussi, un composé peut présenter plusieurs valeurs de référence, déterminées par chaque organisme créateur.

Pour chaque étude, ARCADIS choisit la valeur la plus adaptée et réalise une analyse des méthodes de construction pour chaque valeur. Cependant, il est parfois difficile de trouver des explications quant à la construction des valeurs : certains organismes comme l'USEPA présentent de façon transparente leurs conclusions, mais tous ne le font pas.

10.2.2 VTR des HAP

Les valeurs toxicologiques de référence des HAP ont été élaborées à partir de Facteurs d'Equivalence Toxique (TEF). Ces derniers expriment la toxicité relative d'une substance de la famille par rapport à la substance de référence de cette famille qui est le plus souvent la plus toxique et la plus étudiée. Pour les HAP, il s'agit du benzo(a)pyrène.

Les TEF sont utilisés afin de définir les relations dose-réponse pour des substances chimiques issues de la même famille. Le concept TEF est fondé sur les hypothèses que l'organe cible et l'activité toxique sont identiques pour toute molécule apparentée.

La valeur de 1 est attribuée au TEF du chef de file du groupe (le benzo(a)pyrène pour les HAP) et une valeur exprimant leur potentiel toxique relatif est donnée au TEF des autres congénères.

Le produit du facteur d'équivalence toxique d'un composé par l'excès de risque unitaire de la substance prise en référence fournit alors la relation dose-réponse.

La confiance que l'on peut accorder aux TEF n'est certes pas totale ; ils ont néanmoins le mérite d'éviter l'exclusion de composés potentiellement cancérigènes des calculs de risque alors que leur présence dans l'environnement humain est attestée par les analyses de laboratoire.

10.2.3 VTR du mercure

Le mercure dans un sol peut se trouver sous des formes différentes :

- mercure Hg⁰ ;
- le mercure organique (méthylmercure, éthylmercure,...).
- le mercure inorganique peu mobile.

Les formes les plus toxiques et les plus mobiles sont le mercure élémentaire et le mercure organique.

Les diverses formes de mercure sont susceptibles d'évoluer dans l'environnement. En effet, l'une des particularités du mercure est de subir, dans les sols, sédiments et être vivants (dont poissons) des réactions de méthylation / déméthylation.

Pour les sols, selon l'INERIS,⁴ « *De nombreux paramètres influencent la méthylation et la déméthylation, par exemple la concentration en ions sulfures (S²⁻) et le potentiel d'oxydo-réduction. [...] Si les conditions deviennent aérobies, Hg⁰ est oxydé en HgSO₄ qui peut subir une méthylation (Davis et al., 1997). La matière organique présente dans les sols favorise quant à elle la méthylation (Capon, 1984 ; Lyon, 1997) ».*

Les conditions de transformation du mercure dans les sols restent encore mal connues.

⁴ Fiche de données toxicologiques et environnementales du mercure et dérivés du mercure – INERIS – Juillet 2000

Différentes études dédiées à la spéciation du mercure dans l'environnement concluent que le mercure dans les sols est majoritairement lié à la matière organique et qu'il est donc peu mobilisable. La part de méthylmercure dans les sols ne dépasserait pas 3% du mercure total.

(Cf. « Binding and mobility of mercury in soils contaminated by emission from chlor-alkali plants »⁵).

Dans cette étude, la VTR utilisée pour la voie ingestion intègre les différentes formes du mercure (élémentaire, inorganique et organique). Pour la voie inhalation, elle correspond à la VTR définie pour le mercure élémentaire, aucune VTR pour le méthylmercure n'ayant été proposée.

10.3 Incertitudes liées à la modélisation des transferts

10.3.1 Incertitudes liées au modèle RISC Workbench 5.0

Un modèle est un outil construit pour reproduire « un système réel » en le simplifiant. En d'autres termes, il s'agit de rendre abordables des phénomènes trop complexes à décrire dans leur intégralité. Ces solutions analytiques sont donc des outils qui restent limités dans leur utilisation.

Les incertitudes du logiciel de calculs de risque RISC Workbench sont résumées dans le tableau suivant :

Modélisation dans l'air intérieur	Autres limites de la solution analytique
Le modèle ne tient compte que de la diffusion du polluant par les fissures des fondations.	La concentration est considérée infinie (recharge constante de la pollution dans le sol ou dans la nappe)
Le calcul de concentrations à l'intérieur d'un bâtiment fictif est nécessairement entaché d'une très forte incertitude (attribution de valeurs par défaut à un grand nombre de paramètres non quantifiables compte tenu des connaissances du moment).	Le modèle ne tient pas compte du fait que l'eau présente dans la zone non saturée du sol puisse s'évaporer à la surface du sol.

Tableau 17 : Incertitudes liées à la modélisation

Les calculs réalisés avec les équations de ce modèle sont majorants. En effet, la source de pollution est considérée comme constante dans le temps, il n'y a pas d'atténuation naturelle des concentrations dans les sols ni de biodégradation.

Le modèle mathématique considère que les polluants se répartissent uniformément dans l'ensemble du volume du bâtiment, le cloisonnement du volume et le mouvement spécifique des masses d'air à l'intérieur de celui-ci n'est pas pris en compte.

10.3.2 Incertitudes liées à la nature des sols

Il est reconnu que la nature du sol influence directement les phénomènes de transfert des polluants.

Le modèle RISC Workbench 5.0 distingue plusieurs natures de sol.

La nature de sol la plus représentative définie à partir des observations réalisées sur le terrain ainsi que des analyses granulométriques serait de type limoneuse. C'est cette nature du sol qui a été utilisée dans le modèle mathématique pour le calcul de l'exposition.

⁵ H. Biester, G. Müller et H.F. Schöler, 12 mai 2001

10.4 Incertitudes sur les paramètres d'exposition

La plupart des modèles multimédias possèdent une base interne équipée de paramètres standards (quantité de sol ingérée, poids de l'individu, volume d'air inhalé...).

Cependant, ces données dépendent d'un certain nombre de facteurs comme :

- l'usage du site ;
- les caractéristiques physiques du récepteur ;
- les habitudes de vie des personnes ;

mais également de bien d'autres paramètres. Aussi, afin de minimiser l'incertitude qui existe sur les données d'entrée, ARCADIS s'est référé aux organismes comme l'USEPA qui disposent d'un certain nombre de données sur le sujet.

Néanmoins, chaque individu est unique et sa morphologie également. Il faut donc garder à l'esprit que tous ces paramètres sont moyennés et ne représentent qu'une vision simpliste et généralement majorante de la réalité.

10.5 Conclusions sur les incertitudes

De manière générale, les hypothèses et paramètres retenus pour les calculs de risque ont tendance à surestimer les risques sanitaires, ils sont conservateurs et majorants, ce qui est cohérent avec le principe de prudence appliqué en évaluation quantitative des risques sanitaires.

Ainsi il est rappelé que :

- la source a été considérée comme infinie (aucun épuisement de la source au cours du temps) ;
- les concentrations maximales trouvées dans les sols sur site ont été utilisées pour l'évaluation des expositions par inhalation en intérieur ;
- les données morphologiques utilisées par défaut sont conservatrices ;
- les facteurs d'exposition retenus sont majorants.

11 RAPPEL DES HYPOTHESES DE CALCUL

Les calculs de risque réalisés dans le cadre de ce dossier ont été établis sur la base des hypothèses d'aménagement suivantes :

- Usage de type résidentiel et espaces verts. Les résultats du scénario résidentiel sont extrapolables à l'usage de type parc et établissement public, ainsi que culture dans les jardins potagers ;
- Mode de construction des bâtiments sans sous-sol (cas le plus pénalisant) ;
- Taux de ventilation minimum des locaux de 12 v/j ;
- Maintien des terres au-delà de 1 m de profondeur sous couverture des terres de surface ;
- Aucun usage des eaux souterraines sur site, **sans étude préalable** ;
- Pose des canalisations AEP en PEHD au sein de remblai d'apport propre (de type sablon) ou dans des caniveaux techniques béton ou, à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant.

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.

12 RECOMMANDATIONS

12.1 Garder la mémoire du site

Il est nécessaire de garder la mémoire de l'emplacement des sols qui resteront en place après l'aménagement du site et dans lesquels des substances chimiques ont été détectées.

Pour conserver cette information, le rapport de fin de travaux pourra être annexée aux actes de vente.

12.2 Investigations complémentaires sur les eaux souterraines

Comme précisé au paragraphe 10.1.2, aucune donnée relative à la qualité des eaux souterraines n'était disponible dans le cadre de la présente étude.

Un puit privé est présent en partie nord-est du site. Afin de lever l'incertitude relative à la qualité des eaux souterraines, et dans la mesure du possible, à minima un prélèvement d'eau de ce puits pourrait être réalisé, avec analyse des hydrocarbures C₅-C₄₀, BTEX, HAP, COHV, métaux, PCB.

12.3 Risques transitoires liés à la période de chantier

Lors des travaux de terrassement liés à l'aménagement du site ou à des travaux ultérieurs, le personnel devra être équipé de masques à poussières, gants, et respecter quelques règles d'hygiène simples :

- Ne pas boire ni manger sur le chantier dans les zones de travail (manger dans une zone aménagée en conséquence est néanmoins possible) ;
- Se laver les mains et le visage en fin de poste.

Ces recommandations devront apparaître dans le PGCS6 établi par le coordonnateur sécurité.

⁶ Plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé

13 RESTRICTIONS D'USAGE ET SERVITUDES LIEES AUX MESURES DE GESTION

13.1 Suivi des travaux de remise en état environnemental

Conformément à la méthodologie du 8 février 2007, la mise en œuvre d'un suivi des travaux apparaît nécessaire pour contrôler au fur et à mesure de leur avancement que les mesures de gestion préconisées sont réalisées conformément aux dispositions prévues. Ce suivi doit être réalisé par une entité indépendante des prestataires en charge des travaux de terrassement et de gestion des terres. Sur la base de ce suivi, des actions correctives pourront être mises en œuvre lorsque des écarts seront constatés. A l'issue des travaux, un rapport final accompagné d'une synthèse récapitulant l'ensemble des contrôles réalisés devra être établi. Il devra préciser la bonne réalisation des mesures de gestion. Si les contrôles réalisés au cours du chantier montrent des variations sur les mesures de gestion dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du plan de gestion, le responsable du suivi des mesures de gestion, devra alors apprécier et justifier si ces variations sont susceptibles de remettre en cause l'acceptabilité du plan de gestion. Ces éléments doivent permettre la finalisation, si celui-ci est nécessaire, du programme définitif de surveillance environnementale qui devra être mis en œuvre dès l'achèvement des aménagements.

Les mesures de gestion définies dans le présent document sont synthétisées dans le tableau ci-après.

	Composé(s) ciblé(s)	Objectif de réhabilitation	Zones concernées	Mesure de gestion retenue et servitude(s) associée(s)	Mesure de contrôle de réception
Gestion des pollutions concentrées	Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	Valeur guide de 500 mg/kg en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ – amélioration de la qualité des milieux => les concentrations à la réception devront toutefois respecter les concentrations d'entrée utilisées pour le calcul des risques	Impact A (cf. Annexe 16)	Excavation et envoi hors site des terres en biocentre Durée des travaux estimée au plus à 1 semaine Coût de traitement compris entre 14 000 et 18 000 euros HT	Des prélèvements de contrôles de réception des travaux de réhabilitation devront être réalisés. Ceux-ci devront respecter les concentrations utilisées pour les calculs de risques résiduels prédictifs et présentées dans le Tableau 2. Si tel n'était pas le cas, une ARR post-travaux devra être réalisée, qui permettra, si nécessaire, de définir les sujétions constructives à mettre en œuvre, pour s'assurer de la compatibilité sanitaire des concentrations résiduelles mesurées avec le projet d'aménagement. Des contrôles de réception des terres de remblaiement de la fouille devront également être réalisés. En outre, les fouilles devront être remblayées par des matériaux ayant les mêmes caractéristiques lithologiques que ceux en place initialement (de type limon), et ce afin de conserver les propriétés de perméabilité des sols aux vapeurs utilisées pour les calculs de risque.
Gestion des impacts sanitaires	Mercurure	0,1 mg/kg dans les sols qui seront localisés sous les futurs bâtiments	Impacts 14 et 15 (cf. Annexe 16)	ARCADIS préconise la <u>solution hors site</u> : excavation et envoi des terres considérées hors site en ISDI (coût estimé dans le cadre d'une hypothèse réaliste à environ 9 k€)	Des prélèvements de contrôles de réception des travaux de réhabilitation devront être réalisés. Ceux-ci devront respecter les objectifs de réhabilitation. Des contrôles de réception des terres de remblaiement de la fouille devront également être réalisés.
	Arsenic	110 mg/kg dans les sols superficiels (fluviosol et alluvions) ⇒ Sur les 50 premiers cm du sol dans les zones d'espaces verts, de parc ⇒ Sur le premier mètre du sol dans le cas des jardins potagers	Impact 1 à 3 Impact 6 à 8 Impact 11 à 13 (cf. Annexe 16)	ARCADIS préconise la <u>solution hors site</u> : excavation et envoi des terres considérées hors site en ISDI (coût estimé entre 150-250 k€). Ces terres peuvent rentrer en compte dans le volume de terre à évacuer hors site dans le cadre du redéveloppement du site. En cas de remblaiement, l'ordre des différentes couches géologiques rencontrées depuis la surface devront être respectées (terre végétale, limons puis sables). La pérennité de cette couche de matériaux sains devra être assurée. Il est notamment préconisé de placer, à l'interface terrains présentant des anomalies/terrains d'apport sains un grillage avertisseur ou un géotextile afin d'alerter les personnes sur le fait qu'elles atteignent une zone polluée. La pose de ce grillage avertisseur va de pair avec la nécessité de rédiger une procédure à suivre en cas de terrassements ultérieurs sur le site. Cette dernière devra notamment spécifier que : <ul style="list-style-type: none">▪ Les terrains doivent être excavés par couches ;▪ Les terrains impactés par de l'arsenic doivent être stockés séparément des terrains propres de couverture ;▪ Le remblaiement doit se faire en respectant l'ordre initial des couches (pas d'inversion qui conduirait à replacer les terrains pollués en surface) ;▪ Des précautions d'hygiène et de sécurité doivent être spécifiées dans un écrit ou dans un manuel HSE mis à la disposition des entreprises ou du personnel employé sur le site ;▪ Les terrains pollués excavés doivent, s'ils sont évacués du site, suivre une filière agréée (ISDD ou ISDND ou dans un centre de traitement biologique...). Dans le cas de la plantation d'arbres fruitiers, les arbres seront plantés dans des fosses de terres propres dont le volume sera adapté au système racinaire des essences. L'ensemble de ces prescriptions devra faire l'objet d'une servitude.	En outre, les fouilles devront être remblayées par des matériaux ayant les mêmes caractéristiques lithologiques que ceux en place initialement, et ce afin de conserver les propriétés de perméabilité des sols aux vapeurs utilisées pour les calculs de risque.

Tableau 18 : Mesures de gestion et servitudes

13.2 Gestion des déblais

Tous les déblais provenant du site en zone impactée, et générés par d'éventuels travaux de nivellement ou d'excavation devront faire l'objet d'une gestion adaptée. Les terrains évacués du site devront être orientés vers des filières de traitement agréées. Un rapport spécifique relatif à la gestion des déblais du site (ARCADIS 16-002138-AMO-11301-PGD-A01) est réalisé et traite de cet aspect. Il décrit les principes généraux suivants :

« Dans le cadre des terrassements, seront considérés deux catégories de déblais : les déblais impactés et les déblais non impactés

Catégorie du déblais	Définitions
Déblais impactés	<p>Déblais issus des zones excavées dans le cadre de la maîtrise des pollutions concentrées et des risques sanitaires. Ces déblais peuvent présenter des teneurs dans les sols :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ > 500 mg/kg ; ▪ en mercure > 0,1 mg/kg ; ▪ en arsenic : > 110 mg/kg.
Déblais non impactés	<p>Déblais générés lors des terrassements entrepris dans le cadre du projet d'aménagement.</p> <p>Ces déblais présentent un bruit de fond en arsenic de l'ordre de 110 mg/kg.</p>

Tableau 19 : Catégorisation des déblais (définitions)

Les déblais non impactés générés pourront être gérés selon les scénarios opérationnels définis dans le rapport « Plan de gestion des déblais », sous la référence 16-002138-AMO-11301-PGD-A01.

Les déblais impactés excavés dans le cadre de la maîtrise des impacts sanitaires feront l'objet d'une gestion hors site, leur réutilisation sur site est déconseillée :

- **concernant les hydrocarbures C₁₀-C₄₀**, d'après le bilan coûts/avantages il apparaît comme étant le plus judicieux de procéder à **un envoi des terres impactées hors site en biocentre** ;
- **pour le mercure et l'arsenic**, excavation et envoi hors site des terres impactées en ISDI ou assimilé. »

14 MODELE DE FONCTIONNEMENT DU SITE

Au regard des préconisations nouvellement réalisées, il est possible d'établir un modèle de fonctionnement du site prenant en compte les recommandations d'ARCADIS afin de réduire les impacts environnementaux et les risques sanitaires pour le **scénario résidentiel** à savoir :

- un traitement des sols impactés par des hydrocarbures,
- une excavation et un envoi hors site des terres présentant des anomalies en arsenic et en mercure OU une réutilisation sur site avec des servitudes associées.

Le modèle de fonctionnement pour le scénario résidentiel est présenté sur la figure ci-après.

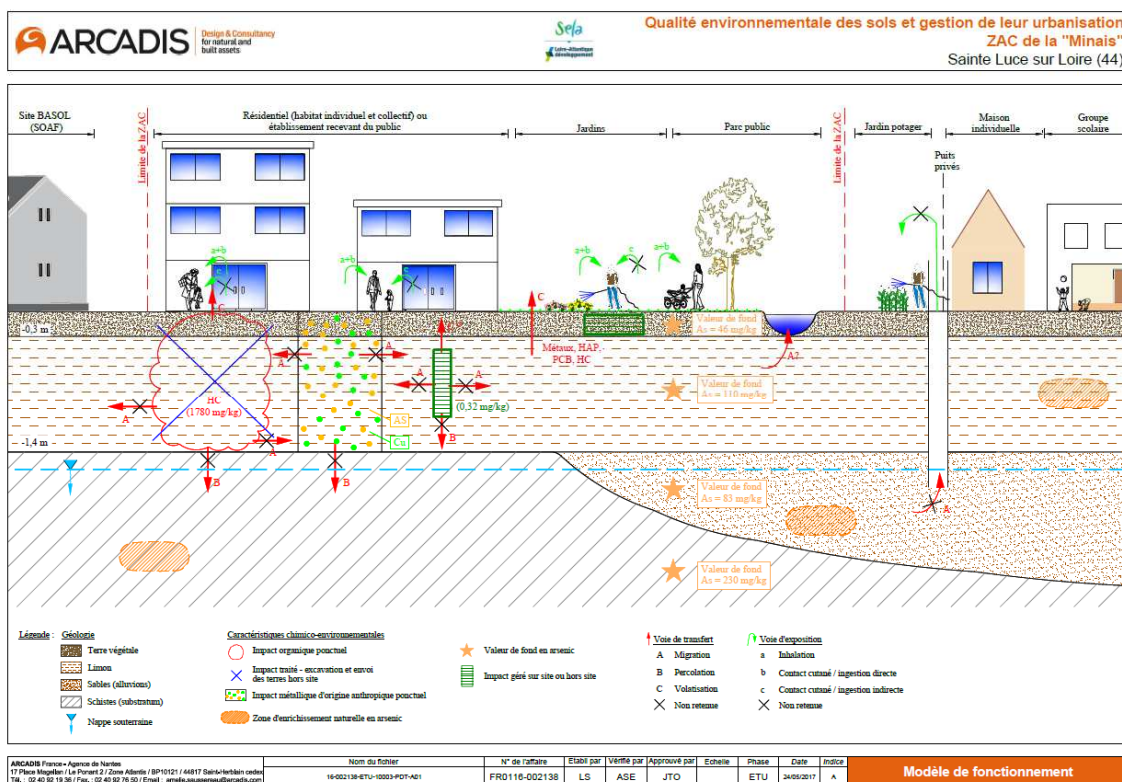


Figure 7 : Modèle de fonctionnement

15 CONCLUSIONS

ARCADIS a été missionnée par SELA – Loire-Atlantique Développement pour caractériser la qualité environnementale des sols et proposer des mesures de gestion adaptées au droit du projet de ZAC de « La Minais » à SAINTE-LUCE SUR LOIRE (44).

Dans ce cadre, le présent document a porté sur le **plan de gestion des pollutions et de leurs impacts sanitaires et environnementaux** sur le site de la ZAC. Il fait suite à la réalisation par ARCADIS d'un rapport de caractérisation de la qualité des sols concernant le même périmètre.

Les objectifs de ce document ont été les suivants :

- D'identifier les pollutions concentrées du site, dont la faisabilité technique et économique du traitement doit être envisagée au travers un bilan coûts/avantages ;
- De vérifier la compatibilité sanitaire du site avec les usages futurs envisagés ;
- Si nécessaire, de déterminer les mesures de gestion des risques permettant de rendre le site compatible avec l'usage ;
- De réaliser un bilan coûts/avantages des différentes mesures de gestion ;
- De fournir le modèle de fonctionnement du site ;
- De maîtriser les impacts environnementaux résiduels après traitement des pollutions concentrées par, notamment, la mise en place d'un suivi environnemental adapté.

Une zone de pollution concentrée en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ a été identifiée dans les sols du site, au niveau du secteur Sud. Cette contamination est délimitée horizontalement et verticalement.

Par la suite, sur la base du projet d'aménagement, une analyse des enjeux sanitaires a été réalisée pour les scénarios et cibles suivantes :

- Un **scénario résidentiel sur site** pour les résidents (adultes et enfants) vivants en rez-de-chaussée dans un bâtiment construit sans niveau de sous-sol, avec présence d'un jardin utilisé éventuellement pour la culture. Ce type de configuration est le plus pénalisant, et permet de statuer pour un usage résidentiel dans un bâtiment construit avec un niveau de sous-sol ;
- Un **scénario espace vert sur site**, pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts.

Le scénario résidentiel permet de couvrir les usages suivants :

- Fréquentation des établissements publics et parcs publics ;
- Culture dans les jardins destinés à cet effet.

Les résultats obtenus et mesures de gestion préconisées pour ce scénario peuvent donc être extrapolés à ces usages. Les voies d'exposition étudiées ont été l'inhalation de vapeurs en intérieur ainsi que l'ingestion de sols et de poussières. Les résultats obtenus pour l'ingestion de sols permettent de statuer sur l'ingestion de légumes cultivés au niveau des jardins potagers. Pour les calculs de risques, il a été considéré que la source de pollution concentrée en hydrocarbures serait traitée.

Les résultats des calculs de risques ont mis en évidence, après retrait de la zone en F3 impactée par des hydrocarbures C₁₀-C₄₀, que :

- Les niveaux de risques calculés pour le scénario résidentiel sont supérieurs aux valeurs seuils en vigueur. Cela est lié à la présence de mercure (risque par inhalation de vapeurs en intérieur) ainsi que d'arsenic (risques par ingestion de sols et de poussières, et par extrapolation, de légumes cultivés) dans les sols ;
- Les niveaux de risques calculés sont acceptables pour les employés qui seront en charge de l'entretien des espaces verts.

Dans ce contexte, une valeur guide de réhabilitation en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ (maîtrise des pollutions concentrées) ainsi que des objectifs de réhabilitation en mercure et en arsenic (maîtrise des risques sanitaires) ont été définis pour le scénario résidentiel :

- **Hydrocarbures C₁₀-C₄₀** : valeur guide fixé arbitrairement à **500 mg/kg**, correspondant au seuil d'acceptation des terres en ISDI ;
- **Mercure** : objectif de réhabilitation fixé à **0,1 mg/kg** pour les sols localisés sous les futurs bâtiments ;
- **Arsenic** : objectif de réhabilitation fixé à **110 mg/kg** dans les sols superficiels hors emprise des futurs bâtiments et voiries (sols superficiels considérés sur 0,5 m dans les zones d'espaces verts/parc, et 1 m dans le cadre des jardins privés). Cette valeur correspond à la valeur intermédiaire du bruit de fond, définies dans rapport de diagnostic ARCADIS 16-002138-AMO-11101-RPT-B01 de mai 2017.

Sur cette base, les mesures de gestion suivantes ont été proposées :

- **Hydrocarbures C₁₀-C₄₀**, le bilan coûts/avantages a permis d'estimer le coût de traitement de la pollution concentrée, présentant un volume de terres estimé entre 45 à 75 m³. Il apparaît comme étant le plus judicieux de procéder à **un envoi des terres impactées hors site en biocentre. Le coût estimatif, sur la base des volumes estimatifs calculés, serait compris entre 14 000 et 18 000 euros HT.**
- **Mercure et arsenic**, excavation et envoi hors site des terres impactées en ISDI (volume estimé entre 7 500 et 12 250 m³). **Le coût associé est estimé entre 160 000 et 300 000 euros H.T.**

Précisons que, dans le cadre du projet d'aménagement, il est actuellement estimé qu'environ 95 000 m³ de matériaux devront être évacués hors site (déblais excédentaires). Ainsi, une partie du volume pourra être valorisée dans le cadre de la substitution des terres pollués terrassées :

- au droit de la zone de pollution concentrées en hydrocarbures après traitement de cet impact ;
- sous bâtiment en cas de contamination par le mercure sous les futurs bâtis ;
- hors zone de voirie et bâtie (terrassément déjà inclus dans le projet) dans le cas de l'arsenic.

Les terres problématiques d'un point de vue sanitaire (cas des terres impactées par du mercure et de l'arsenic) pourraient donc être gérées dans le cadre des travaux d'aménagement sans générer de surcoûts liés à une évacuation spécifique.

La gestion globale des déblais du site, hors pollution concentrée à traiter, est étudiée et fait l'objet d'un rapport dédié 16-002138-AMO-11301-PGD-A01.

A noter que :

- Les cibles étudiées correspondent aux usagers futurs les plus sensibles en termes d'exposition, et donc de risques sanitaires.
Les calculs de risques couvrent donc les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site, mais de façon moins exposée, que ce soit en raison de leur localisation en étages dans les bâtiments, ou du fait d'une fréquence et d'une durée d'exposition moindres.
- Par principe de précaution, les calculs de transfert et d'exposition ont été réalisés dans l'aménagement le plus propice à l'accumulation de gaz, soit une pièce de petite taille (15 m²).
Les calculs de risques restent donc valables pour tout aménagement de taille supérieure.

Les hypothèses, recommandations, restrictions d'usage et servitudes énoncées ci-avant (paragraphe 11, 12 et 13) devront être respectées.

ARCADIS attire également l'attention de SELA LAD sur les points suivants :

- Toute modification des hypothèses de départ et du projet tels que décrits dans le présent document ne pourra être envisagée qu'après réalisation d'une étude complémentaire afin de valider la compatibilité sanitaire du site avec le nouveau projet ;
- Lors des travaux d'aménagement, il est recommandé de respecter quelques règles simples et usuelles d'hygiène sur ce type de chantier (lavage des mains, interdiction de manger...) ;
- Conformément à la méthodologie nationale en vigueur, la mise en œuvre d'un suivi apparaît nécessaire pour contrôler au fur et à mesure de leur avancement que les mesures de gestion préconisées sont réalisées conformément aux dispositions prévues. Ce suivi doit être réalisé par une entité indépendante des prestataires en charge des travaux de terrassement et de gestion des terres. Sur la base de ce suivi, des actions correctives pourront être mises en œuvre lorsque des écarts seront constatés. A l'issue des travaux, un rapport final accompagné d'une synthèse récapitulant l'ensemble des contrôles réalisés devra être établi. Il devra préciser la bonne réalisation des mesures de gestion. Si les contrôles réalisés au cours du chantier montrent des variations sur les mesures de gestion dont la réalisation conditionne l'acceptabilité du plan de gestion, le responsable du suivi des mesures de gestion, devra alors apprécier et justifier si ces variations sont susceptibles de remettre en cause l'acceptabilité du plan de gestion. Ces éléments doivent permettre la finalisation, si celui-ci est nécessaire, du programme définitif de surveillance environnementale qui devra être mis en œuvre dès l'achèvement des aménagements.
- Les déblais générés par les travaux d'aménagement et de terrassements sont susceptibles de ne pas être acceptés en ISD inertes. Si tel était le cas, ces déblais devront donc être éliminés en filière agréée.



Limitations du rapport

ARCADIS a élaboré ce rapport pour l'usage exclusif de SELA LAD, conformément à la proposition technique n° 16-002138-OFR-03002-OFR-B01 en date du 24/01/2017.

Ce rapport, ainsi que l'ensemble de ses annexes, constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication partielle ou reproduction partielle de ce rapport et annexes, ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'ARCADIS ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage ponctuel, et que cette méthodologie ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du ou des milieux étudiés.

Par ailleurs les conclusions de la présente étude ne valent que pour les usages, scénarios, composés et valeurs toxicologiques considérés. La prise en compte d'autres usages, d'une part, ou de nouveaux résultats analytiques et données toxicologiques, d'autre part, pourrait conduire à la révision et à l'actualisation des conclusions de la présente étude.

Les conclusions et recommandations du présent rapport sont basées pour partie sur des informations extérieures fournies par les personnes et entités auxquelles elles ont été demandées, non garanties par ARCADIS ; sa responsabilité en la matière ne saurait être engagée.

Enfin l'utilisation de ce rapport et de ses annexes à d'autres fins que celles définies dans la proposition ARCADIS, par SELA LAD ou par des tiers, est de l'entière responsabilité de l'utilisateur.

Droit d'auteur

© Ce rapport est la propriété exclusive d'ARCADIS. Seul le destinataire du présent rapport est autorisé à le reproduire ou l'utiliser pour ses propres besoins. Ce rapport pourra être transmis aux tiers via les actes notariés.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Schéma conceptuel

Annexe 2 : Méthodologie de calcul des risques

Annexe 3 : Toxicologie des substances et organes cibles

Annexe 4 : Justification du choix des paramètres de transfert

Annexe 5 : Equations de transfert

Annexe 6 : Feuilles de transfert sols / air ambiant

Annexe 7 : Equations de calcul des DJE

Annexe 8 : Justification du choix des paramètres d'exposition

Annexe 9 : VTR retenues pour l'étude

Annexe 10 : Tableau de toutes les VTR existantes dans la littérature

Annexe 11 : Justification du choix des VTR

Annexe 12 : Calcul de l'exposition et du risque – scénario résidentiel.

Annexe 13 : Calcul de l'exposition et du risque – scénario espace vert

Annexe 14 : Calcul de l'exposition et du risque, scénario résidentiel – seuils de réhabilitation

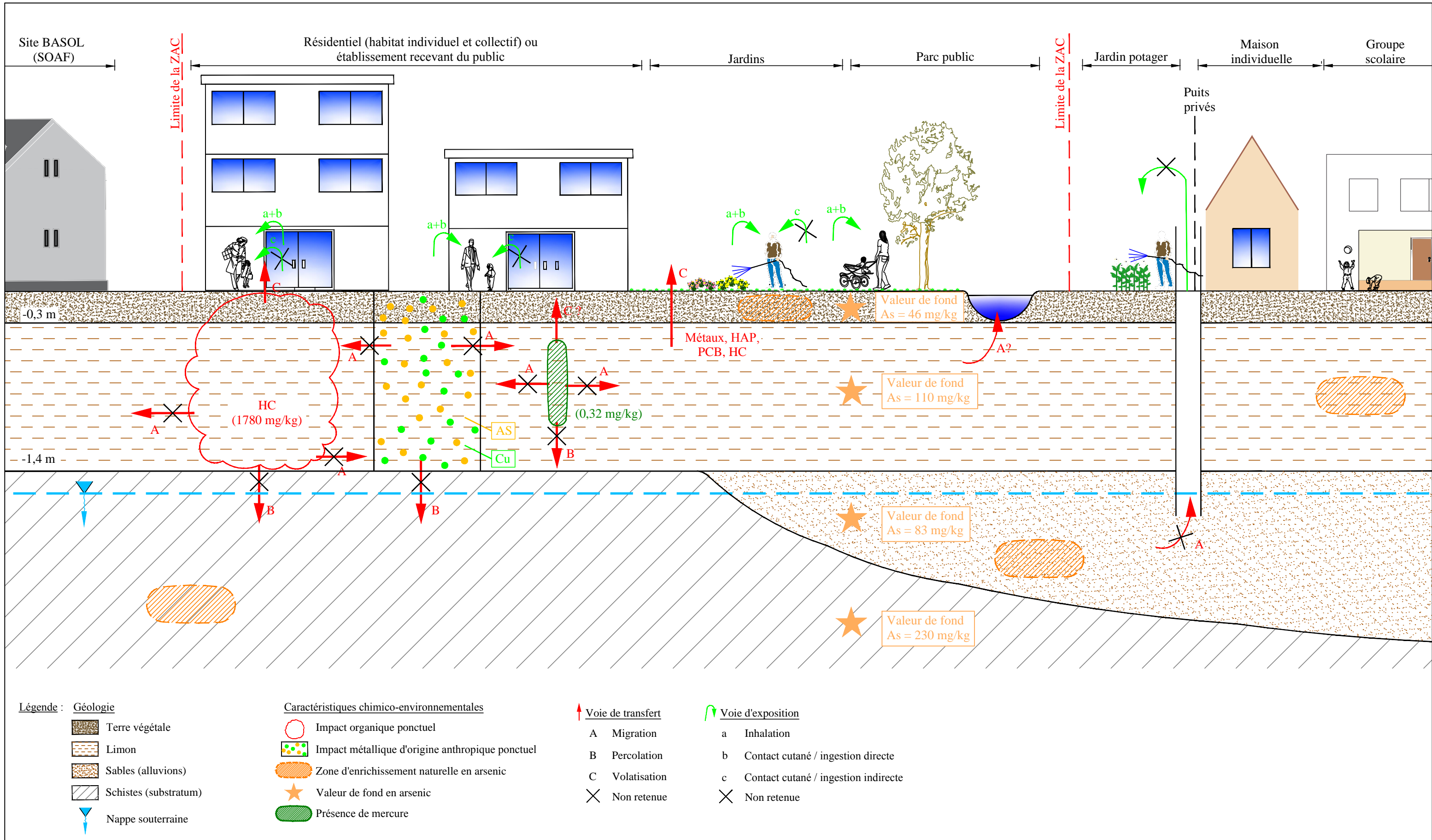
Annexe 15 : Localisation des terres présentant une teneur en mercure supérieure à l'objectif de réhabilitation de 0,1 mg/kg

Annexe 16 : Plan de localisation des terres nécessitant des mesures de gestion

Annexe 17 : Incertitudes liées à l'arsenic

Annexe 1 : Schéma conceptuel

(1 page)



Annexe 2 : Méthodologie de calcul des risques

(3 pages)

Le calcul des risques pour la santé est un outil d'analyse au service de la gestion des sites et sols pollués. A ce titre, elle doit répondre aux principes suivants :

- principe de prudence scientifique,
- principe de proportionnalité (qui veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible),
- principe de spécificité.

Le calcul des risques est un outil qui s'appuie sur des connaissances scientifiques constamment réactualisées et des informations propres au site. Cependant, du fait de l'absence de certaines données ou des incertitudes inhérentes à l'évaluation des risques, des hypothèses sont posées lors de la réalisation des calculs. L'utilisation de ces hypothèses doit s'appuyer sur les principes de précaution et de proportionnalité et tout choix doit être justifié de façon claire et concise afin de pouvoir évaluer son impact sur la quantification du risque.

Classiquement, quatre étapes sont décrites dans la démarche de calcul des risques pour la santé:

- **L'identification du potentiel dangereux** consiste à estimer les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.
- **L'évaluation du rapport dose – effet** correspond à l'estimation de la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition à une substance, et l'incidence ou la gravité de cet effet.
- **L'évaluation de l'exposition** consiste à déterminer les voies de passage du polluant vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition.
- **La caractérisation des risques** correspond à la synthèse des informations issues de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression quantitative du risque. Les incertitudes sont évaluées et les résultats interprétés.

Identification du potentiel dangereux

Dans un premier temps, il est nécessaire d'identifier toutes les substances dangereuses pour l'homme rencontrées sur site. Leur sélection dépend de :

- la détection effective de la substance sur le site,
- la relation dose effet attribuable à la substance,
- le comportement de la substance dans l'environnement (persistance, produits de dégradation...).

Leur identification en tant que substances dangereuses est fonction des effets indésirables qu'elles provoquent sur la santé humaine. L'exposition à des substances toxiques peut produire des effets biochimiques, histologiques ou morphologiques et ainsi amener des altérations spécifiques d'un organe, d'un système ou d'un processus biochimique ou biologique (effets cancérigènes, mutagènes, tératogènes, systémiques).

Il est nécessaire d'étudier de façon séparée, les substances pour lesquelles il existe un effet à seuil (effet qui survient au-delà d'une certaine dose administrée) des substances à effets sans seuil (effet qui apparaît quelle que soit la dose administrée ; l'effet cancérigène en est l'exemple type).

Evaluation du rapport dose – effet

La variété et la sévérité des effets toxiques observés dans les populations augmentent généralement avec le niveau d'exposition : c'est la relation dose - effet.

Il se différencie de la relation dose- réponse qui est définie comme décrivant la relation entre la fréquence de survenue de l'effet toxique dans une population et le niveau d'exposition à un toxique.

Trois voies d'exposition sont généralement à considérer :

- l'inhalation,
- l'ingestion,
- l'absorption cutanée.

Les valeurs toxicologiques varient en fonction des voies d'exposition et des durées d'exposition (chronique, sub-chronique ou aiguë).

Les relations dose – effet et dose - réponse sont définies à partir d'études toxicologiques et/ou épidémiologiques sur l'homme ou l'animal auxquelles sont appliqués divers modèles d'extrapolation.

L'effet sans seuil (de type cancérogène) se définit comme l'effet qui apparaît quelle que soit la dose reçue : l'hypothèse retenue étant qu'une seule molécule de substance toxique peut engendrer des effets sur la santé. La probabilité de survenue croît avec la dose mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas.

La Valeur Toxicologique de Référence correspondante est définie comme étant la probabilité supplémentaire qu'un individu, exposé pendant sa vie entière à une dose de substance cancérogène, contracte un cancer. Cette valeur est différenciée en fonction des voies d'exposition (USEPA) :

- Oral slope factor ((mg/kg.jr)⁻¹) pour l'ingestion
- Inhalation Unit Risk ((µg/m³)⁻¹) pour la voie respiratoire.

Les valeurs définissent la pente de la courbe de la relation doses – effets et expriment l'accroissement du risque de développer un cancer pour un accroissement de la dose journalière d'exposition.

L'effet à seuil est un effet qui survient au-delà d'une certaine dose administrée de produit. En deçà de cette dose, le risque est considéré comme nul. Au-delà du seuil, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée. Ces valeurs sont définies comme étant la quantité maximale de produit à laquelle un individu peut être exposé sans constat d'effet nuisible

Les seuils de référence acceptables chez l'homme proposés par l'USEPA sont :

- la dose de référence (RfD) en mg/kg de poids corporel/jr pour l'ingestion.
- la RfC (Concentration de référence) en mg/m³ pour l'inhalation

Evaluation de l'exposition - Calcul de la DJE (Dose journalière d'exposition)

L'exposition résulte de l'existence d'un danger, d'une voie de transfert et d'une cible.

Différents types de données relatives au site sont donc nécessaires pour le calcul de la DJE. Il s'agit :

- des types de populations concernées (populations sensibles telles que les enfants, les personnes âgées ou les travailleurs sur site, etc....) ;
- des usages futurs du site et les aménagements à considérer ;
- des caractéristiques du site favorisant la mobilité des polluants ou l'exposition des populations.

Les différentes voies potentielles d'exposition considérées pour le site étudié sont présentées sur un schéma conceptuel.

Le premier stade dans l'évaluation de l'exposition humaine aux polluants consiste à estimer la contamination des différents milieux (eau, air, sol) en fonction de la pollution détectée dans les sols. La contamination des différents compartiments est liée au devenir et au comportement du polluant considéré, c'est à dire à sa biodégradabilité naturelle et à divers phénomènes de transfert.

Cette première étape permet de déterminer les voies potentielles d'exposition.

Le deuxième stade consiste à évaluer la capacité d'absorption des polluants par l'organisme en fonction de l'usage des sols, du milieu contaminé et des caractéristiques physiologiques de la population.

Ainsi, pour chaque substance, une Dose Journalière d'Exposition est calculée pour chaque voie d'exposition jugée appropriée à la problématique du site.

La DJE est ensuite calculée pour chaque substance en sommant les DJE obtenues pour chaque voie d'exposition pertinente.

La DJE peut être calculée sur la base de mesures dans les différents milieux (métrologie) ou par modélisation.

Caractérisation des risques

L'étape de caractérisation des risques est l'étape de synthèse. Elle doit prendre en compte les voies d'exposition, les différentes substances, les effets (de type aigu, subchronique ou chronique).

La toxicité d'une substance vis à vis d'une cible n'est pas nécessairement la même en fonction de la voie de passage du polluant dans l'organisme.

Si une valeur de référence n'est pas disponible, le calcul du risque est impossible.

Le risque global correspond à la somme des risques liés aux substances qui produisent les mêmes effets. Un niveau de risque acceptable est défini, d'après la méthodologie nationale en vigueur :

- pour les effets cancérigènes, l'excès de risque individuel (**ERI**) représente la probabilité d'occurrence que la cible développe l'effet associé à la substance du fait de l'exposition considérée. Il est comparé à la valeur 10^{-5} .
- pour les effets non cancérigènes, le quotient de danger (**QD**) représente la possibilité de survenue d'effets toxiques, il est comparé à la valeur 1.

Annexe 3 : Toxicologie des substances et organes cibles

(1 page)

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Effets cancérogènes		
	principale	secondaire	Organes cibles			Classification		Type cancer
			Ingestion	Inhalation	Contact cutané	CIRC	EPA	
METAUX								
Antimoine	Inhalation	Ingestion		pneumopathie, troubles nerveux, problèmes hématologique et cardiaque			-	-
Arsenic	Ingestion	Inhalation	Système cutané, respiratoire et neurologique, système cardiovasculaire, système hématologique, système hépatique, système digestif	Système cutané, respiratoire et neurologique, système cardiovasculaire, système digestif			1	A
Baryum	Ingestion		Fonction musculaire				3	D
Cadmium	Inhalation	Ingestion	Rein, squelette, système cardiovasculaire	Rein, système respiratoire, système cardiovasculaire			1	B1
Cuivre	Ingestion	Inhalation	Rein, foie, système cardiovasculaire, squelette, système nerveux central	Foie	Peau		3	D
Manganèse	Inhalation	Ingestion		Foie, rein, SN			-	D
Mercure élémentaire	Inhalation	Ingestion	SNC, rein, système cardiovasculaire, système gastro-intestinal	SNC, rein, fœtus, système cardiovasculaire	bouche		3	D
Mercure inorganique	Ingestion	Inhalation	Système immunitaire, SNC, reins, système cardiovasculaire	-	système cardiovasculaire, rein, SNC, système immunitaire, système gastro-intestinal		3	D
Mercure organique	Ingestion	Inhalation	-	SNC, rein, fœtus, système respiratoire et gastro-intestinal, muscle	-		2B	C
Nickel	Ingestion	Inhalation	Rein, foie, cœur, poumons	Poumons, thyroïde, système rénal			2B	A
Plomb	Inhalation, Ingestion		Rein, système gastro-intestinal, squelette, système immunitaire	SNC, SNP, système cardiovasculaire, thyroïde, système hématolymphatique			2A	B2
Sélénium	Inhalation	Ingestion	Système gastro-intestinal	Système gastro-intestinal, muqueuses			3	D
Zinc	Ingestion	Inhalation	Système gastro-intestinal, système hématolymphatique, système immunitaire	poumon			3	D
HAP								
Acénaphtène	Inhalation, Ingestion, Contact cutané		Foie, sang, poumon, organes de la reproduction	Foie, sang, poumon, organes de la reproduction	Foie, sang, poumon, organes de la		3	-
Anthracène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Foie			3	D
Benzo(a)anthracène	Ingestion	Inhalation					2A	B2
Benzo(a)pyrène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Système digestif, foie, rein, moelle osseuse (système hématolymphatique)		peau		2A	B2
Benzo(b)fluoranthène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Système immunologique				2B	B2
Benzo(g,h,i)perylene	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Système immunologique			3	D
Benzo(k)fluoranthène	Inhalation, Ingestion			Système immunitaire			2B	B2
Chrysène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Tissus adipeux, foie, cerveau, peau	Système immunologique			3	B2
Dibenz(a,h)anthracène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Foie, peau, système immunologique				2B	B2
Fluoranthène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Foie, rein				3	D
Fluorène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Foie, sang				3	D
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané						2B	B2
Naphtalène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Système hématolymphatique, yeux, système nerveux central, système gastro intestinal	poumon, système hématolymphatique, yeux, rein foie			2B	C
Phénanthrène	Inhalation	Contact cutané					3	D
Pyrène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Rein				3	D
HYDROCARBURES								
Hydrocarbures aliphatiques								
C16-C21	Ingestion, Contact cutané				Foie		3	D
C21-C35	Ingestion, Contact cutané				Foie		3	D
Hydrocarbures aromatiques								
C16-C21	Ingestion, Contact cutané				Rein		3	D
C21-C35	Ingestion, Contact cutané				Rein		3	D
PCB								
PCB	Ingestion, Contact cutané		Peau (tissu adipeux), foie, cerveau				2A	B2

Annexe 4 : Justification du choix des paramètres de transfert

(2 pages)

1 Taux de renouvellement d'air dans le bâtiment

Le taux de renouvellement d'air est un paramètre important dans le calcul de la concentration d'exposition à l'intérieur du bâtiment car il agit comme un facteur de dilution.

Le taux de renouvellement d'air est fonction de la typologie du bâtiment et dépend de trois critères :

- le défaut d'étanchéité qui induit un taux de renouvellement d'air de 0,3 à 0,5 volume par heure ;
- la ventilation (définie par la superficie du bâtiment) qui induit un taux de renouvellement d'air de 0,7 à 1 volume par heure ;
- les ouvertures (définies par la configuration des lieux – porte livraison pour les poids lourds, taille des fenêtres, ...) qui induisent un taux de renouvellement d'air de 0,5 à 15 volumes d'air par heure.

Selon le CSTB¹, dans le cas d'une entreprise, le taux de renouvellement d'air est compris entre 2 et 15 fois le volume d'air par heure.

Le décret n°841093 du 7 décembre 1984 fixe les débits minimaux réglementaires de ventilation pour les locaux publics et de travail. Ce débit est fixé à 18 m³/h/occupant pour les bureaux et locaux assimilés, et 22 m³/h/occupant pour les locaux de vente et de restauration. Pour une pièce de 15 m² occupée par une personne, ces débits correspondent donc à 0,5 v/h pour des bureaux, et 0,6 v/h pour les locaux de vente et de restauration.

L'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements fixe les débits minimaux réglementaires dans les logements. Ces débits sont fonction du nombre de pièces principales du logement, du type de pièce et du dispositif d'aération. A titre d'exemple, de façon générale, le débit total extrait varie de 35 m³/h pour un logement d'une pièce principale, à 90 m³/h pour un logement de 4 pièces principales. Ces débits correspondent à des taux de ventilation voisins de 0,5 v/h.

Pour cette étude, Arcadis a sélectionné un taux de renouvellement d'air pour les bâtiments de 0,5 volumes d'air par heure soit 12 volumes par jour.

2 Différence de pression air du bâtiment/air du sol

La différence de pression entre l'air du bâtiment et l'air du sol définit la prise en compte ou non du phénomène de convection qui favorise le transfert des composés volatils vers l'intérieur du bâtiment, et augmente donc, de ce fait, la valeur du risque.

Selon l'INERIS, la différence de pression varie selon les publications (américaines et hollandaises) entre 0 et 4 Pa.

Afin de majorer le calcul d'exposition, Arcadis a utilisé pour cette étude la valeur la plus défavorable, soit 4 Pa.

¹ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

3 Taux de fissuration

Ce paramètre traduit l'espace par lequel les vapeurs issues des sols présents sous la dalle de la construction pourront pénétrer à l'intérieur. Le taux de fissuration est sans unité dans la mesure où il correspond à un ratio de deux surfaces (surface de fissuration/surface de la dalle).

Dans la littérature, les taux de fissuration mentionnés sont très variables, compris entre 0,0001 et 0,001 (cf. tableau de synthèse 9 dans « User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings » - USEPA, 2003).

Pour cette étude, Arcadis a sélectionné la valeur contraignante de 0,001.

4 Epaisseur des fondations

La valeur prescrite par le Connecticut Department of Environmental Protection dans la publication de mars 2003: Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria est de 15 cm pour l'épaisseur des fondations de l'habitation prise en considération dans l'étude.

Cette épaisseur est par ailleurs couramment mise en œuvre dans les bâtiments commerciaux.

Dans l'étude, cette valeur de 0,15 m, jugée réaliste, a été retenue par Arcadis pour l'épaisseur des fondations.

5 Nature du sol en zone non saturée

La nature des sols en zone non saturée retenue dans le cadre de cette étude est de type « limoneuse » compte tenu des observations faites sur le terrain et des analyses granulométriques.

Les paramètres de modélisation relatifs à la nature des sols correspondent à des valeurs communément admises au regard de la lithologie du site :

- porosité totale : 0,399 (cm³/cm³) ;
- teneur en eau : 0,148 (cm³/cm³) ;
- fraction de matière organique : 0,002 (mg/mg), correspondant à la valeur moyenne analysée.

Ces paramètres sont développés dans le guide de Johnson et Ettinger².

6 Porosité de la dalle

Ce paramètre définit la porosité de la matrice en place au niveau des fissures et correspond à la porosité du sol sous le bâtiment. Par défaut, le modèle de Johnson & Ettinger considère que les sols présents sous le bâtiment correspondent à une couche de forme de porosité égale à 0,25 cm³/cm³.

C'est cette valeur de 0,25 cm³/cm³ proposée par défaut par le modèle qui a été retenue pour l'étude.

² « User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings » - USEPA- 19 juin 2003

Annexe 5 : Equations de transfert

(5 pages)

1 Calcul de la concentration dans l'air intérieur des bâtiments

Le modèle mathématique utilisé pour calculer des concentrations dans l'air à l'intérieur de bâtiments à partir de concentrations dans les sols ou dans les eaux souterraines repose sur le modèle de Johnson et Ettinger (1991).

L'entrée de substances volatiles dans un bâtiment va dépendre d'une part de paramètres environnementaux (concentration dans le sol ou la nappe, perméabilité et humidité du sol sous-jacent, distance de la source,...) et d'autre part des caractéristiques propres du bâtiment (dimensions du bâtiment, type de soubassement, fissuration de la surface en contact avec le sol, système de ventilation, ...).

Les phénomènes de convection sont associés à la dépression existant au sein du bâtiment provoquée par le tirage thermique essentiellement compte tenu de la différence de température entre l'intérieur du bâtiment et le sol. Plus la différence de température sera forte, plus la pénétration des vapeurs dans les bâtiments sera importante.

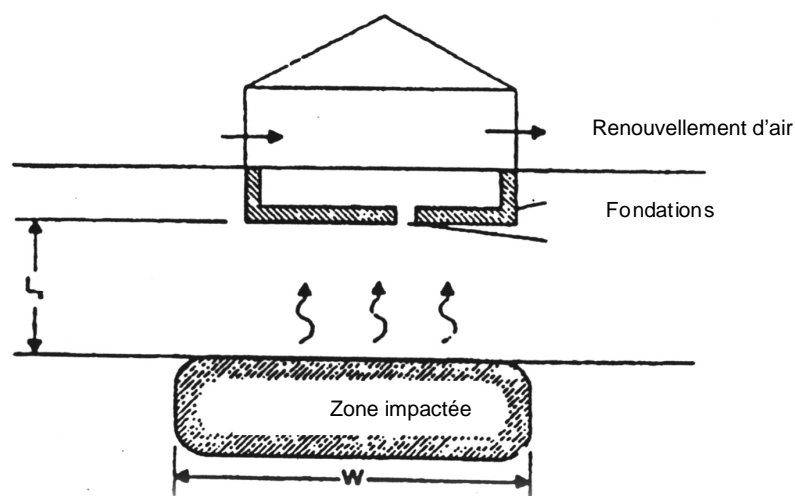


Figure 1 : Schéma conceptuel pour le calcul des concentrations d'exposition à l'intérieur des bâtiments à partir d'une source sol

Les équations de transfert mises en œuvre dans le logiciel RISC Workbench sont basées sur les équations établies par Johnson et Ettinger. Ces dernières ont été validées par l'USEPA et les informations

relatives à ce modèle mathématique sont développées dans le document « User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings » - USEPA - 19 juin 2003.¹

1.1 Transfert à partir des sols

1.1.1 Equations de transfert à partir d'une source sol

Le modèle combine un modèle de transport par diffusion et convection à travers le sol avec un modèle de transport à travers les fondations.

Dans le sol, hors zone d'influence du bâtiment, le transport des polluants est régi par la diffusion ; il peut être décrit par la loi de Fick.

$$E = \frac{D_{eff} (C_{vs} - C_{vf}) \times A_B}{L_T} \quad (1)$$

Avec :

- E : Flux massique du polluant vers le bâtiment (g/s)
- D_{eff} : Coefficient de diffusion effectif (cm²/s)
- C_{vs} : Concentration des vapeurs dans la zone source (g/cm³)
- C_{vf} : Concentration des vapeurs sous les fondations du bâtiment (g/cm³)
- A_B : Surface des fondations (cm²)
- L_T : Distance de la source aux fondations (cm)

Au voisinage des fondations, le transport des polluants est régi par la diffusion et la convection à travers les fissures. L'équation traduisant ces phénomènes est la suivante :

$$E = Q_{sol} C_{vf} - \frac{Q_{sol} (C_{vf} - C_{int})}{\left[1 - \exp\left(\frac{Q_{sol} L_{crack}}{D_{crack} A_{crack}} \right) \right]} \quad (2)$$

Avec :

- D_{crack} : Coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm²/s)
- A_{crack} : Surface des fissures par lesquelles les vapeurs pourront entrer dans le bâtiment (cm²)
- L_{crack} : Epaisseur des fondations (cm)
- Q_{sol} : Débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm³/s).

Ce paramètre peut être spécifié ou calculé à partir des données relatives à la surface des fissures, au type de sol en place, à la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, à la surface des fondations. Le flux est considéré passer dans un cylindre de longueur X_{crack} , de rayon r_{crack} localisé à une profondeur Z_{crack} sous le sol.

¹ http://www.epa.gov/oerrpage/superfund/programs/risk/airmodel/johnson_ettinger.htm

$$Q_{sol} = \frac{2\pi(\Delta P) K_v X_{crack}}{\mu \ln \left[\frac{2Z_{crack}}{r_{crack}} \right]}$$

ΔP : Gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur (g/cm.s²)

Z_{crack} : Profondeur des fondations (cm)

X_{crack} : Périmètre des fondations (cm)

μ : Viscosité de l'air (g/cm.s)

K_v : Perméabilité intrinsèque des sols aux vapeurs (cm²)

r_{crack} : Rayon équivalent de la fissure (cm) calculé comme suit :

$$r_{crack} = \frac{\eta A_B}{X_{crack}} \text{ avec } \eta = \frac{A_{crack}}{X_{crack}} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

A_{crack} : Surface des fissures (cm²)

Les phénomènes de diffusion domineront avec des sols fins induisant une faible perméabilité ($K_v < 10^{-8}$ cm²). Inversement les phénomènes de convection conditionneront le transport dans des sols plus perméables aux vapeurs ($K_v > 10^{-8}$ cm²).

A l'équilibre, les flux massiques vers le bâtiment sont en équilibre ; le couplage des équations (1) et (2) permettent d'extraire C_{vf} qui est alors introduit dans l'équation (2).

Sur la base d'une concentration à l'intérieur du bâtiment constante et d'une homogénéisation de la concentration assurée par le système de ventilation, le flux massique peut également s'écrire sous la forme d'une troisième équation :

$$E = C_{int} Q_B \quad (3)$$

Avec :

C_{int} : Concentration des vapeurs dans le bâtiment (g/cm³)

Q_B : Taux de ventilation du bâtiment, calculé à partir du taux de renouvellement d'air journalier et du volume du bâtiment (cm³/s)

$$Q_B = (L_B \times W_B \times H_B \times ER) \times \frac{1h}{3600s}$$

L_B, W_B, H_B : Longueur, largeur et hauteur du bâtiment (cm)

ER : Taux de renouvellement de l'air (h⁻¹)

Il en résulte l'équation de base suivante :

$$C_{int} = \frac{C^*_{int} \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) + \left[\frac{D_{eff} \times AB}{Q_B \times LT} \right] \right] + \left[\frac{D_{eff} \times AB}{Q_{sol} \times LT} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) - 1 \right]}$$

Où
$$C^*_{int} = \frac{D_{eff} A_B C_{vs}}{Q_B L_T}$$

C^*_{int} : Concentration des vapeurs dans le bâtiment en l'absence de fondation (g/cm³).

La concentration dans l'air du sol C_{vs} peut être soit spécifiée si des mesures sur site ont été réalisées soit calculée à partir de la concentration en polluant au niveau de la source sol à partir de l'équation suivante :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc})$$

Avec :

C_{vs} : Concentration des vapeurs dans la zone source (g/cm³)

C_t : Concentration en polluant dans le sol (mg/kg)

ρ_b : Densité du sol (g/cm³)

F_{oc} : Fraction de carbone organique dans le sol (g oc/g sol)

K_{oc} : Coefficient de partition du carbone organique (ml/g ou m³/kg)

K_H : Constante de Henry

θ_a : Teneur en air dans les sols (cm³ d'air/cm³ de sol)

θ_w : Teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/cm³ de sol)

1.1.2 Domaine d'application et limites du modèle

Il s'agit d'un modèle stationnaire. La source est considérée comme constante c'est à dire infinie. Cette hypothèse implique que la source soit suffisamment importante au regard de la vitesse de transfert des polluants dans le bâtiment. Cette hypothèse aura d'autant plus d'incidence que les polluants considérés présenteront des effets dits sans seuil ou cancérigènes pour lesquels la période d'exposition considérée sera de 30 ans minimum.

Les phénomènes de biodégradation des polluants ne sont pas pris en compte. Ce modèle est davantage approprié pour des polluants se dégradant lentement et pour des distances de diffusion courtes.

La source doit se trouver en zone non saturée. Pour des sources localisées en zone saturée, le modèle de volatilisation à partir de la nappe sera davantage approprié.

L'absence de contact entre le sol source et les fondations sera en mesure de supprimer tout phénomène de transfert ; ce sera le cas pour des bâtiments construits sur pilotis.

La nature du sous-sol et en particulier la porosité et la teneur en eau des sols traversés va conditionner les phénomènes de diffusion. Les caractéristiques des différents horizons de sol traversés restent le plus souvent inconnues induisant une incertitude importante sur la valeur du coefficient de diffusion effectif global. Il est possible de s'affranchir des incertitudes associées à la nature du sous-sol mais également de prendre en compte les phénomènes d'atténuation naturelle liée à la biodégradation des composés lors du processus de transport en réalisant directement des mesures des concentrations en polluants dans l'air du sol.

Annexe 6 : Feuilles de transfert sols / air ambiant

(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	1.0E+00
Length of source	m	5.0E+00
Width of source	m	3.0E+00
Soil bulk density	g/cm3	1.6E+00
Fraction organic carbon	g/g	2.0E-03

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	4.0E-01
Water content	cm3/cm3	1.5E-01
Air content	cm3/cm3	2.5E-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	3.0E+00
Enclosed space height	m	2.4E+00
Volume of building	m3	3.6E+01
Number of air changes per hour	1/hr	5.0E-01
Length of foundation perimeter	m	1.6E+01
= 2 * (length + width of foundation)		
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		
Acenaphthene	mg/kg	1.0E-01
Anthracene	mg/kg	2.2E-01
Benz(a)anthracene	mg/kg	1.6E+00
Benz(a)pyrene	mg/kg	3.1E+00
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg	2.4E+00
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg	2.3E+00
Benzo(k)fluoranthene	mg/kg	1.3E+00
Chrysene	mg/kg	1.6E+00
Dibenz(a,h)anthracene	mg/kg	3.9E-01
Fluoranthene	mg/kg	3.9E+00
Fluorene	mg/kg	6.0E-02
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	mg/kg	2.7E+00
Mercury (inorganic)	mg/kg	1.6E-02
Naphthalene	mg/kg	1.1E-01
PCB 101	mg/kg	1.0E-02
PCB 138	mg/kg	4.0E-02
PCB 153	mg/kg	4.0E-02
PCB 180	mg/kg	4.0E-02
Phenanthrene	mg/kg	1.0E+00
Pyrene	mg/kg	3.0E+00

Chemical Properties	Units	Acenaphthene	Anthracene	Benz(a)anthracene	Benz(a)pyrene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(g,h,i)perylene	Benzo(k)fluoranthene	Chrysene	Dibenz(a,h)anthracene	Fluoranthene	Fluorene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Mercury (inorganic)	Naphthalene	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Phenanthrene	Pyrene
Diffusion coefficient in air	cm2/s	4.2E-02	3.2E-02	5.1E-02	4.3E-02	2.3E-02	4.9E-02	2.3E-02	2.5E-02	2.0E-02	3.0E-02	3.6E-02	1.9E-02	3.1E-02	5.9E-02	1.8E-02	1.8E-02	1.8E-02	1.8E-02	5.2E-02	2.7E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	7.7E-06	7.7E-06	9.0E-06	9.0E-06	5.6E-06	5.6E-06	5.6E-06	6.2E-06	5.2E-06	6.4E-06	7.9E-06	5.7E-06	6.3E-06	7.5E-06	8.0E-06	8.0E-06	8.0E-06	8.0E-06	5.9E-06	7.2E-06
Solubility	mg/l	4.2E+00	4.3E-02	9.4E-03	1.6E-03	1.5E-03	2.6E-04	8.0E-04	1.6E-03	2.5E-03	2.1E-01	2.0E+00	2.2E-05	6.0E-02	3.1E+01	7.0E-02	7.0E-02	7.0E-02	7.0E-02	1.2E+00	1.4E-01
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.2E+01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organic/chemical carbon partition coefficient)	L/kg	7.1E+03	3.0E+04	4.0E+05	1.0E+06	1.2E+06	7.8E+06	1.2E+06	4.0E+05	3.8E+06	1.1E+05	1.4E+04	3.5E+06	ND	2.0E+03	5.3E+05	5.3E+05	5.3E+05	5.3E+05	2.3E+04	1.1E+05
Henry's Law coefficient	m3-H2O/(m3-air)	6.4E-03	2.7E-03	1.4E-04	4.6E-05	4.6E-03	6.6E-05	3.4E-05	3.9E-03	6.0E-07	6.6E-04	2.6E-03	6.6E-05	4.7E-01	2.0E-02	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.5E-03	4.5E-04
Molecular weight	g/mol	1.5E+02	1.8E+02	2.3E+02	2.5E+02	2.5E+02	2.8E+02	2.5E+02	2.3E+02	2.8E+02	2.0E+02	1.7E+02	2.8E+02	2.0E+02	1.3E+02	2.9E+02	2.9E+02	2.9E+02	2.9E+02	1.8E+02	2.0E+02

Indoor air concentration (mg/m3)

Time (year)	Acenaphthene (mg/m3)	Anthracene (mg/m3)	Benz(a)anthracene (mg/m3)	Benzo(a)pyrene (mg/m3)	Benzo(b)fluoranthene (mg/m3)	Benzo(g,h,i)perylene (mg/m3)	Benzo(k)fluoranthene (mg/m3)	Chrysene (mg/m3)	Dibenz(a,h)anthracene (mg/m3)	Fluoranthene (mg/m3)	Fluorene (mg/m3)	Indeno(1,2,3-cd)pyrene (mg/m3)	Mercury (inorganic) (mg/m3)	Naphthalene (mg/m3)	PCB 101 (mg/m3)	PCB 138 (mg/m3)	PCB 153 (mg/m3)	PCB 180 (mg/m3)	Phenanthrene (mg/m3)	Pyrene (mg/m3)
0	3.0E-05	6.5E-06	1.9E-07	5.0E-08	2.7E-06	6.9E-09	1.2E-08	3.9E-06	2.4E-11	7.8E-06	3.8E-06	9.5E-10	9.2E-05	3.7E-04	5.9E-09	2.4E-08	2.4E-08	2.4E-08	2.2E-05	4.1E-06
30	3.0E-05	6.5E-06	1.9E-07	5.0E-08	2.7E-06	6.9E-09	1.2E-08	3.9E-06	2.4E-11	7.8E-06	3.8E-06	9.5E-10	9.2E-05	3.7E-04	5.9E-09	2.4E-08	2.4E-08	2.4E-08	2.2E-05	4.1E-06

Annexe 7 : Equations de calcul des DJE

(1 page)

1 DJE par ingestion de sol :

L'équation pour le calcul de la dose d'exposition par ingestion de composés chimiques présents dans les sols est :

$$DA = \frac{CS \times IR \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Avec :

- DA : Dose Journalière d'exposition via l'ingestion de sol (mg/kg poids corporel/j)
- CS : Concentration en polluant dans les sols (mg/kg)
- CF : Facteur de conversion
CF = 10⁻⁶ pour les sols (kg/mg)
- IR : Quantité ingérée (sols en mg/j)
- EF : Fréquence d'exposition (jours/an)
- ED : Durée d'exposition (ans)
- BW : Masse corporelle (kg)
- AT : Temps global sur lequel l'exposition est pondérée (jours)
AT = pour les effets à seuil (ED x 365 j) ;
AT = pour les effets sans seuil (70 ans x 365 j)

2 DJE par inhalation

L'équation pour le calcul de la dose journalière d'exposition liée à l'inhalation est :

$$DA = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{VR \times AT}$$

Avec :

- DA : Dose Journalière Exposition via l'inhalation (mg/m³)
- CA : Concentration en polluant dans l'air ambiant (mg/m³)
- ET : Temps d'exposition (heures/jour)
- IR : Quantité inhalée (m³/heure)
- EF : Fréquence d'exposition (jours/an)
- ED : Durée d'exposition (ans)
- VR : Volume d'air inhalé par jour (m³/j)
- AT : Temps global sur lequel l'exposition est pondérée (jours)
AT = pour les effets à seuil (ED x 365j) ;
AT = pour les effets sans seuil (70 ans x 365j)

Annexe 8 : Justification du choix des paramètres d'exposition

(4 pages)

1 Durée d'exposition

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

Pour information, dans le cadre d'un usage non sensible soit un scénario industriel, l'INERIS¹ retient pour le calcul des Valeurs de Constat d'Impact une durée d'exposition de 220 jours par an (déduction faite des jours de week-ends et de congés) pendant 40 ans (durée de travail en France). Dans le cadre d'un usage sensible soit un scénario résidentiel, la durée d'exposition utilisée par l'INERIS est alors de 365 jours par an pendant 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants. La durée de vie globale est prise égale à 70 ans. L'évolution de la durée légale du temps de travail en France induit la prise en compte d'une durée de 42 ans pour ce paramètre.

L'US-EPA² recommande de retenir 30 ans comme temps de résidence pour le scénario résidentiel (la durée moyenne de résidence étant de 9 ans) et une fréquence d'exposition de 350 jours par an (la fréquence d'exposition suivrait selon Smith une distribution triangulaire avec des valeurs minimales et maximales respectivement égales à 180 et 365 jours, la valeur la plus probable étant 345 jours).

Concernant la durée d'occupation du poste de travail, une étude de Carey (1988)³ montre que celui-ci s'échelonne entre 1,9 ans pour les travailleurs les plus jeunes à 21,9 ans pour les travailleurs les plus âgés (hommes et femmes confondus), la moyenne étant de 6,6 ans. La représentativité de cette étude reste toutefois limitée à la population américaine.

Les durées d'exposition retenues dans cette étude sont :

- **pour le scénario résidentiel, de 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants, 350 jours par an,**
- **pour le scénario espaces verts, de 42 ans et 141 jours par an pour les employés en charge de l'entretien.**

2 Masse de l'individu

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

L'US-EPA⁴ recommande les valeurs de 70 kg pour l'adulte, 15 kg pour un enfant de 0 à 6 ans ou 35 kg pour un enfant de 0 à 16 ans. Ces valeurs sont reprises par l'INERIS pour le calcul des VCI où l'enfant est assimilé à un individu d'âge inférieur à 6 ans ayant un poids moyen de 15 kg et l'adulte se caractérise par un poids moyen de 70 kg.

¹ INERIS- « Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols », Novembre 2001.

² Données reprises du rapport "Guidance for Conducting Risk Assessments and Related Risk Activities for the DOE-ORO Environmental Management Program – BJC/OR-271", Avril 1999. Ce rapport fait notamment référence aux travaux de Smith R. « Use of Monte Carlo simulation for human exposure assessment at a Superfund site », *Risk Analysis* Vol.14, n°4, 1994.

³ Etude citée dans « Exposure factors handbook », EPA/600/P-95/002Fa – August 1997, Volume III : Activity factors

⁴ cf. note 2

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

3 Volume d'air inhalé

Le volume respiratoire dépend de l'âge, du sexe mais également de l'activité physique pratiquée par l'individu.

Le volume d'air moyen inhalé par jour pour l'exposition chronique d'un adulte serait de 11,3 m³/ jour pour une femme et 15,2 m³/ jour pour un homme, sur la base des calculs présentés dans l'étude de Layton⁵ (1993). Cette même étude propose différents volumes d'air inhalé pour les enfants selon leur tranche d'âge ; ils sont compris entre 4,5 (enfants < 1 an) et 15 m³/jour (garçons entre 12 et 14 ans). L'US-EPA propose de retenir pour les enfants (entre 1 et 12 ans), une concentration moyenne de 8,7 m³/jour.

Les données relatives au volume d'air inhalé pour les travailleurs en extérieur sont limitées. Elles seraient comprises d'après une étude de Linn *et al.*, 1993⁶, pour des ouvriers du bâtiments, entre 1,1 (en phase de faibles activités) et 2,5 m³/h (en phase d'intenses activités).

L'US-EPA utilise pour la construction des valeurs toxicologiques de référence le volume d'air inhalé de 20 m³/jour correspondant au volume moyen pour un adulte.

La banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué élaboré conjointement par l'ADEME et l'IRSN (version 0, juin 2003) propose un tableau récapitulatif les débits respiratoires en fonction de l'âge et du sexe. Les valeurs sont rappelées ci-dessous :

Débits respiratoires en m³/h

	Femme			Homme		
	Sommeil	Veille	Act. Intense	Sommeil	Veille	Act. Intense
[0-1[	0,09	0,19		0,09	0,19	
[1-2[	0,15	0,31		0,15	0,31	
[2-7[	0,24	0,49		0,24	0,49	
[7-12[	0,31	0,87		0,31	0,87	
[12-17[	0,35	0,85	1,01	0,42	0,93	1,89
[17-65 et +[	0,32	0,96	1	0,45	1,18	1,69

(d'après ICRP, 1994)

⁵ Layton D.W (1993) « Metabolically consistent breathing rates for use in dose assessments » ; Health Physics 64 (1):23-26 – Etude citée dans « Exposure factors handbook », EPA/600/P-95/002Fa – August 1997, Volume I : General factors

⁶ Linn *et al.*, W.S (1993) « Activity patterns in ozone – Exposed construction workers » ; J. Occ. Med. Tox. 2 (1):1-14 - Etude citée dans « Exposure factors handbook », EPA/600/P-95/002Fa – August 1997, Volume I : General factors

A partir de ces données, Arcadis a estimé un volume respiratoire moyen pondéré entre 0 et 6 ans pour les enfants. Le détail de ce calcul est fourni ci-après :

Tranche d'âge	Taux de ventilation - Sommeil (m ³ /h)	Temps estimé de sommeil (h/j)	m ³ /j inhalé - sommeil	Taux de ventilation - Veille (m ³ /h)	Temps estimé de veille (h/j)	m ³ /j inhalé - veille	Total inhalé m ³ /j
0-1	0,09	20	1,8	0,19	4	0,76	2,56
1-2	0,15	14	2,1	0,31	10	3,1	5,2
2-6	0,24	12	2,88	0,49	12	5,88	8,76

Taux de ventilation en sommeil et en veille par tranche d'âge issus de la base de données CIBLEX

Moyenne pondérée inhalée entre 0 et 6 ans - m ³ /j x nb année	59,32
Moyenne pondérée inhalée entre 0 et 6 ans en m³/j	8,5
Moyenne pondérée inhalée entre 0 et 6 ans en m³/h	0,35

Les valeurs retenues dans cette étude sont :

- 20 m³ soit 0,83 m³/h d'air inhalé par jour pour l'exposition d'une personne adulte ;
- 8,5 m³ soit 0,35 m³/h d'air inhalé par jour pour l'exposition d'un enfant (entre 0 et 6 ans).

4 Quantité de sols ingérée

Le choix des paramètres concernant le volume de sol ingéré est basé sur le document « Evaluation and revision of the CSOIL parameter set » (mars 2001).

Dans ce document, les quantités estimées de sols ingérés par jour pour un enfant et un adulte ont été respectivement définies comme étant de 150 et 50 mg/j sur la base des études de Hawley (1985), Linders (1990), Calabrese (1989, 1990, 1997), Stanek (1997) et Van Wijnen *et al.* (1990).

La valeur de 150 mg/j a été calculée à partir de résultats de plusieurs études relatives à l'ingestion par inadvertance de sol par des enfants âgés entre 1 et 6 ans (l'ingestion délibérée comme la maladie du pica n'est pas prise en compte dans cette étude). Ces études ont utilisé des éléments traceurs (tels que l'aluminium, la silice ou l'yttrium), éléments naturellement présents dans les sols, et qui ont été analysés dans les fèces des enfants.

Ainsi, pour un enfant, les quantités ingérées définies dans les différentes études de référence sont comprises entre 61 et 179 mg/j. La moyenne arithmétique de l'ensemble des études référencées est de 102 mg/j et l'UCL 95 de 200 mg/j. La valeur sélectionnée de 150 mg/j correspond à l'UCL 90.

En ce qui concerne l'exposition des adultes, seules quatre études sont disponibles pour évaluer le volume de sol ingéré par des adultes. Les résultats de ces études indiquent des quantités de sol ingérées variant entre 10 et 480 mg/j. L'étude la plus récente disponible de Stanek (Stanek *et al.*, 1997), a permis de définir un volume de 10 mg/j (valeur la plus faible) de sol ingéré. Toutefois, l'étude ayant été réalisée sur 4 semaines, la valeur finale correspond à une moyenne sur ces 4 semaines. Cette valeur relativement faible est le résultat de valeurs faibles pour la semaine numéro 4. Si l'on considère uniquement les trois premières semaines, la moyenne est alors de 53 mg/j. La quantité de sol ingérée par un adulte a été arrondie à 50 mg/j.

A partir d'hypothèses sur la surface corporelle et les fréquences de contact avec le sol et les poussières, Hawley (Hawley 1985) estime qu'un adulte ingère une quantité de sol et de poussières de :

- 0.5 mg/j dans une pièce de séjour
- 110 mg/j s'il fréquente une zone empoussiérée
- 480 mg/j lors de travaux de jardinage

En se basant sur la littérature disponible, et en comparant les données utilisées dans d'autres pays (Allemagne, Grande Bretagne et USA) Arcadis considère que la valeur de 150 mg/j pour l'ingestion de sols par des enfants est une valeur élevée et aurait donc tendance à majorer l'exposition. Quant à la valeur relative aux adultes utilisée par Arcadis dans la présente étude de 50 mg/j, elle se situe dans la fourchette des valeurs fournies par les différents pays cités ci dessus (entre 16 et 60 mg/j).

Pour son étude, Arcadis a donc retenu les valeurs suivantes :

- **50 mg de sol par jour pour les adultes résidents, ;**
- **150 mg de sol par jour pour les enfants résidents ;**
- **480 mg de sol ingéré par jour pour les employés en charge de l'entretien des espaces verts.**

Annexe 9 : VTR retenues pour l'étude

(1 page)

Composés	VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE									
	Risque non cancérigène					Risque cancérigène				
	Ingestion		Inhalation		Ingestion		Inhalation			
	mg/kg/j	Base de données	mg/m ³	Base de données	(mg/kg/j) ⁻¹	Base de données	à seuil de dose		sans seuil de dose	
						mg/m ³	Base de données	(mg/m ³) ⁻¹	Base de données	
HYDROCARBURES										
<i>Aliphatiques</i>										
TPH Aliphatiques EC16-EC35	2.00E+00	TPH WG	-	TPH WG	-		-		-	
<i>Aromatiques</i>										
TPH Aromatiques EC16-EC21	3.00E-02	TPH WG	-	TPH WG	-		-		-	
TPH Aromatiques EC21-EC35	3.00E-02	TPH WG	-	TPH WG	-		-		-	
HAP										
Acénaphthène	6.00E-02	US EPA	-		2.00E-04		-		1.10E-03	
Anthracène	3.00E-01	US EPA	-		2.00E-03		-		1.10E-02	
Benzo(a)anthracène	-		-		2.00E-02		-		1.10E-01	
Benzo(a)pyrène	-		-		2.00E-01	RIVM/expertise INERIS	-		1.00E+00	OEHHA/expertise INERIS
Benzo(b)fluoranthène	-		-		2.00E-02		-		1.10E-01	
Benzo(g,h,i)perylène	3.00E-02	RIVM	-		2.00E-03		-		1.10E-02	
Benzo(k)fluoranthène	-		-		2.00E-02		-		1.10E-01	
Chrysène	-		-		2.00E-03		-		1.10E-02	
Dibenzo(a,h)anthracène	-		-		2.00E-01		-		1.10E+00	
Fluoranthène	4.00E-02	US EPA	-		2.00E-04		-		1.10E-03	
Fluorène	4.00E-02	US EPA	-		2.00E-04		-		1.10E-03	
Indéno(1,2,3-CD)pyrène	-		-		2.00E-02		-		1.10E-01	
Naphtalène	2.00E-02	US EPA	3.70E-02	ANSES	2.00E-04		-		5.60E-03	ANSES
Phénanthrène	4.00E-02	RIVM	-		2.00E-04		-		1.10E-03	
Pyrène	3.00E-02	US EPA	-		2.00E-04		-		1.10E-03	
METAUX										
			Pertinent uniquement par inhalation de poussières, sauf pour le mercure							
Antimoine	4.00E-04	USEPA	-		-				-	
Arsenic	3.00E-04	ATSDR	1.50E-05	OEHHA	1.50E+00	USEPA			3.30E+00	OEHHA
Baryum	2.00E-01	ATSDR	1.00E-03	RIVM	-				-	
Cadmium	1.00E-04	ATSDR	4.50E-04	ANSES	-		3.00E-04	ANSES	-	
Cuivre	1.40E-01	RIVM	1.00E-03	RIVM	-				-	
Manganèse	6.00E-02	OMS	3.00E-04	ATSDR	-				-	
Mercuré	2.00E-03	OMS	3.00E-05	OEHHA/Expertise INERIS	-				-	
Molybdène	5.00E-03	USEPA	1.20E-02	RIVM	-				-	
Nickel	2.00E-02	USEPA	9.00E-05	ATSDR	-				3.80E-01	OMS
Plomb	3.50E-03	OMS	5.00E-04		-				-	
Sélénium	5.00E-03	USEPA	2.00E-02	OEHHA	-				-	
Zinc	3.00E-01	USEPA	-		-				-	
AROCHLOR - PCB										
PCB 101	2.00E-05	OMS	5.00E-04	RIVM	2.00E+00	US EPA			1.000E-01	US EPA
PCB 138	2.00E-05	OMS	5.00E-04	RIVM	2.00E+00	US EPA			1.000E-01	US EPA
PCB 153	2.00E-05	OMS	5.00E-04	RIVM	2.00E+00	US EPA			1.000E-01	US EPA
PCB 180	2.00E-05	OMS	5.00E-04	RIVM	2.00E+00	US EPA			1.000E-01	US EPA
Famille de PCB	2.00E-05	OMS	5.00E-04	RIVM	3.00E+00	US EPA			1.000E-01	US EPA

Légende :

- : Absence de VTR

NP : voie non pertinente dans notre étude

0.01 : VRT provisoire retenue

Annexe 10 : Tableau de toutes les VTR existantes dans la littérature

(5 pages)

	Composé	Numéro CAS	Base de donnée source	Dose de Référence par ingestion (Dring) mg/kg/j	Année	Confiance	Dose Expérimentale	Facteur d'incertitude	Etude pivot	Etude réalisée sur	Effets ou organe cible
HAP	Acénaphthène	83-32-9	US EPA	6.00E-02	1994	Faible	NOAEL, 175	3000	USEPA 1989	Souris	Foie
	Anthracène	120-12-7	US EPA	3.00E-01	1993	Faible	NOAEL, 1000	3000	USEPA 1989	Souris	Toxicité subchronique
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	-	-	Basé sur l'évaluation des TPH qui recommande une TDI de 0,04 mg/kgj pour les HC aromatiques C9-C16 non cancérogènes		
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(g,h,i)perylene	191-24-2	RIVM	0,03	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrysène	218-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	US EPA	4.00E-02	1993	Faible	NOAEL, 125	3000	USEPA 1988	Souris	Foie
	Fluorène	86-73-7	US EPA	4.00E-02	1990	Faible	NOAEL, 125	3000	USEPA 1989	Souris	Troubles sanguins
	Indeno(1,2,3-c-d)pyrène	193-39-5	RIVM	4.00E-02	-	-	-	-	Baars et al.2001(source TPH)	-	-
	Naphtalène	91-20-3	US EPA	2.00E-02	1998	Faible	NOAEL, 71	3000	BCL 1980	Rat	Perte de poids
	Phénanthrène	85-01-8	RIVM	4.00E-02	-	-	-	-	Baars et al.2001(source TPH)	-	-
	Pyrène	129-00-0	US EPA	3.00E-02	1993	Faible	NOAEL, 75	3000	USEPA 1989	Souris	Reins
	Antimoine	7440-36-0	USEPA	4.00E-04	1987	Faible	LOAEL 0,35	1000	Schroeder et al., 1970	Rat	Baisse de la durée de vie, altération de la concentration en glucose et cholestérol dans le sang
	Arsenic inorganique	7440-38-2	ATSDR	3.00E-04	2007	-	NOAEL 0.0008	3	Tseng et al., 1968 et 1977	Homme	Peau
			RIVM	1.00E-03	1999/2000	Elevée	NOAEL 0.0021	2	Health council of the Netherlands, 1993	Homme	Peau
			OEHHA	3.00E-04	2005	Valeur non présentée sur le site de l'OEHHHA mais mentionné sur la fiche INERIS du 27/07/2006					
			USEPA	3.00E-04	1993	Moyenne	NOAEL 0.0008	3	Tseng et al., 1968 et 1977	Homme	Peau
Baryum	7440-39-3	USEPA	2.00E-01	2005	Moyenne	BMDL(05)63	300	NTP, 1994	Souris	Reins	
		ATSDR	2.00E-01	2007	-	BMDL(05)61	300	NTP, 1994	Souris	Reins	
Cadmium	7440-43-9	RIVM	2.00E-02	1999/2000	-	NOEL 0.2	10	Wones et al.; Brenniman et Levy, 1984	Homme	Système cardiovasculaire	
		ATSDR	1.00E-04	2012	-	UCDL10	3	Buchet, Lauwerys, roels, 1990	Homme	Reins	
		RIVM	5.00E-04	1999/2000	-	LOAEL 0.001	2	Nogawa et al., 1989	Homme	Reins	
		USEPA (food)	1.00E-03	1994	Elevée	NOAEL 0.01	10	USEPA , 1985	Homme	Protéinurie	
		USEPA (water)	5.00E-04	1994	Elevée	NOAEL 0.005	10	USEPA , 1985	Homme	Protéinurie	
		OMS	7.00E-03	2005	-	-	-	-	-	-	
Cuivre	7440-50-8	OMS	5.00E-01	1982	PROVISOIRE	-	10	TRS 683-JECFA 26/31	Chien	-	
		RIVM	1.40E-01	1999/2000	Moyen	LOAEL 4.2	30	Vermeire et al, 1991	Animaux	-	
Manganèse	7439-96-5	OMS	6.00E-02	2003	-	NOAEL 11	3	-	Homme	-	
		USEPA	1.40E-01	1996	Moyen	NOAEL 0.14	1	NRC, 1989; Freeland-Graves et al., 1987; WHO, 1973	Homme	Système nerveux central	
Mercure	7439-97-6	OMS	2.00E-03	2008	-	DHTP 0,005	-	JECFA , 1972.1988	-	-	
		RIVM	2.00E-03	199/2000	Elevée	NOAEL 0.0013	10	ATSDR, 1999	Homme	Troubles du développement	
Molybdène	7439-98-7	USEPA	5.00E-03	1992	Moyen	LOAEL 0.14	30	Kova'skiy et al., 1961	Homme	Augmentation de la concentration en acide urique	
		RIVM	1.00E-02	1999/2000	Elevée	NOAEL 1	100	Van Esch,1978	Rat	effets sur les genous	
Plomb	7439-92-1	RIVM	3.60E-03	1999/2000	Elevée	25µg/kg/sem	-	WHO, 1993 et IPCS, 1995	Homme	Système nerveux central et cerveau	
		OMS	3.50E-03	1999	-	25µg/kg/sem	-	-	-	-	
Sélénium	7782-49-2	ATSDR	5.00E-03	2003	-	NOAEL 0.015	3	Yang et Zhou, 1994	Homme	Phanères	
		USEPA	5.00E-03	1991	Elevée	NOAEL 0.015	3	Yang et al., 1989	Homme	Phanères	
Zinc	7440-66-6	ATSDR	3.00E-01	2005	-	NOAEL 0.83	3	Yadrick et al., 1989	Homme	Sang	
		RIVM	5.00E-01	1999/2000	-	LOAEL 0.83	2	Yadrick et al., 1989 (as cited in ATSDR, 1994)	Homme	Sang	
		USEPA	3.00E-01	2005	-	LOAEL 0,91	3	Multiple	Homme	Sang	
PCB et Arochlors	PCB 101	37680-73-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 138	35065-28-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 153	35065-27-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 180	35065-29-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Famille de PCB	1336-36-3	ATSDR	2.00E-05	2000	-	LOAEL 0,005	300	Tryphoras, 1989 & 1991	Singe	Système immunitaire
		OMS	2.00E-05	2003	-	LOAEL 0,005	300	Tryphoras, 1989 & 1991	Singe	Système immunitaire	
		RIVM	1.00E-05	2001	-	-	-	Baars et al.2001	Singe	Système immunitaire	

	Composé	Numéro CAS	Classification		Excès de risque unitaire par ingestion (ERUing ou Sfo) (mg/kg/j)-1	Année	Base de l'excès de risque unitaire par ingestion	Base de donnée source	Type de cancer ou organe cible
			CIRC	USEPA					
HAP	Acénaphthène	83-32-9	-	-	-	-	-	-	-
	Anthracène	120-12-7	3	D	-	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	2B	B2	1.20E+00	2002	-	OEHHA	-
	benzo(a)pyrène	50-32-8	2A	B2	7.30E+00	1992	Neal & Rigdon, 1967	US EPA	estomac
					2.00E-01	1999	Kroese et al, 2001Culp et al, 1998	INERIS d'après RIVM	Foie, estomac
					1.20E+01	2002	Neal & Rigdon, 1967	OEHHA	Estomac
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	2B	B2	1.2	2002	-	OEHHA	-
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	3	D	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	2B	B2	1.2	2002	-	OEHHA	-
	Chrysène	218-01-9	3	B2	1.20E-01	2002	-	OEHHA	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	2B	B2	4.1	2002	-	OEHHA	-
	Fluoranthène	206-44-0	3	D	-	-	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	3	D	-	-	-	-	-
	Indeno(1,2,3,c,d)pyrène	193-39-5	2B	B2	1.2	2002	-	OEHHA	-
	Naphtalène	91-20-3	2B	C	1.20E-01	2002	-	OEHHA	effets génotoxiques
	Phénanthrène	85-01-8	3	D	-	-	-	-	-
	Pyrène	129-00-0	3	D	-	-	-	-	-
	Antimoine	7440-36-0	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic inorganique	7440-38-2	1	A	1.5	1997	Tseng et al., 1968 and Tseng, 1977	USEPA	Cancer de la peau
				9.5	2009	2009 Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors OEHHA, 2004 Public Health Goal for Arsenic in Drinking Water	OEHHA	Cancers chez l'homme	
METAUX	Baryum	7440-39-3	-	D	-	-	-	-	-
	Cadmium	7440-43-9	1	B1	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	-	D	-	-	-	-	-
	Manganèse	7439-96-5	-	D	-	-	-	-	-
	Mercuré	7439-97-6	3	D	-	-	-	-	-
	Molybdène	7439-98-7	-	-	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	2B	B2	8.50E-03	2002	OEHHA, 2002 Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors	OEHHA	Valeur non retenue basée sur étude INERIS
	Sélénium	7782-49-2	3	D	-	-	-	-	-
Zinc	7440-66-6	-	-	-	-	-	-	-	
PCB et Arochlors	PCB 101	37680-73-2	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 138	35065-28-2	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 153	35065-27-1	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 180	35065-29-3	2A	B2	-	-	-	-	-
	Famille de PCB	1336-36-3	2A	B2	2	2009	-	OEHHA	-
					2	1996	Norback et Weltman,1985	USEPA	Tumeurs hépatiques
					0.4	1996	Norback et Weltman,1985	USEPA	Tumeurs hépatiques
				0.07	1996	Norback et Weltman,1985	USEPA	Tumeurs hépatiques	

	Composé	Numéro CAS	Base de donnée source	Concentration de référence par inhalation (CR _{inh})	Année	Confiance	NOAEL	Facteur d'incertitude	Etude pivot	Etude réalisée sur	Effets ou organe cible
				mg/m ³							
HAP	Acénaphène	83-32-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anthracène	120-12-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrysène	218-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	-	-	-	-	-	-	-	-	s
	Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Naphtalène	91-20-3	ATSDR	4.00E-03	2009	-	LOAEL (ADJ) 1	300	NTP, 1992	Souris	Foie
			US EPA	3.00E-03	1998	Faible	LOAEL(HEC) 9.3	3000	NTP, 1992	Souris animal	Trouble épithélium nasal
		OEHHA	9.00E-03	-	-	-	-	-	-	Système respiratoire	
		ANSES	3.70E-02	2013	moyen	LOAEC 52 mg/m3	250	NTP - 2000	Rats F344	système respiratoire	
	Phénanthrène	85-01-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pyrène	129-00-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercure	7439-97-6	ATSDR	2.00E-04	2001	LOAEL 0,026	30	Fawer et al., 1983	Homme	Système nerveux	
		OMS	2.00E-04	2003	-	LOAEL 0.015-0.030	20	-	Homme	-	
METAUX			USEPA	3.00E-04	1995	Moyen	LOAEL 0,025	30	Fawer et al., 1983; Piikivi and Tolonen, 1989; Piikivi and Hanninen, 1989; Piikivi, 1989; Ngim et al., 1992; Liang et al., 1993	Homme	Système nerveux
			RIVM	2.00E-04	2001	-	LOAEC adj 0.006	30	ATSDR, 1999	Homme	Système nerveux
			OEHHA	3.00E-05	2008	-	LOAEC 0.009	300	-	Homme	Système nerveux
PCB et Arochlors	PCB 101	37680-73-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 138	35065-28-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 153	35065-27-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PCB 180	35065-29-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Famille de PCB	1336-36-3	RIVM	5.00E-04	2001	-	NOAEL	100	Baars et al., 2001	Singe	Augmentation du poids des foetus

* VTR a seuil de dose pour les effets cancérogènes

Tableau récapitulatif des concentrations de référence par inhalation (effets cancérigènes)

	Composé	Numéro CAS	Classification		Excès de risque unitaire par inhalation (ERUinh) (µg/m3)-1	Année	Base de l'excès de risque unitaire par inhalation	Base de donnée source	Type de cancer ou organe cible
			CIRC	USEPA					
HAP	Acénaphthène	83-32-9	-	-	-	-	-	-	-
	Anthracène	120-12-7	3	D	-	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	B2	1.10E-04	2002	-	OEHHA	-
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	2A	B2	1.10E-03	2002	-	OEHHA	Cancer chez l'animal
					8.70E-02	-	-	OMS	cancers des poumons chez l'homme
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	2B	B2	1.10E-04	2002	-	OEHHA	-
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	3	D	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	2B	B2	1.10E-04	2002	-	OEHHA	-
	Chrysène	218-01-9	3	B2	1.10E-05	2002	-	OEHHA	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	2B	B2	1.20E-03	2002	-	OEHHA	-
	Fluoranthène	206-44-0	3	D	-	-	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	3	D	-	-	-	-	-
	Indeno(1,2,3,c,d)pyrène	193-39-5	2B	B2	1.10E-04	2002	-	OEHHA	-
	Naphtalène	91-20-3	2B	C	-	1998	-	US EPA	-
				3.40E-05	2004	-	OEHHA	génétoxicité	
				5.60E-06	2013	-	ANSES	Neroblastomes de l'épithélium olfactif	
METAUX	Phénanthrène	85-01-8	3	D	-	-	-	-	-
	Pyrène	129-00-0	3	D	-	-	-	-	-
	Mercure	7439-97-6	-	D	-	-	-	-	-
PCB et Arochlors	PCB 101	37680-73-2	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 138	35065-28-2	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 153	35065-27-1	2A	B2	-	-	-	-	-
	PCB 180	35065-29-3	2A	B2	-	-	-	-	-
	Famille de PCB	1336-36-3	2A	B2	1.00E-04	1996	Norback et Weltman, 1985	USEPA	tumeurs hépatiques
				5.70E-04	2002	Norback et Weltman,1985	OEHHA	Tumeurs hépatiques	

	Effets non cancérigènes		Effets cancérigènes		Classification EPA
	Ingestion	Inhalation	Ingestion	Inhalation	
	RfDoral	RfCinh	Sfo	ERU	
	mg/kg/j	mg/m3	(mg/kg/j)-1	(mg/m3)-1	
Hydrocarbures aliphatiques					
Hydrocarbures aliphatiques >C16-C21	2.00E+00	-	-	-	D
Hydrocarbures aliphatiques >C21-C34	2.00E+00	-	-	-	D
Hydrocarbures aromatiques					
Hydrocarbures aromatiques >C16-C21	3.00E-02	-	-	-	D
Hydrocarbures aromatiques >C21-C35	3.00E-02	-	-	-	D

Annexe 11 : Justification du choix des VTR

(1 page)

Annexe 12 : Calcul de l'exposition et du risque— scénario résidentiel

(10 pages)

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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 -
		0.83	20	350	30	20	25550			
HAP										9.03E-07
Acenaphthene	3.02E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.03E-05	1.10E-03	1.13E-08
Acenaphthylene		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00
Anthracene	6.48E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.21E-06	1.10E-02	2.43E-08
Benz(a)anthracene	1.94E-07	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	6.62E-08	1.10E-01	7.28E-09
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.72E-08	1.00E+00	1.72E-08
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	9.23E-07	1.10E-01	1.02E-07
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.35E-09	1.10E-02	2.58E-11
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	4.23E-09	1.10E-01	4.65E-10
Chrysene	3.86E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.32E-06	1.10E-02	1.45E-08
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.14E-12	1.10E+00	8.96E-12
Fluoranthene	7.80E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.66E-06	1.10E-03	2.93E-09
Fluorene	3.75E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.28E-06	1.10E-03	1.41E-09
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	3.22E-10	1.10E-01	3.55E-11
Naphthalene	3.73E-04	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.27E-04	5.60E-03	7.12E-07
Phenanthrene	2.23E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	7.62E-06	1.10E-03	8.38E-09
Pyrene	4.14E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.41E-06	1.10E-03	1.55E-09
Métaux lourds										0.00E+00
Mercury (inorganic)	9.24E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	3.15E-05	-	
Alcanes										0.00E+00
Heptane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
Octane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										2.61E-09
PCB 28		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 52		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.01E-09	1.00E-01	2.01E-10
PCB 118		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10
PCB 153	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10
PCB 180	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	9.03E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	2.61E-09
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme	9.06E-07

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

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		
		0.83	20	350	30	20	10950	-		
HAP										8.02E-03
Acenaphthene	3.02E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.40E-05	-	
Acenaphthylene		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
Anthracene	6.48E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	5.16E-06	-	
Benz(a)anthracene	1.94E-07	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.54E-07	-	
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	4.01E-08	-	
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.15E-06	-	
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	5.48E-09	-	
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	9.87E-09	-	
Chrysene	3.86E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	3.07E-06	-	
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.90E-11	-	
Fluoranthene	7.80E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	6.21E-06	-	
Fluorene	3.75E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.99E-06	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	7.52E-10	-	
Naphthalene	3.73E-04	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.97E-04	3.70E-02	8.02E-03
Phenanthrene	2.23E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.78E-05	-	
Pyrene	4.14E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	3.29E-06	-	
Métaux lourds										2.45E+00
Mercury (inorganic)	9.24E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	7.35E-05	3.00E-05	2.45E+00
Alcanes										0.00E+00
Heptane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	3.00E+00	0.00E+00
Octane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										1.22E-04
PCB 28		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 52		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	4.68E-09	5.00E-04	9.36E-06
PCB 118		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05
PCB 153	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05
PCB 180	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	8.02E-03
Métaux lourds	2.45E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	1.22E-04
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phthalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme Aliphatiques	2.46E+00
Somme Aromatiques	2.46E+00

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel ERI
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	50	350	30	70	25550	-	-	-
HAP										2.55E-07
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-08	2.00E-04	5.87E-12
Acénaphthylène	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E-04	0.00E+00
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	6.46E-08	2.00E-03	1.29E-10
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.70E-07	2.00E-02	9.39E-09
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	7.05E-07	2.00E-02	1.41E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	6.75E-07	2.00E-03	1.35E-09
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.82E-07	2.00E-02	7.63E-09
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.10E-07	2.00E-01	1.82E-07
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.70E-07	2.00E-03	9.39E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.14E-07	2.00E-01	2.29E-08
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.14E-06	2.00E-04	2.29E-10
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.76E-08	2.00E-04	3.52E-12
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	7.93E-07	2.00E-02	1.59E-08
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.23E-08	2.00E-04	6.46E-12
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-07	2.00E-04	5.87E-11
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	8.81E-07	2.00E-04	1.76E-10
Métaux lourds										5.72E-04
Arsenic	1.30E+03	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.82E-04	1.50E+00	5.72E-04
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.05E-07	-	-
Chrome III	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome VI	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	4.20E-01	0.00E+00
Cobalt	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.87E-05	-	-
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.56E-04	-	-
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.39E-08	-	-
Nickel	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.01E-05	-	-
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.28E-05	-	-
Argent	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Bore	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.43E-05	-	-
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.52E-07	-	-
Selenium	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.20E-06	-	-
Etain	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Vanadium	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Strontium	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Phosphore	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Aluminium	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Alcane										0.00E+00
Heptane	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hexane	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Octane	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hydrocarbures aliphatiques										0.00E+00
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	5.37E-05	-	-
Hydrocarbures aromatiques										0.00E+00
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.11E-06	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.96E-05	-	-
PCB par Congénères										7.63E-08
PCB 28	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 52	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-09	2.00E+00	5.87E-09
PCB 118	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	2.55E-07
Métaux lourds	5.72E-04
Alcane	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	7.63E-08
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme	5.73E-04

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR mg/kg/j	Quotient de danger
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		QD -
Paramètres	-	1.00E-06	50	350	30	70	10950	-	-	-
HAP										2.11E-04
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-08	6.00E-02	1.14E-06
Acénaphthylène		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	-
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.51E-07	3.00E-01	5.02E-07
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.10E-06	-	-
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.64E-06	-	-
Benzo(g,h,i)perylène	2.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.58E-06	3.00E-02	5.25E-05
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	8.90E-07	-	-
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.12E-06	-	-
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.10E-06	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.67E-07	-	-
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.67E-06	4.00E-02	6.68E-05
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.11E-08	4.00E-02	1.03E-06
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.85E-06	-	-
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	7.53E-08	2.00E-02	3.77E-06
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-07	4.00E-02	1.71E-05
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.05E-06	3.00E-02	6.85E-05
Métaux lourds										3.00E+00
Arsenic	1.30E+03	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	8.90E-04	3.00E-04	2.97E+00
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.79E-07	1.00E-04	4.79E-03
Chrome III		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Chrome VI		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.40E-03	0.00E+00
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	9.04E-05	1.40E-01	6.46E-04
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	3.63E-04	6.00E-02	6.05E-03
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.19E-07	2.00E-03	1.10E-04
Nickel		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-02	0.00E+00
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.70E-05	3.60E-03	1.31E-02
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.16E-04	3.00E-01	7.21E-04
Argent		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Bore		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.03E-04	2.00E-01	5.17E-04
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	8.22E-07	5.00E-03	1.64E-04
Selenium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.81E-06	4.00E-04	7.02E-03
Hydrocarbures aliphatiques										6.27E-05
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.25E-04	2.00E+00	6.27E-05
Hydrocarbures aromatiques										4.18E-03
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	9.59E-06	3.00E-02	3.20E-04
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.16E-04	3.00E-02	3.86E-03
PCB par Congénères										4.45E-03
PCB 28		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-09	2.00E-05	3.42E-04
PCB 118		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	2.11E-04
Métaux lourds	3.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	6.27E-05
Hydrocarbures Aromatiques	4.18E-03
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	4.45E-03
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme Aliphatiques	3.01E+00
Somme Aromatiques	3.01E+00

Synthèse des risques par voie - Scénario résidentiel

Quotient de Danger - Adultes		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.11E-04	8.02E-03
Métaux lourds	3.00E+00	2.45E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	6.27E-05	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	4.18E-03	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	4.45E-03	1.22E-04
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	3.006	2.458
Total général avec hypothèse HC aliphatiques	5.46	
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	3.010	2.458
Total général avec hypothèse HC aromatiques	5.47	

Excès de Risque Individuel - Adultes		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.55E-07	9.03E-07
Métaux lourds	5.72E-04	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	7.63E-08	2.61E-09
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	5.73E-04	9.06E-07
Total général	5.74E-04	

Les valeurs supérieures aux seuils fixés par la circulaire du 08/02/07 sont indiquées en gras

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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 -
		0.35	20	350	6	8.5	25550			
HAP										1.79E-07
Acenaphthene	3.02E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.04E-06	1.10E-03	2.25E-09
Acenaphthylene		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00
Anthracene	6.48E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	4.39E-07	1.10E-02	4.83E-09
Benz(a)anthracene	1.94E-07	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.31E-08	1.10E-01	1.44E-09
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	3.41E-09	1.00E+00	3.41E-09
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.83E-07	1.10E-01	2.01E-08
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	4.66E-10	1.10E-02	5.13E-12
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	8.40E-10	1.10E-01	9.24E-11
Chrysene	3.86E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.61E-07	1.10E-02	2.87E-09
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.62E-12	1.10E+00	1.78E-12
Fluoranthene	7.80E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	5.28E-07	1.10E-03	5.81E-10
Fluorene	3.75E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.54E-07	1.10E-03	2.79E-10
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	6.40E-11	1.10E-01	7.04E-12
Naphthalene	3.73E-04	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.52E-05	5.60E-03	1.41E-07
Phenanthrene	2.23E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.51E-06	1.10E-03	1.66E-09
Pyrene	4.14E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.80E-07	1.10E-03	3.08E-10
Métaux lourds										0.00E+00
Mercury (inorganic)	9.24E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	6.25E-06	-	
Alcanes										0.00E+00
Heptane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
Octane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										5.18E-10
PCB 28		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 52		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	3.98E-10	1.00E-01	3.98E-11
PCB 118		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10
PCB 153	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10
PCB 180	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	1.79E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	5.18E-10
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme	1.80E-07

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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	-		
HAP										7.96E-03
Acenaphthene	3.02E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.38E-05	-	
Acenaphthylene		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
Anthracene	6.48E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	5.12E-06	-	
Benz(a)anthracene	1.94E-07	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.53E-07	-	
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.98E-08	-	
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.14E-06	-	
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	5.44E-09	-	
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	9.80E-09	-	
Chrysene	3.86E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.05E-06	-	
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.88E-11	-	
Fluoranthene	7.80E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	6.16E-06	-	
Fluorene	3.75E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.96E-06	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	7.46E-10	-	
Naphthalene	3.73E-04	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.94E-04	3.70E-02	7.96E-03
Phenanthrene	2.23E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.76E-05	-	
Pyrene	4.14E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.27E-06	-	
Métaux lourds										2.43E+00
Mercury (inorganic)	9.24E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	7.29E-05	3.00E-05	2.43E+00
Alcanes										0.00E+00
Heptane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	3.00E+00	0.00E+00
Octane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										1.21E-04
PCB 28		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 52		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	4.65E-09	5.00E-04	9.29E-06
PCB 118		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05
PCB 153	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05
PCB 180	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	7.96E-03
Métaux lourds	2.43E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	1.21E-04
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phthalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme Aliphatiques	2.44E+00
Somme Aromatiques	2.44E+00

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel ERI
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	150	350	6	15	25550	-		
HAP										7.13E-07
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-08	2.00E-04	1.64E-11
Acénaphthylène		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E-04	0.00E+00
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.81E-07	2.00E-03	3.62E-10
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.32E-06	2.00E-02	2.63E-08
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.97E-06	2.00E-02	3.95E-08
Benzo(g,h,i)perylène	2.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.89E-06	2.00E-03	3.78E-09
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.07E-06	2.00E-02	2.14E-08
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.55E-06	2.00E-01	5.10E-07
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.32E-06	2.00E-03	2.63E-09
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.21E-07	2.00E-01	6.41E-08
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.21E-06	2.00E-04	6.41E-10
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	4.93E-08	2.00E-04	9.86E-12
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.22E-06	2.00E-02	4.44E-08
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	9.04E-08	2.00E-04	1.81E-11
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-07	2.00E-04	1.64E-10
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.47E-06	2.00E-04	4.93E-10
Métaux lourds										1.60E-03
Arsenic	1.30E+03	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.07E-03	1.50E+00	1.60E-03
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	5.75E-07	-	-
Chrome III		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome VI		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	4.20E-01	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.08E-04	-	-
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	4.36E-04	-	-
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.63E-07	-	-
Nickel		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	5.64E-05	-	-
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.60E-04	-	-
Argent		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Bore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.24E-04	-	-
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	9.86E-07	-	-
Selenium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.37E-06	-	-
Etain		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Vanadium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Strontium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Phosphore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Aluminium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Alcane										0.00E+00
Heptane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hexane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Octane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hydrocarbures aliphatiques										0.00E+00
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.50E-04	-	-
Hydrocarbures aromatiques										0.00E+00
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.15E-05	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.39E-04	-	-
PCB par Congénères										2.14E-07
PCB 28		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-09	2.00E+00	1.64E-08
PCB 118		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	7.13E-07
Métaux lourds	1.60E-03
Alcane	0.00E+00
Hydrocarbures	1.64E-11
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	2.14E-07
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	3.78E-09
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	5.10E-07
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	6.41E-10
Alcools	0.00E+00
Acides	4.44E-08
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme	1.60E-03

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		QD -
Paramètres	-	1.00E-06	150	350	6	15	2190	-		
HAP										2.96E-03
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-07	6.00E-02	1.60E-05
Acénaphthylène		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	-	
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.11E-06	3.00E-01	7.03E-06
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.53E-05	-	
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.30E-05	-	
Benzo(g,h,i)perylène	2.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.21E-05	3.00E-02	7.35E-04
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.25E-05	-	
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.97E-05	-	
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.53E-05	-	
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.74E-06	-	
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.74E-05	4.00E-02	9.35E-04
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	5.75E-07	4.00E-02	1.44E-05
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.59E-05	-	
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.05E-06	2.00E-02	5.27E-05
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-06	4.00E-02	2.40E-04
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.88E-05	3.00E-02	9.59E-04
Métaux lourds										4.20E+01
Arsenic	1.30E+03	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.25E-02	3.00E-04	4.16E+01
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	6.71E-06	1.00E-04	6.71E-02
Chrome III		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Chrome VI		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.40E-03	0.00E+00
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.27E-03	1.40E-01	9.04E-03
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	5.08E-03	6.00E-02	8.47E-02
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.07E-06	2.00E-03	1.53E-03
Nickel		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-02	0.00E+00
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	6.58E-04	3.60E-03	1.83E-01
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.03E-03	3.00E-01	1.01E-02
Argent		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Bore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.45E-03	2.00E-01	7.24E-03
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.15E-05	5.00E-03	2.30E-03
Selenium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.93E-05	4.00E-04	9.83E-02
Hydrocarbures aliphatiques										8.77E-04
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.75E-03	2.00E+00	8.77E-04
Hydrocarbures aromatiques										5.85E-02
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.34E-04	3.00E-02	4.47E-03
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.62E-03	3.00E-02	5.40E-02
PCB par Congénères										6.23E-02
PCB 28		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-08	2.00E-05	4.79E-03
PCB 118		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	2.96E-03
Métaux lourds	4.20E+01
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	8.77E-04
Hydrocarbures Aromatiques	5.85E-02
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	6.23E-02
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme Aliphatiques	4.21E+01
Somme Aromatiques	4.21E+01

Synthèse des risques par voie - Scénario résidentiel

Quotient de Danger - Enfants		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.96E-03	7.96E-03
Métaux lourds	4.20E+01	2.43E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	8.77E-04	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	5.85E-02	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	6.23E-02	1.21E-04
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	42.082	2.439
Total général avec hypothèse HC aliphatiques	44.52	
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	42.139	2.439
Total général avec hypothèse HC aromatiques	44.58	

Excès de Risque Individuel - Enfants		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	7.13E-07	1.79E-07
Métaux lourds	1.60E-03	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	2.14E-07	5.18E-10
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	1.60E-03	1.80E-07
Total général	1.60E-03	

Les valeurs supérieures aux seuils fixés par la circulaire du 08/02/07 sont indiquées en gras

Annexe 13 : Calcul de l'exposition et du risque – scénario espace vert

(3 pages)

Scénario espace vert - Risques par ingestion de sols - cas des employés

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel ERI
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	480	141	42	70	25550	-		
HAP										6.82E-08
Acénaphthène	5.10E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	8.11E-08	2.00E-04	1.62E-11
Acénaphthylène		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E-04	0.00E+00
Anthracène	5.30E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	8.42E-08	2.00E-03	1.68E-10
Benzo(a)anthracène	8.60E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.37E-07	2.00E-02	2.73E-09
Benzo(b)fluoranthène	1.07E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.70E-07	2.00E-02	3.40E-09
Benzo(g,h,i)perylene	9.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.54E-07	2.00E-03	3.08E-10
Benzo(k)fluoranthène	7.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.22E-07	2.00E-02	2.45E-09
Benzo(a)pyrène	1.17E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.86E-07	2.00E-01	3.72E-08
Chrysène	8.80E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.40E-07	2.00E-03	2.80E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	5.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.06E-08	2.00E-01	1.81E-08
Fluoranthène	1.44E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.29E-07	2.00E-04	4.58E-11
Fluorène	5.00E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	7.95E-08	2.00E-04	1.59E-11
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	1.07E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.70E-07	2.00E-02	3.40E-09
Naphtalène	5.10E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	8.11E-08	2.00E-04	1.62E-11
Phénanthrène	7.20E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.14E-07	2.00E-04	2.29E-11
Pyrène	1.17E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.86E-07	2.00E-04	3.72E-11
Métaux lourds										0.00E+00
Arsenic		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Cadmium		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome III		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome VI		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	4.20E-01	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Cuivre		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Manganèse	3.57E+02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	5.67E-04	-	-
Mercuré		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Nickel		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Plomb		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Zinc		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Argent		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Bore		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Baryum	7.52E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.19E-04	-	-
Molybdène	1.00E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.59E-06	-	-
Selenium	6.00E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.54E-06	-	-
Antimoine	1.13E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.80E-06	-	-
Etain		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Vanadium		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Strontium		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Phosphore		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Aluminium		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Alcane										0.00E+00
Heptane		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hexane		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Octane		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hydrocarbures aliphatiques										0.00E+00
TPH Aliphatiques C16-C35	1.77E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.81E-05	-	-
Hydrocarbures aromatiques										0.00E+00
TPH Aromatiques C16-C21	2.30E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.66E-06	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	1.54E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.45E-05	-	-
PCB par Congénères										3.72E-08
PCB 28		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 101	1.50E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.38E-09	2.00E+00	4.77E-09
PCB 118		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 138	3.10E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.93E-09	2.00E+00	9.85E-09
PCB 153	3.50E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	5.56E-09	2.00E+00	1.11E-08
PCB 180	3.60E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	2.56E+04	5.72E-09	2.00E+00	1.14E-08

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	6.82E-08
Métaux lourds	0.00E+00
Alcane	0.00E+00
Hydrocarbures	1.62E-11
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	3.72E-08
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	3.72E-08
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	4.58E-11
Alcools	0.00E+00
Acides	3.40E-09
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	2.29E-11
Explosifs	0.00E+00
Somme	1.05E-07

Scénario espace vert - Risques par ingestion de sols - cas des employés

Composé	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger	
	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		mg/kg/j	QD
Paramètres	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		-	
HAP	-	1.00E-06	480	141	42	70	15330	-		4.60E-05	
Acénaphthène	5.10E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.35E-07	6.00E-02	2.25E-06	
Acénaphthylène		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	-		
Anthracène	5.30E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.40E-07	3.00E-01	4.68E-07	
Benzo(a)anthracène	8.60E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.28E-07	-		
Benzo(b)fluoranthène	1.07E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.83E-07	-		
Benzo(g,h,i)peryène	9.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.57E-07	3.00E-02	8.56E-06	
Benzo(k)fluoranthène	7.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.04E-07	-		
Benzo(a)pyrène	1.17E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	3.10E-07	-		
Chrysène	8.80E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.33E-07	-		
Dibenzo(a,h)anthracène	5.70E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.51E-07	-		
Fluoranthène	1.44E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	3.81E-07	4.00E-02	9.54E-06	
Fluorène	5.00E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.32E-07	4.00E-02	3.31E-06	
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	1.07E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.83E-07	-		
Naphtalène	5.10E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.35E-07	2.00E-02	6.75E-06	
Phénanthrène	7.20E-02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.91E-07	4.00E-02	4.77E-06	
Pyrène	1.17E-01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	3.10E-07	3.00E-02	1.03E-05	
Métaux lourds										2.79E-02	
Arsenic		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	3.00E-04	0.00E+00	
Cadmium		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.00E-04	0.00E+00	
Chrome III		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00	
Chrome VI		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00	
Cobalt		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.40E-03	0.00E+00	
Cuivre		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.40E-01	0.00E+00	
Manganèse	3.57E+02	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	9.45E-04	6.00E-02	1.57E-02	
Mercuré		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-03	0.00E+00	
Nickel		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-02	0.00E+00	
Plomb		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	3.60E-03	0.00E+00	
Zinc		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	3.00E-01	0.00E+00	
Argent		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00	
Bore		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00	
Baryum	7.52E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.99E-04	2.00E-01	9.95E-04	
Molybdène	1.00E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.65E-06	5.00E-03	5.30E-04	
Selenium	6.00E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	1.59E-05	5.00E-03	3.18E-03	
Antimoine	1.13E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	2.99E-06	4.00E-04	7.48E-03	
Hydrocarbures aliphatiques										2.34E-05	
TPH Aliphatiques C5-C6		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	5.00E+00	0.00E+00	
TPH Aliphatiques C6-C8		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	5.00E+00	0.00E+00	
TPH Aliphatiques C8-C10		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00	
TPH Aliphatiques C10-C12		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00	
TPH Aliphatiques C12-C16		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00	
TPH Aliphatiques C16-C35	1.77E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	4.69E-05	2.00E+00	2.34E-05	
Hydrocarbures aromatiques										1.56E-03	
TPH Aromatiques C5-C7		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00	
TPH Aromatiques C7-C8		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00	
TPH Aromatiques C8-C10		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	4.00E-02	0.00E+00	
TPH Aromatiques C10-C12		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	4.00E-02	0.00E+00	
TPH Aromatiques C12-C16		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	4.00E-02	0.00E+00	
TPH Aromatiques C16-C21	2.30E+00	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	6.09E-06	3.00E-02	2.03E-04	
TPH Aromatiques C21-C35	1.54E+01	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	4.08E-05	3.00E-02	1.36E-03	
PCB par Congénères										1.55E-03	
PCB 28		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00	
PCB 52		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00	
PCB 101	1.50E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	3.97E-09	2.00E-05	1.99E-04	
PCB 118		1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00	
PCB 138	3.10E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	8.21E-09	2.00E-05	4.11E-04	
PCB 153	3.50E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	9.27E-09	2.00E-05	4.64E-04	
PCB 180	3.60E-03	1.00E-06	4.80E+02	1.41E+02	4.20E+01	7.00E+01	1.53E+04	9.54E-09	2.00E-05	4.77E-04	

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	4.60E-05
Métaux lourds	2.79E-02
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	2.34E-05
Hydrocarbures Aromatiques	1.56E-03
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	1.55E-03
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	4.77E-06
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme Aliphatiques	2.96E-02
Somme Aromatiques	3.11E-02

Synthèse des risques par voie - Scénario espace vert

Quotient de Danger - Employés	
Substances	Ingestion de sols
HAP	4.60E-05
Métaux lourds	2.79E-02
Hydrocarbures Aliphatiques	2.34E-05
Hydrocarbures Aromatiques	1.56E-03
BTEX	0.00E+00
PCB par Congénères	1.55E-03
Famille des PCB	0.00E+00
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	0.030
Total général avec hypothèse HC aliphatiques	0.03
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	0.031
Total général avec hypothèse HC aromatiques	0.03

Excès de Risque Individuel - Employés	
Substances	Ingestion de sols
HAP	6.82E-08
Métaux lourds	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
PCB par Congénères	3.72E-08
Famille des PCB	0.00E+00
Total par voie	1.05E-07
Total général	1.05E-07

Les valeurs supérieures aux seuils fixés par la circulaire du 08/02/07 sont indiquées en gras

Annexe 14 : Calcul de l'exposition et du risque, scénario résidentiel – seuils de réhabilitation

(10 pages)

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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 -
		0.83	20	350	30	20	25550			
HAP										9.03E-07
Acenaphthene	3.02E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.03E-05	1.10E-03	1.13E-08
Acenaphthylene		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00
Anthracene	6.48E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.21E-06	1.10E-02	2.43E-08
Benz(a)anthracene	1.94E-07	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	6.62E-08	1.10E-01	7.28E-09
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.72E-08	1.00E+00	1.72E-08
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	9.23E-07	1.10E-01	1.02E-07
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.35E-09	1.10E-02	2.58E-11
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	4.23E-09	1.10E-01	4.65E-10
Chrysene	3.86E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.32E-06	1.10E-02	1.45E-08
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.14E-12	1.10E+00	8.96E-12
Fluoranthene	7.80E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.66E-06	1.10E-03	2.93E-09
Fluorene	3.75E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.28E-06	1.10E-03	1.41E-09
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	3.22E-10	1.10E-01	3.55E-11
Naphthalene	3.73E-04	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.27E-04	5.60E-03	7.12E-07
Phenanthrene	2.23E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	7.62E-06	1.10E-03	8.38E-09
Pyrene	4.14E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	1.41E-06	1.10E-03	1.55E-09
Métaux lourds										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	-	
Alcanes										0.00E+00
Heptane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
Octane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										2.61E-09
PCB 28		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 52		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	2.01E-09	1.00E-01	2.01E-10
PCB 118		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10
PCB 153	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10
PCB 180	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	2.56E+04	8.03E-09	1.00E-01	8.03E-10

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	9.03E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	2.61E-09
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme	9.06E-07

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

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		
		0.83	20	350	30	20	10950	-		
HAP										8.02E-03
Acenaphthene	3.02E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.40E-05	-	
Acenaphthylene		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
Anthracene	6.48E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	5.16E-06	-	
Benz(a)anthracene	1.94E-07	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.54E-07	-	
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	4.01E-08	-	
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.15E-06	-	
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	5.48E-09	-	
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	9.87E-09	-	
Chrysene	3.86E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	3.07E-06	-	
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.90E-11	-	
Fluoranthene	7.80E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	6.21E-06	-	
Fluorene	3.75E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.99E-06	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	7.52E-10	-	
Naphthalene	3.73E-04	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	2.97E-04	3.70E-02	8.02E-03
Phenanthrene	2.23E-05	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.78E-05	-	
Pyrene	4.14E-06	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	3.29E-06	-	
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
Alcanes										0.00E+00
Heptane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	3.00E+00	0.00E+00
Octane		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										1.22E-04
PCB 28		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 52		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	4.68E-09	5.00E-04	9.36E-06
PCB 118		8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05
PCB 153	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05
PCB 180	2.35E-08	8.30E-01	2.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	2.00E+01	1.10E+04	1.87E-08	5.00E-04	3.75E-05

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	8.02E-03
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	1.22E-04
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phthalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme Aliphatiques	8.14E-03
Somme Aromatiques	8.14E-03

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel ERI
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	50	350	30	70	25550	-	-	-
HAP										2.55E-07
Acénaphène	1.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-08	2.00E-04	5.87E-12
Acénaphylène	1.00E-06	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E-04	0.00E+00
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	6.46E-08	2.00E-03	1.29E-10
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.70E-07	2.00E-02	9.39E-09
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	7.05E-07	2.00E-02	1.41E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	6.75E-07	2.00E-03	1.35E-09
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.82E-07	2.00E-02	7.63E-09
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.10E-07	2.00E-01	1.82E-07
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.70E-07	2.00E-03	9.39E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.14E-07	2.00E-01	2.29E-08
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.14E-06	2.00E-04	2.29E-10
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.76E-08	2.00E-04	3.52E-12
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	7.93E-07	2.00E-02	1.59E-08
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.23E-08	2.00E-04	6.46E-12
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-07	2.00E-04	5.87E-11
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	8.81E-07	2.00E-04	1.76E-10
Métaux lourds										0.00E+00
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	7.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.05E-07	-	-
Chrome III		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome VI		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	4.20E-01	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.87E-05	-	-
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.56E-04	-	-
Mercurure	3.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.39E-08	-	-
Nickel		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.01E-05	-	-
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	9.28E-05	-	-
Argent		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Bore		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.43E-05	-	-
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	3.52E-07	-	-
Selenium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.20E-06	-	-
Etain		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Vanadium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Strontium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Phosphore		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Aluminium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Alcanes										0.00E+00
Heptane		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hexane		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Octane		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hydrocarbures aliphatiques										0.00E+00
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	5.37E-05	-	-
Hydrocarbures aromatiques										0.00E+00
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.11E-06	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	4.96E-05	-	-
PCB par Congénères										7.63E-08
PCB 28		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	2.94E-09	2.00E+00	5.87E-09
PCB 118		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	2.56E+04	1.17E-08	2.00E+00	2.35E-08

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	2.55E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	7.63E-08
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme	3.31E-07

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des adultes

Composé	Calcul de la DJE								VTR	Quotient de danger
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		QD -
Paramètres	-	1.00E-06	50	350	30	70	10950	-		
HAP										2.11E-04
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-08	6.00E-02	1.14E-06
Acénaphthylène		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	-	
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.51E-07	3.00E-01	5.02E-07
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.10E-06	-	
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.64E-06	-	
Benzo(g,h,i)perylène	2.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.58E-06	3.00E-02	5.25E-05
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	8.90E-07	-	
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.12E-06	-	
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.10E-06	-	
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.67E-07	-	
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.67E-06	4.00E-02	6.68E-05
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.11E-08	4.00E-02	1.03E-06
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.85E-06	-	
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	7.53E-08	2.00E-02	3.77E-06
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-07	4.00E-02	1.71E-05
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.05E-06	3.00E-02	6.85E-05
Métaux lourds										3.31E-02
Arsenic		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	3.00E-04	0.00E+00
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.79E-07	1.00E-04	4.79E-03
Chrome III		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Chrome VI		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	1.40E-03	0.00E+00
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	9.04E-05	1.40E-01	6.46E-04
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	3.63E-04	6.00E-02	6.05E-03
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.19E-07	2.00E-03	1.10E-04
Nickel		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-02	0.00E+00
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	4.70E-05	3.60E-03	1.31E-02
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.16E-04	3.00E-01	7.21E-04
Argent		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Bore		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.03E-04	2.00E-01	5.17E-04
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	8.22E-07	5.00E-03	1.64E-04
Selenium		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.81E-06	4.00E-04	7.02E-03
Hydrocarbures aliphatiques										6.27E-05
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.25E-04	2.00E+00	6.27E-05
Hydrocarbures aromatiques										4.18E-03
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	9.59E-06	3.00E-02	3.20E-04
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	1.16E-04	3.00E-02	3.86E-03
PCB par Congénères										4.45E-03
PCB 28		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	6.85E-09	2.00E-05	3.42E-04
PCB 118		1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	5.00E+01	3.50E+02	3.00E+01	7.00E+01	1.10E+04	2.74E-08	2.00E-05	1.37E-03

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	2.11E-04
Métaux lourds	3.31E-02
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	6.27E-05
Hydrocarbures Aromatiques	4.18E-03
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	4.45E-03
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme Aliphatiques	3.78E-02
Somme Aromatiques	4.19E-02

Synthèse des risques par voie - Scénario résidentiel

Quotient de Danger - Adultes		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.11E-04	8.02E-03
Métaux lourds	3.31E-02	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	6.27E-05	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	4.18E-03	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	4.45E-03	1.22E-04
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	0.038	0.008
Total général avec hypothèse HC aliphatiques	0.05	
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	0.042	0.008
Total général avec hypothèse HC aromatiques	0.05	

Excès de Risque Individuel - Adultes		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.55E-07	9.03E-07
Métaux lourds	0.00E+00	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	7.63E-08	2.61E-09
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	3.31E-07	9.06E-07
Total général	1.24E-06	

Les valeurs supérieures aux seuils fixés par la circulaire du 08/02/07 sont indiquées en gras

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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 -
		0.35	20	350	6	8.5	25550			
HAP										1.79E-07
Acenaphthene	3.02E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.04E-06	1.10E-03	2.25E-09
Acenaphthylene		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00
Anthracene	6.48E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	4.39E-07	1.10E-02	4.83E-09
Benz(a)anthracene	1.94E-07	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.31E-08	1.10E-01	1.44E-09
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	3.41E-09	1.00E+00	3.41E-09
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.83E-07	1.10E-01	2.01E-08
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	4.66E-10	1.10E-02	5.13E-12
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	8.40E-10	1.10E-01	9.24E-11
Chrysene	3.86E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.61E-07	1.10E-02	2.87E-09
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.62E-12	1.10E+00	1.78E-12
Fluoranthene	7.80E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	5.28E-07	1.10E-03	5.81E-10
Fluorene	3.75E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.54E-07	1.10E-03	2.79E-10
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	6.40E-11	1.10E-01	7.04E-12
Naphthalene	3.73E-04	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.52E-05	5.60E-03	1.41E-07
Phenanthrene	2.23E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.51E-06	1.10E-03	1.66E-09
Pyrene	4.14E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	2.80E-07	1.10E-03	3.08E-10
Métaux lourds										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	-	
Alcanes										0.00E+00
Heptane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
Octane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										5.18E-10
PCB 28		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 52		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	3.98E-10	1.00E-01	3.98E-11
PCB 118		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	0.00E+00	1.00E-01	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10
PCB 153	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10
PCB 180	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.56E+04	1.59E-09	1.00E-01	1.59E-10

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	1.79E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	5.18E-10
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme	1.80E-07

Scénario résidentiel - Risques par inhalation de vapeurs issues du dégazage des sols dans les bâtiments - cas des 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	-		
HAP										7.96E-03
Acenaphthene	3.02E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.38E-05	-	
Acenaphthylene		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
Anthracene	6.48E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	5.12E-06	-	
Benz(a)anthracene	1.94E-07	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.53E-07	-	
Benzo(a)pyrene	5.04E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.98E-08	-	
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.14E-06	-	
Benzo(g,h,i)perylene	6.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	5.44E-09	-	
Benzo(k)fluoranthene	1.24E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	9.80E-09	-	
Chrysene	3.86E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.05E-06	-	
Dibenz(a,h)anthracene	2.39E-11	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.88E-11	-	
Fluoranthene	7.80E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	6.16E-06	-	
Fluorene	3.75E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.96E-06	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	9.45E-10	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	7.46E-10	-	
Naphthalene	3.73E-04	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	2.94E-04	3.70E-02	7.96E-03
Phenanthrene	2.23E-05	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.76E-05	-	
Pyrene	4.14E-06	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	3.27E-06	-	
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
Alcanes										0.00E+00
Heptane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
Hexane (n-)		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	3.00E+00	0.00E+00
Octane		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	-	
PCB par Congénère										1.21E-04
PCB 28		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 52		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 101	5.88E-09	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	4.65E-09	5.00E-04	9.29E-06
PCB 118		3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-04	0.00E+00
PCB 138	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05
PCB 153	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05
PCB 180	2.35E-08	3.50E-01	2.00E+01	3.50E+02	6.00E+00	8.50E+00	2.19E+03	1.86E-08	5.00E-04	3.72E-05

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	7.96E-03
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	0.00E+00
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	1.21E-04
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phthalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Somme Aliphatiques	8.08E-03
Somme Aromatiques	8.08E-03

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR (mg/kg/j)-1	Excès de risque individuel ERI
	Conc. retenue	CF	IR	EF	ED	BW	AT	DJE		
	mg/kg	kg/mg	mg/j	j/an	ans	kg	jours	mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	150	350	6	15	25550	-	-	-
HAP										7.13E-07
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-08	2.00E-04	1.64E-11
Acénaphthylène		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E-04	0.00E+00
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.81E-07	2.00E-03	3.62E-10
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.32E-06	2.00E-02	2.63E-08
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.97E-06	2.00E-02	3.95E-08
Benzo(g,h,i)peryène	2.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.89E-06	2.00E-03	3.78E-09
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.07E-06	2.00E-02	2.14E-08
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.55E-06	2.00E-01	5.10E-07
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.32E-06	2.00E-03	2.63E-09
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.21E-07	2.00E-01	6.41E-08
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.21E-06	2.00E-04	6.41E-10
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	4.93E-08	2.00E-04	9.86E-12
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.22E-06	2.00E-02	4.44E-08
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	9.04E-08	2.00E-04	1.81E-11
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-07	2.00E-04	1.64E-10
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.47E-06	2.00E-04	4.93E-10
Métaux lourds										0.00E+00
Arsenic		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	5.75E-07	-	-
Chrome III		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Chrome VI		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	4.20E-01	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.08E-04	-	-
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	4.36E-04	-	-
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.63E-07	-	-
Nickel		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	5.64E-05	-	-
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	2.60E-04	-	-
Argent		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Bore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.24E-04	-	-
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	9.86E-07	-	-
Selenium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.37E-06	-	-
Etain		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Vanadium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Strontium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Phosphore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Aluminium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Alcanes										0.00E+00
Heptane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hexane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Octane		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	-	-
Hydrocarbures aliphatiques										0.00E+00
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.50E-04	-	-
Hydrocarbures aromatiques										0.00E+00
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.15E-05	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	1.39E-04	-	-
PCB par Congénères										2.14E-07
PCB 28		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	8.22E-09	2.00E+00	1.64E-08
PCB 118		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	0.00E+00	2.00E+00	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.56E+04	3.29E-08	2.00E+00	6.58E-08

Tableau de synthèse des ERI par famille	
Composés	Somme ERI
HAP	7.13E-07
Métaux lourds	0.00E+00
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures	1.64E-11
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	2.14E-07
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	3.78E-09
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	5.10E-07
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	6.41E-10
Alcools	0.00E+00
Acides	4.44E-08
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme	9.27E-07

Scénario résidentiel - Risques par ingestion de sols - cas des enfants

Composé	Calcul de la DJE								VTR mg/kg/j	Quotient de danger QD -
	Conc. retenue mg/kg	CF kg/mg	IR mg/j	EF j/an	ED ans	BW kg	AT jours	DJE mg/kg/j		
Paramètres	-	1.00E-06	150	350	6	15	2190	-		
HAP										2.96E-03
Acénaphthène	1.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-07	6.00E-02	1.60E-05
Acénaphthylène		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	-	
Anthracène	2.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.11E-06	3.00E-01	7.03E-06
Benzo(a)anthracène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.53E-05	-	
Benzo(b)fluoranthène	2.40E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.30E-05	-	
Benzo(g,h,i)perylène	2.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.21E-05	3.00E-02	7.35E-04
Benzo(k)fluoranthène	1.30E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.25E-05	-	
Benzo(a)pyrène	3.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.97E-05	-	
Chrysène	1.60E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.53E-05	-	
Dibenzo(a,h)anthracène	3.90E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.74E-06	-	
Fluoranthène	3.90E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.74E-05	4.00E-02	9.35E-04
Fluorène	6.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	5.75E-07	4.00E-02	1.44E-05
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	2.70E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.59E-05	-	
Naphtalène	1.10E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.05E-06	2.00E-02	5.27E-05
Phénanthrène	1.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-06	4.00E-02	2.40E-04
Pyrène	3.00E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	2.88E-05	3.00E-02	9.59E-04
Métaux lourds										4.63E-01
Arsenic		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	3.00E-04	0.00E+00
Cadmium	7.00E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	6.71E-06	1.00E-04	6.71E-02
Chrome III		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.50E+00	0.00E+00
Chrome VI		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00
Cobalt		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	1.40E-03	0.00E+00
Cuivre	1.32E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.27E-03	1.40E-01	9.04E-03
Manganèse	5.30E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	5.08E-03	6.00E-02	8.47E-02
Mercuré	3.20E-01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.07E-06	2.00E-03	1.53E-03
Nickel		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-02	0.00E+00
Plomb	6.86E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	6.58E-04	3.60E-03	1.83E-01
Zinc	3.16E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.03E-03	3.00E-01	1.01E-02
Argent		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Bore		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-01	0.00E+00
Baryum	1.51E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.45E-03	2.00E-01	7.24E-03
Molybdène	1.20E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.15E-05	5.00E-03	2.30E-03
Selenium		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	5.00E-03	0.00E+00
Antimoine	4.10E+00	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.93E-05	4.00E-04	9.83E-02
Hydrocarbures aliphatiques										8.77E-04
TPH Aliphatiques C16-C35	1.83E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.75E-03	2.00E+00	8.77E-04
Hydrocarbures aromatiques										5.85E-02
TPH Aromatiques C16-C21	1.40E+01	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.34E-04	3.00E-02	4.47E-03
TPH Aromatiques C21-C35	1.69E+02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	1.62E-03	3.00E-02	5.40E-02
PCB par Congénères										6.23E-02
PCB 28		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 52		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 101	1.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	9.59E-08	2.00E-05	4.79E-03
PCB 118		1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00
PCB 138	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02
PCB 153	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02
PCB 180	4.00E-02	1.00E-06	1.50E+02	3.50E+02	6.00E+00	1.50E+01	2.19E+03	3.84E-07	2.00E-05	1.92E-02

Tableau de synthèse des QD par famille	
Composés	Somme QD
HAP	2.96E-03
Métaux lourds	4.63E-01
Alcanes	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	8.77E-04
Hydrocarbures Aromatiques	5.85E-02
BTEX	0.00E+00
COHV	0.00E+00
PCB par Congénères	6.23E-02
Famille des PCB	0.00E+00
Dioxines et furanes	0.00E+00
Chlorobenzènes	0.00E+00
Phtalates	0.00E+00
Composés azotés	0.00E+00
Aldéhydes	0.00E+00
Ethers	0.00E+00
Alcools	0.00E+00
Acides	0.00E+00
Composés phénoliques	0.00E+00
Pesticides	0.00E+00
Explosifs	0.00E+00
Somme Aliphatiques	5.29E-01
Somme Aromatiques	5.87E-01

Synthèse des risques par voie - Scénario résidentiel

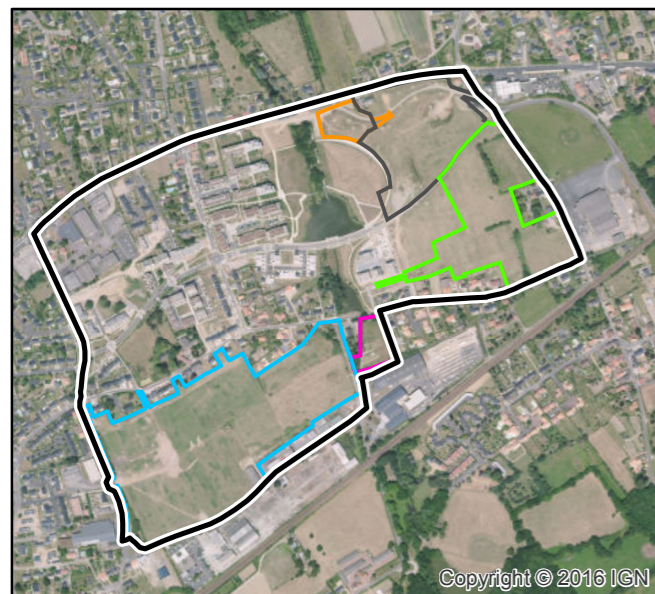
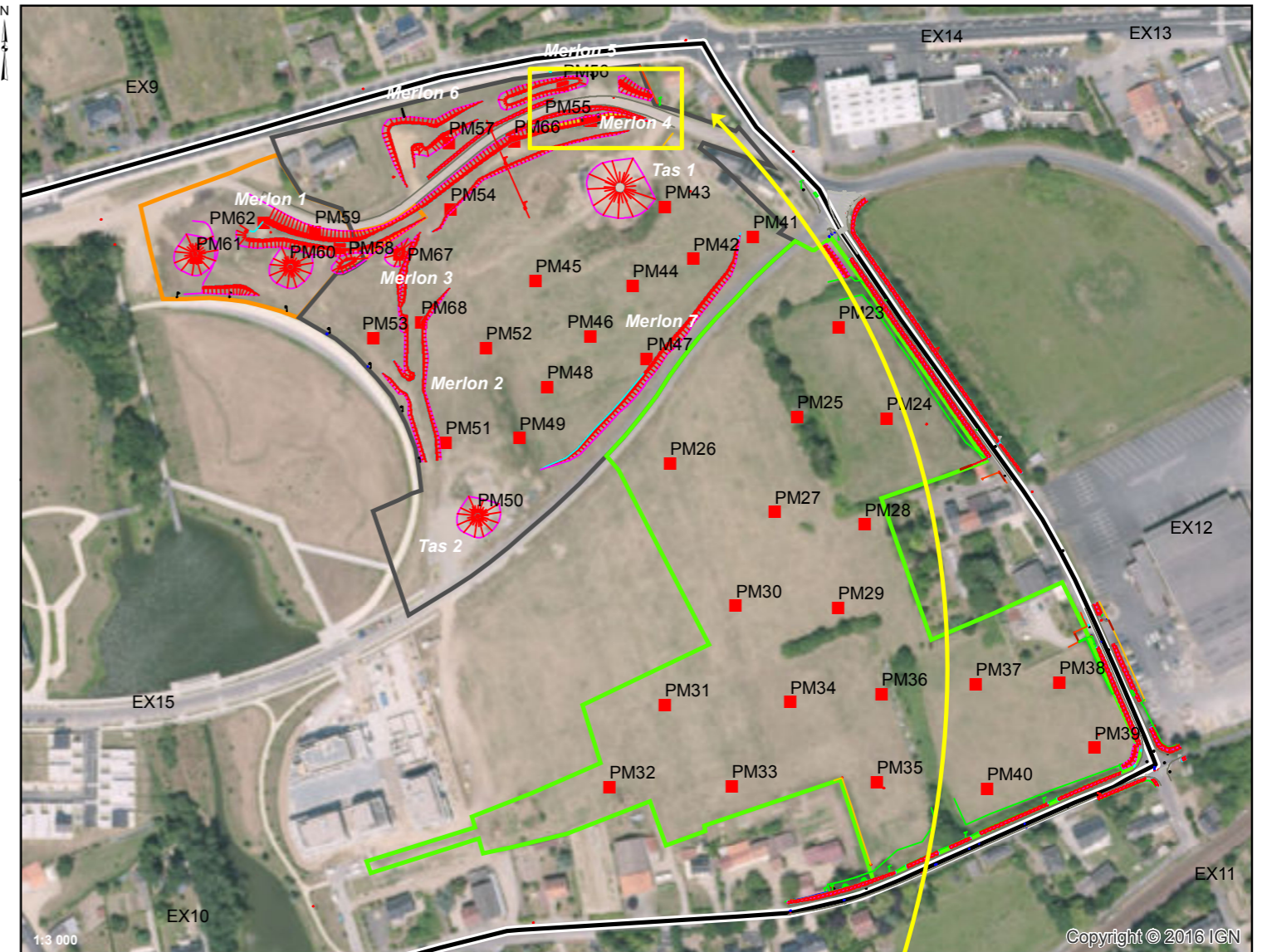
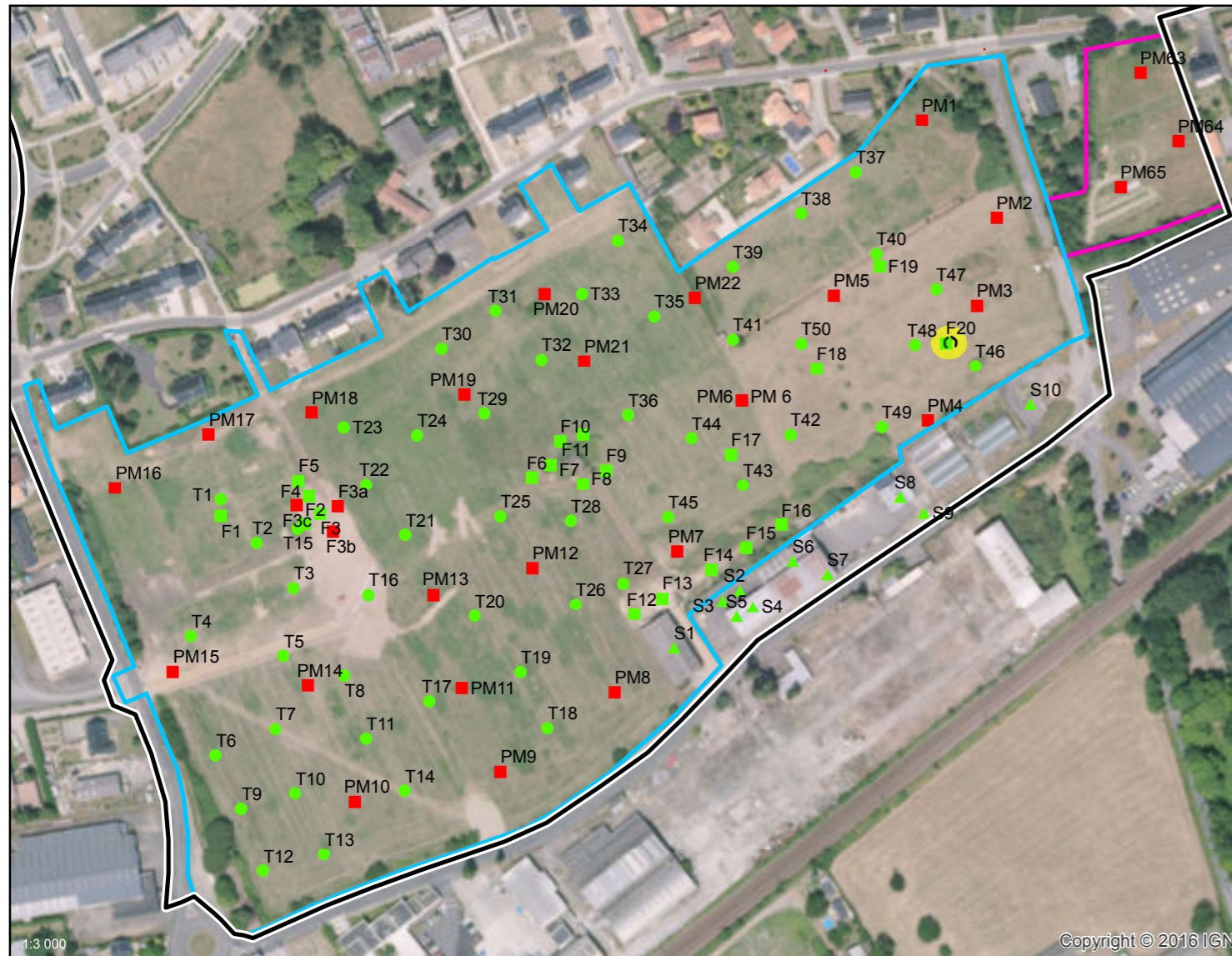
Quotient de Danger - Enfants		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	2.96E-03	7.96E-03
Métaux lourds	4.63E-01	0.00E+00
Hydrocarbures Aliphatiques	8.77E-04	0.00E+00
Hydrocarbures Aromatiques	5.85E-02	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	6.23E-02	1.21E-04
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	0.529	0.008
Total général avec hypothèse HC aliphatiques	0.54	
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	0.587	0.008
Total général avec hypothèse HC aromatiques	0.59	

Excès de Risque Individuel - Enfants		
Substances	Ingestion de sols	Inhalation vapeurs sols
		Intérieur
		Habitat
HAP	7.13E-07	1.79E-07
Métaux lourds	0.00E+00	0.00E+00
Hydrocarbures	0.00E+00	0.00E+00
BTEX	0.00E+00	0.00E+00
PCB par Congénères	2.14E-07	5.18E-10
Famille des PCB	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	9.27E-07	1.80E-07
Total général	1.11E-06	

Les valeurs supérieures aux seuils fixés par la circulaire du 08/02/07 sont indiquées en gras

Annexe 15 : Localisation des terres présentant une teneur en mercure supérieure à l'objectif de réhabilitation de 0,1 mg/kg

(1 page)



Périmètre de la ZAC de la Minais

- ZAC de la Minais
- Secteur Sud
- Secteur Sud-Est
- Secteur Nord-Est
- Parc
- Jardins familiaux

Investigations antérieures (SCE, 2013)

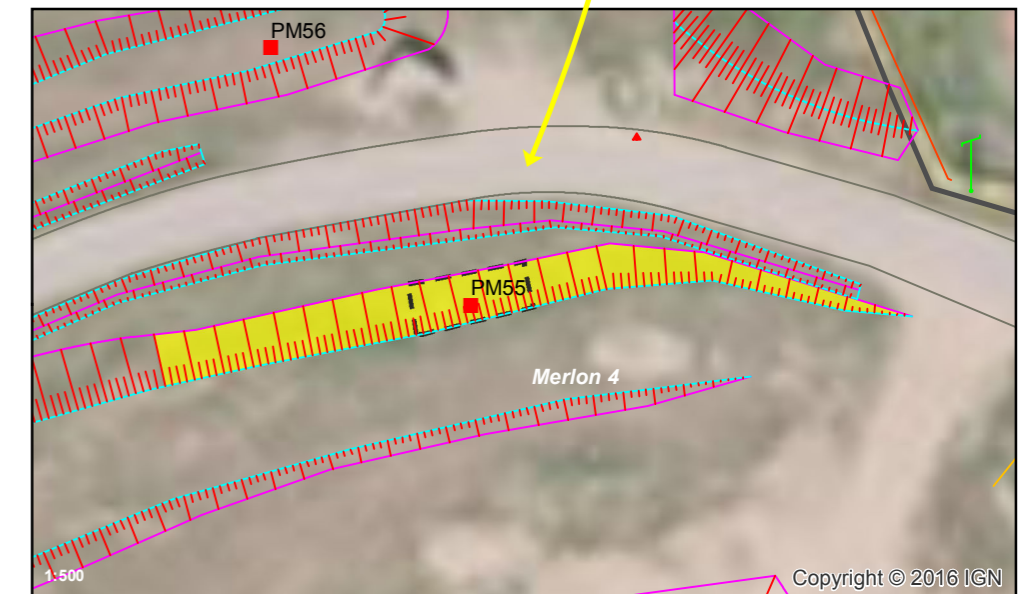
- Sondage à la pelle mécanique
- Sondage à la tarière manuelle
- ▲ Sondage à la tarière mécanique

Investigations réalisées (Arcadis, 2017)

- Sondage à la pelle mécanique

Teneur en mercure > 0.1 mg/kg

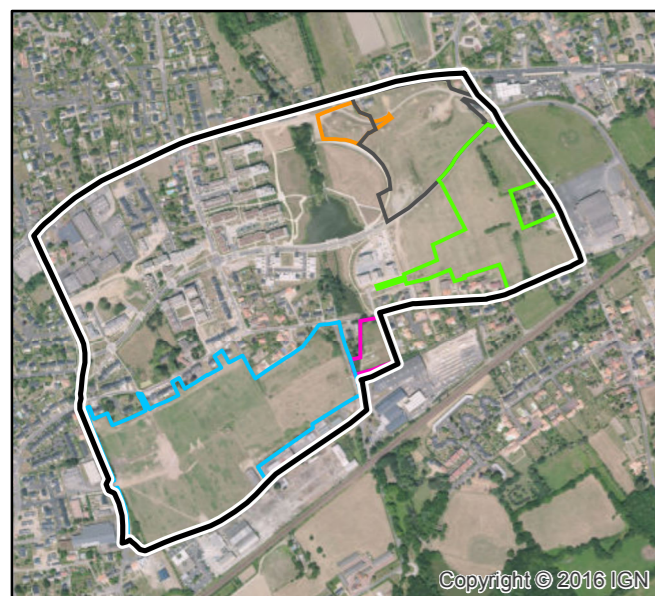
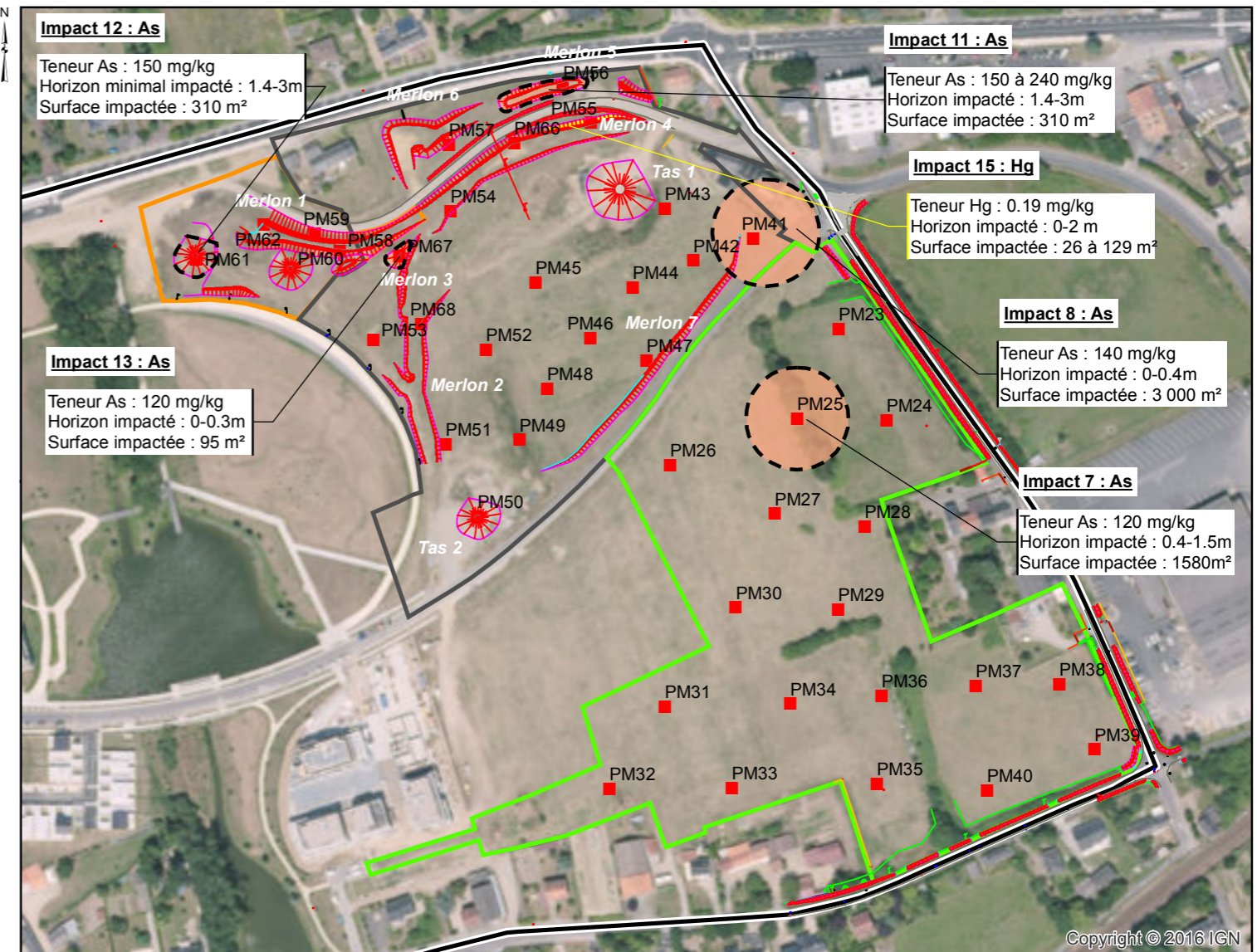
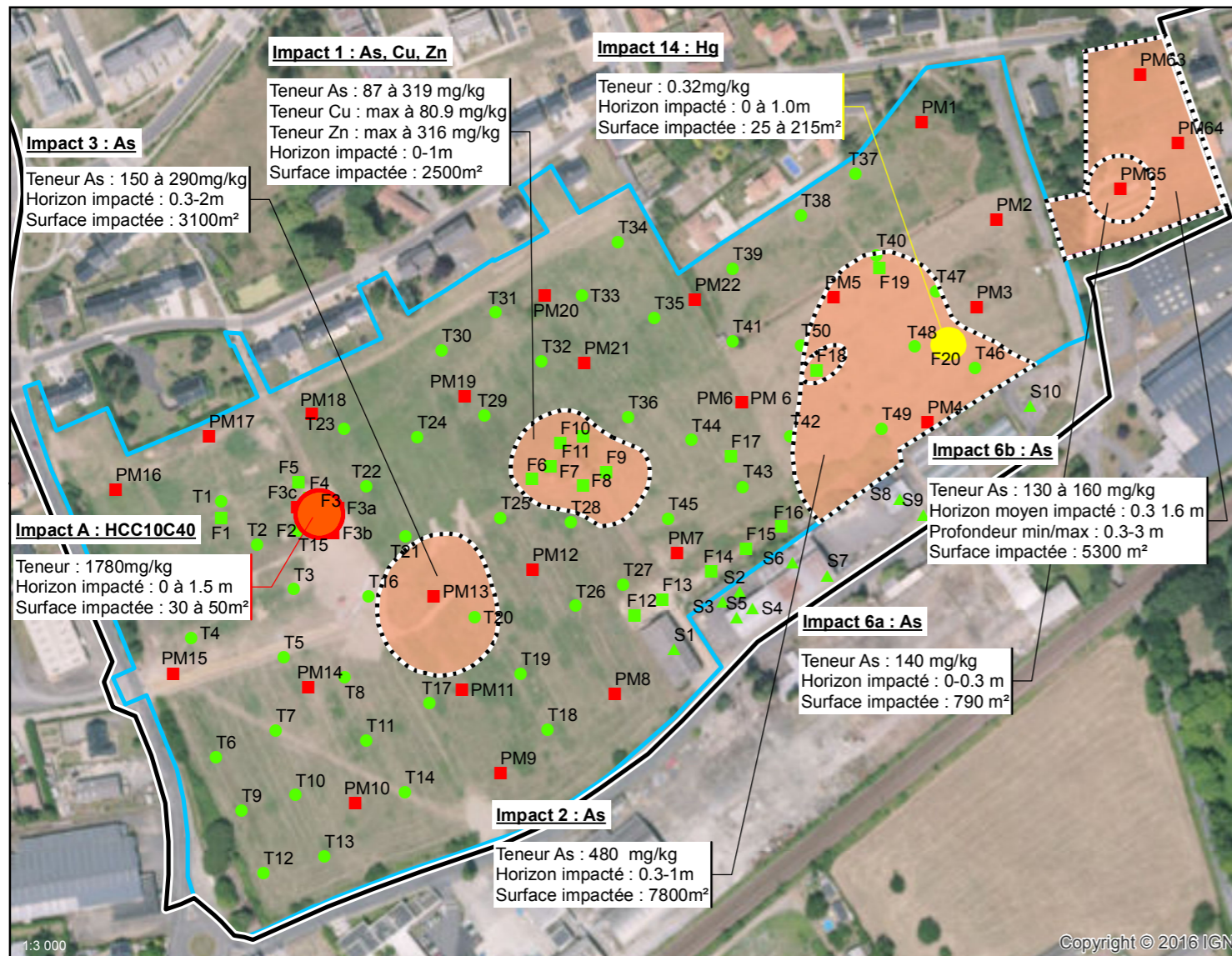
- Hypothèse pessimiste
- Hypothèse réaliste



Arcadis France - Agence de Nantes 17 Place Magellan / Le Ponant 2 / Zone Atlantis - BP10121 / 44817 Saint-Herblain Cedex Tél : +33 (0)2 40 92 19 36 / F. +33 (0)2 40 11 31 / email : julien.toutain@arcadis.com	Nom du fichier	N° de l'affaire	Établi par	Vérifié par	Approuvé par	Echelle	Phase	Date	Indice	DEFINITION DES SPOTS EN MERCURE
	Doc : 16-2138-ETU-11415-PIM-A01_Pepites_mercure	FR0147-16-002138	ISC	ASE	JTO		ETU	09/05/17	A01	

Annexe 16 : Plan de localisation des terres nécessitant des mesures de gestion

(1 page)



Périmètre de la ZAC de la Minais

- ZAC de la Minais
- Secteur Sud
- Secteur Sud-Est
- Secteur Nord-Est
- Parc
- Jardins familiaux

Investigations antérieures (SCE, 2013)

- Sondage à la pelle mécanique
- Sondage à la tarière manuelle
- ▲ Sondage à la tarière mécanique

Investigations réalisées (Arcadis, 2017)

- Sondage à la pelle mécanique

Surface impactée (origine potentielle)

- Origine anthropique
- Zone d'enrichissement naturel
- Impact organique d'origine anthropique

Zone problématique d'un point de vue sanitaire

- Impact en mercure
- Impact en arsenic
- Impact en hydrocarbures

Nom du fichier	N° de l'affaire	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Echelle	Phase	Date	Indice
Doc : 16-2138-ETU-11417-PIM-B01_Mesures-gestion-terres	FR0147-16-002138	ISC	ASE	JTO	-	ETU	07/06/17	A01

Annexe 17 : Incertitudes liées à l'arsenic

(7 pages)

Généralités sur l'arsenic

1 - Présence dans l'environnement

L'arsenic est naturellement présent dans l'environnement. Localement, les concentrations naturelles peuvent être élevées (100 voire 200 mg/kg) dans des dépôts calcaires, phosphatés, ou dans du schiste (cas de la présente étude). La présence de ce composé provient de l'érosion des roches, du lessivage des sols, des réactions d'oxydo-réduction et de précipitation (1). Ces concentrations élevées sont recensées dans les différentes bases de données d'analyse de bruit de fond disponibles au niveau national et européen (FOREGS, ASPITET, inventaire minier national, METOTRASS).

Les composés minéraux les plus courants sont les combinaisons avec l'oxygène : arsénites (AsIII) et arséniates (AsV). L'arsenic forme également des composés organiques très stables, tant trivalents que pentavalents. Au laboratoire, les analyses portent sur l'analyse de l'arsenic total, intégrant les fractions trivalentes et pentavalentes.

La mobilité de ce composé dans les sols est assez limitée (1). De manière générale, les contaminations d'origines naturelles et anciennes seraient davantage liées aux sols que les contaminations plus récentes et anthropiques (2).

2 - Devenir chez l'homme

Dans la présente étude, la voie d'exposition étudiée pour l'arsenic a été l'ingestion de sols et de poussières. C'est cette voie d'exposition qui est considérée dans le présent paragraphe.

2.1. Pharmacocinétique

Afin de mieux comprendre le potentiel toxique de l'arsenic, il est nécessaire de comprendre son devenir dans l'organisme. Les différentes étapes suivies depuis l'ingestion, jusqu'à son sa distribution aux différents organes et à son élimination, sont présentées ci-après.

Absorption : l'absorption est le processus par lequel le composé inchangé passe de son site d'administration (ici, la voie orale) à la circulation générale (circulation systémique).

Le composé est ingéré, se retrouve au niveau de l'œsophage, puis de l'intestin. Au travers des différents fluides rencontrés sur ce trajet du tractus gastro intestinal, seule une partie de la quantité d'arsenic ingérée est solubilisée et se rend bioaccessible : on parle de fraction bioaccessible.

Au niveau de l'intestin, cette fraction bioaccessible est disponible pour l'absorption au niveau de la membrane intestinale.

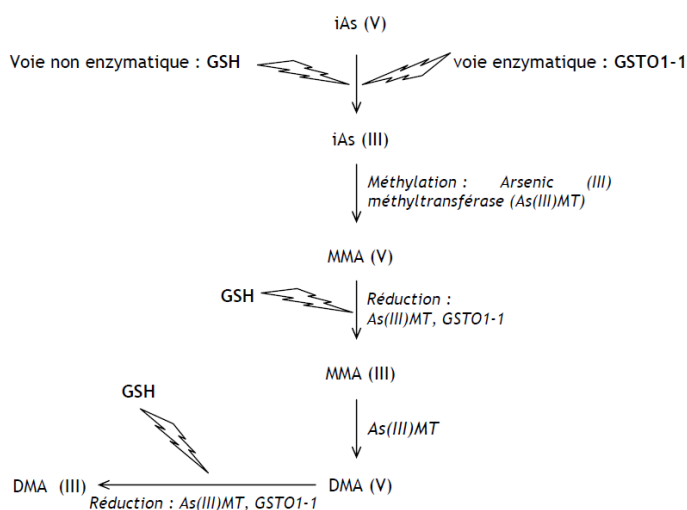
Après absorption, le composé rejoindra la circulation sanguine, sera dirigé vers le foie où il subira l'étape du premier passage hépatique (métabolisation hépatique), puis rejoindra la circulation systémique, avec ses métabolites, où il pourra être distribué aux différents organes, et, sous certaines conditions, exercer une action toxique. Les métabolites de l'arsenic sont également des composés pouvant exercer une action toxique. La quantité d'arsenic absorbé et atteignant la circulation systémique est caractérisée par la « fraction biodisponible ».

La partie d'arsenic non absorbée au niveau de l'intestin sera excrétée sous forme inchangée dans les fèces.

Les évaluations de risque considèrent, de façon sécuritaire, que la totalité d'une substance présente dans un sol ingéré par un individu atteindra ses organes cibles et générera un effet toxique. Cependant, seule une fraction présente dans les sols parvient dans le sang, puis au niveau des organes cibles. Les évaluations de risque majoraient par conséquent les effets attendus. Afin de mieux appréhender la quantité réellement absorbée, différentes études ont été menées afin d'évaluer la quantité bioaccessible et/ou biodisponible. Toutefois, ces évaluations dépendent de nombreux paramètres (pH, temps de résidence appliqué, composition des solutions digestives employées, protocole expérimental, etc.), et restent entachées d'incertitudes (2). C'est pourquoi l'utilisation de ce type de test n'a pas été employée dans le cadre de la présente étude. Rappelons toutefois que, dans le cadre d'une contamination historique des sols, les composés sont davantage fixés aux sols et se rendent de ce fait moins facilement bioaccessible et biodisponible (2) (3).

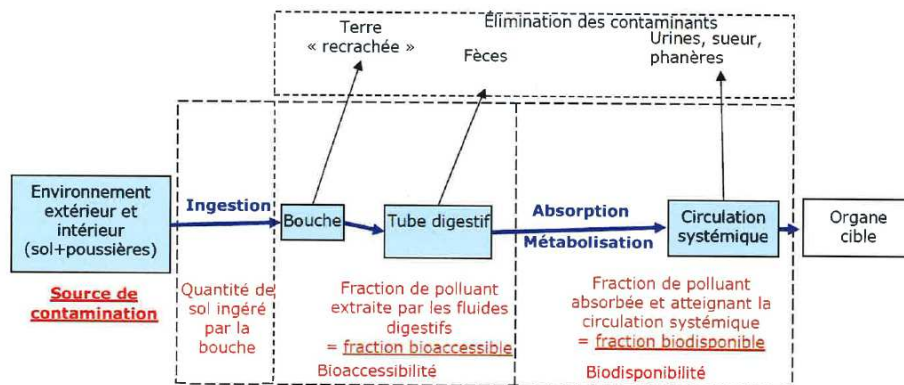
Distribution : une fois dans la circulation systémique, le composé pourra alors être distribué aux différents organes.

Métabolisation : le composé pourra être métabolisé par le système enzymatique de l'organisme, en particulier au niveau du foie. La métabolisation aboutira à la création de métabolites, qui, dans le cas de l'arsenic, sont des composés méthylés. Les produits issus de la métabolisation de l'arsenic sont présentés sur la figure ci-après (1).



Elimination : l'arsenic sera principalement excrété au niveau des urines, sous forme inchangée ou sous forme de métabolites méthylés.

Le schéma ci-après synthétise les différentes étapes du devenir de l'arsenic dans l'organisme.



2.2. Toxicité de l'arsenic

C'est l'arsenic présent dans la circulation systémique, ainsi que ses métabolites, qui, à une certaine dose, peuvent générer des effets toxiques.

Les premiers signes d'une intoxication chronique à l'arsenic décrits dans la littérature concernent les lésions cutanées (hyperkératose, hyperpigmentation). Des effets sur le système cardio-vasculaire, gastro-intestinal, au niveau du système neurologique, des voies respiratoires, du foie et du sang sont également rapportés dans la littérature. Précisons que les effets décrits peuvent être liés à de multiples causes, et ne peuvent être exclusivement imputables à l'arsenic.

Ce composé est également classé en classe I des agents cancérogènes certains pour l'homme dans la classification CIRC-IARC, ainsi que dans la classe A de la classification de l'US EPA à savoir cancérogène pour l'homme, et est impliqué dans le cancer de la vessie, de la peau et du poumon.

2.3 Surveillance biologique

L'exposition à l'arsenic peut être évaluée au travers de la mesure de la dose interne. Toutefois, cette méthode reste invasive. C'est pourquoi le recours aux biomarqueurs est souvent utilisé pour suivre l'imprégnation d'un organisme.

Dans le cas de l'arsenic, les indicateurs biologiques suivants peuvent être étudiés :

- L'urine : qui comprend à la fois l'arsenic inorganique et ses métabolites. Les teneurs mesurées sont représentatives d'une exposition récente (derniers jours – 24 à 48h). C'est ce type de biomarqueur qui est souvent utilisé ;
- Les phanères : sont représentatifs de l'exposition à l'arsenic sur le long terme (1 mois par cm de cheveux).

3. Etat actuel des connaissances sur l'exposition à l'arsenic présent dans les sols

Peu d'études ont rapporté des résultats probants sur la contribution des différents milieux d'exposition à l'arsenic, excepté pour l'eau. Quelques études épidémiologiques cas-témoin ont été menées afin d'évaluer la relation éventuelle entre les concentrations en arsenic présentes dans les sols et les niveaux d'arsenic urinaire. Une étude réalisée en 2010 recense les différentes études menées dans ce cadre (4).

Les auteurs de ces études ont mis en évidence que les populations habitant dans une zone contaminée ont des concentrations en arsenic urinaire plus élevées que celles résidant dans une zone non contaminée. En regard, les concentrations en arsenic dans les sols sont très variables d'un site à l'autre (de 18,8 mg/kg à 333 mg/kg de matière sèche). Les quelques résultats disponibles ne permettent pas une conclusion claire sur le lien entre les concentrations en arsenic dans les sols et dans les urines. Toutefois, un lien est rapporté lorsque les concentrations en arsenic dans les sols sont supérieures à 100 mg/kg et le sol semble être un milieu contributeur à l'exposition dont la part reste difficile à quantifier. Néanmoins, les concentrations urinaires en arsenic et ses métabolites restent inférieures aux seuils sanitaires recommandés dans le milieu du travail. Il est difficile de donner une signification sanitaire aux mesures d'arsenic urinaire rapportées dans les études analysées eu population générale.

Contexte réglementaire des évaluations des risques sanitaires, dans le domaine des sites et sols pollués

1 - Contexte Français

Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, d'avril 2017

Dans la méthodologie en vigueur en sites et sols pollués, il est précisé que «...la gestion des résultats des diagnostics se base sur : la comparaison aux valeurs caractérisant l'environnement local témoin... » et par ailleurs que « ...de nombreuses zones du territoire français comportent des anomalies géochimiques naturelles. Limiter les diagnostics au site étudié peut conduire à des processus de gestion erronés. Des diagnostics sont à mettre en œuvre sur site et hors site pour différencier la contribution du site à celle liée à son environnement...s'agissant des territoires affectés d'anomalies géochimiques naturelles, le plus grand soin est à apporter au diagnostic réalisé pour différencier les pollutions de ces anomalies et ainsi limiter la réhabilitation aux seules pollutions. »

Aussi, la gestion des sites pollués concerne les contaminations anthropiques liées aux activités exercées par le passé. Les mesures de gestion sont à adapter au contexte géochimique local.

Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014

Dans la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, il est précisé que « l'appréciation des effets d'un projet sur la santé repose notamment sur la quantification des risques sanitaires, réalisée sur certaines substances rejetées dans l'environnement ». Aussi, l'analyse des enjeux sanitaires porte uniquement sur les contaminants utilisés dans le cadre de l'exploitation, et rejetés dans l'environnement.

Il est également précisé dans ce texte que « la sélection des substances d'intérêt doit prendre en compte les concentrations mesurées dans l'environnement, l'importance de la contamination attendue du milieu par rapport au bruit de fond ambiant... ». Cela montre que les substances considérées sont celles qui sont anthropiques, en teneurs supérieures au bruit de fond.

L'analyse des enjeux sanitaires en sites et sols pollués ne porte, en conséquence, que sur les contaminants apportés par l'homme dans le cadre de son exploitation du site. Les risques associés au fond géochimique local ne relèvent donc pas des missions de l'évaluateur, mais de celles des décisionnaires, à savoir les autorités compétentes.

2 - Contexte européen et international

Dans l'article publié dans les « annales des mines – Responsabilité et environnement », il est précisé que « la distinction de la part anthropique des éléments présents dans les sols et de celle présente naturellement est, par exemple, requise par les réglementations américaines et européennes pour la gestion des installations industrielles règlementées. » (5)

Aussi, la réglementation nationale en vigueur est en cohérence avec la réglementation européenne et américaine, qui préconise d'appliquer des mesures de gestion adaptées dans le cas où les impacts sont d'origines anthropiques.

Conclusion et discussion

Les analyses des enjeux sanitaires menées actuellement en sites et sols pollués considèrent, de façon sécuritaire, que la totalité d'une substance présente dans un sol ingéré par un individu atteindra ses organes cibles et génèrera un effet toxique. Cette approche n'est pas représentative de la réalité, et surestime les niveaux de risques calculés.

Pour l'arsenic, cette approche consiste systématiquement, dès lors que les teneurs sont supérieures à la valeur de bruit de fond, à mettre en œuvre des mesures de gestion.

Aussi, dans le cadre de la présente étude, et conformément à la méthodologie en vigueur en sites et sols pollués, les mesures de gestion ont été définies dès lors que les teneurs mesurées dépassaient les valeurs de bruit de fond naturelles définies dans les sols superficiels (fluviosol et alluvions), comprises entre 0-110 mg/kg.

Les valeurs de bruit de fond ont été définies conformément aux normes de définition de bruit de fond en vigueur (NF ISO 19258 (2011) : Qualité du sol - Guide pour la détermination des valeurs de bruit de fond).

Ces valeurs sont supérieures aux valeurs couramment observées dans les sols ordinaires français (gamme de valeurs INRA ASPITET), et s'explique du fait du contexte géologique local, auquel la population locale est naturellement exposée, sans effets sanitaires jusqu'alors rapportés.

Les analyses statistiques réalisées à partir des données sols obtenues sur la zone d'étude sont rappelées dans le tableau ci-après.

Paramètre	Données statistiques de base (données originales)	Loi de distribution	Valeur de fond brute
Fluvisol supérieur (terre végétale)	Moyenne : 29 mg/kg Ecart-type : 23 mg/kg Médiane : 21 mg/kg	Log-normale	Méthode graphique : 46 mg/kg
Fluvisol inférieur (limon)	Moyenne : 59 mg/kg Ecart-type : 66 mg/kg Médiane : 41 mg/kg	Log-normale	Méthode graphique : 110 mg/kg
Alluvions (sables)	Moyenne : 53 mg/kg Ecart-type : 97 mg/kg Médiane : 30 mg/kg	Log-normale	Méthode graphique : 83 mg/kg
Substratum (schiste)	Moyenne : 213 mg/kg Ecart-type : 228 mg/kg Médiane : 150 mg/kg	Ni-normale, ni log-normale	Méthode des percentiles : 230 mg/kg

Les concentrations moyennes et médianes mesurées dans les sols superficiels sont comprises respectivement entre 29 et 59 mg/kg pour les moyennes et entre 21 et 41 mg/kg pour les médianes. Les teneurs moyennes et médianes sont plus faibles dans la couche de terre végétale, présente en surface.

Pour rappel, l'état des connaissances ne permet pas d'évaluer la relation éventuelle entre les concentrations en arsenic présentes dans les sols et les niveaux d'arsenic urinaire, traduisant l'imprégnation récente d'un organisme à l'arsenic. Toutefois, un lien est rapporté lorsque les concentrations en arsenic dans les sols sont supérieures à 100 mg/kg, ce qui n'est pas le cas dans la présente étude (valeurs médianes et moyennes nettement inférieures à cette valeur). Précisons par ailleurs que dans cette étude, il a été mis en évidence que les concentrations urinaires en arsenic et ses métabolites restaient, même en cas de contamination anthropiques des sols à des niveaux supérieurs à ceux mesurés dans le cadre de la présente étude, inférieures aux seuils sanitaires recommandés dans le milieu du travail.

Aussi, compte tenu du contexte local et des données issues de la littérature, la présence naturelle d'arsenic dans les sols superficiels de ce site ne semble pas être problématique d'un point de vue sanitaire. Les mesures de gestion préconisées dans le cadre de l'étude ont été adaptées au contexte local et ce, conformément à la méthodologie en vigueur.

Bibliographie

1. **B. La rocca, N. Houeix, S.Andres.** Fiche Toxicologique INERIS. *Arsenic et ses dérivés organiques.* avril 2010.
2. **C.Dabin, A.Guignonnet-sergent, E.Algros, A-M.Charissou.** *Biodisponibilité et bioaccessibilité des polluants dans le cas des sols pollués - Etat des connaissances et pistes de recherche.* Janvier 2012.
3. *Arsenic bio-accessibility and bioaccumulation in aged pesticide contaminated soils: A multiline investigation to understand environmental risk.* **M.S. Rahman, A.J. Reichelt-Brushet, M.W.Clark & al.** s.l. : Science of the Total Environment, March 2017, Vol. 581-582, p782–793.
4. *Le sol contribue-t-il à l'exposition à l'arsenic?* **Clémence Fillol, Frédéric Dor, Isabelle Momas, Nathalie Seta.** mars-avril 2010, vol.9, n°2, Environnement, Risques et santé, pp. p151-p158.
5. *Problèmes posés par la définition de l'état de référence des sols en santé environnementale.* **Côme Daniau, Frédéric Dor, Sebastien Denys & al.** n°54, p70 à 77, s.l. : ESKA - "Annales des Mines - Responsabilit et environnement", 2009.
6. *Bioaccessibility of antimony and arsenic in highly polluted soils of the mine area and health risk assessment associated with oral ingestion exposure.* **Jining Li, Yuan Wei, Long Zhao & al.** s.l. : Ecotoxicology and Environmental Safety, December 2014, Vol. Volume 110, Pages 308–315.