

*Département Environnement*  
5 l'Occitane – B.P. 17503  
31675 LABEGE Cedex  
Tel.: 05.62.24.57.40  
Fax. : 05.62.24.57.41

**MAIRIE DE BORDEAUX**

---

**AIRE D'ACCUEIL DES GENS DU VOYAGE – AVENUE LABARDE (33)**

---

**EVALUATION DETAILLEE DES RISQUES SANITAIRES**

---

**RAPPORT**

315/04/01117/E

31 / 03224 / EDR / NT / 01 / A

A 16/06/05 N. CANCEL

L. LAMBOLEZ F. GARROS NON 57

## RESUME – CONCLUSION

La Ville de Bordeaux envisage la création d'une aire d'accueil des gens du voyage qui sera située avenue Labarde à Bordeaux (33), sur une ancienne décharge. Afin de vérifier la compatibilité du site avec cet usage, la ville a mandaté ARCADIS pour la réalisation d'une évaluation détaillée des risques (EDR), conformément à la méthodologie du MEDD.

Deux campagnes d'investigations des milieux sols et eaux souterraines ont été menées sur le site en juin 2004 et avril 2005. Ces investigations ont mis en évidence la présence :

- de métaux, HAP et hydrocarbures dans les sols,
- de métaux, HAP et hydrocarbures dans les eaux souterraines.

Les mesures de gaz du sol ne révèlent pas la présence de biogaz sur le site ; ce résultat confirme la dégradation avancée des déchets déposés entre 1965 et 1967.

Les scénarios étudiés comprennent :

- un scénario gardien correspondant à la présence d'une personne chargée de l'accueil des gens du voyage,
- un scénario gens du voyage sur la base d'une fréquentation du site six mois par an.

Les voies d'exposition retenues sont les suivantes :

- l'ingestion de sol ;
- le contact cutané avec les sols ;
- l'inhalation de vapeurs provenant du dégazage des sols ;
- l'inhalation de vapeurs provenant du dégazage des eaux souterraines.

Sur la base des concentrations maximales détectées dans les sols et les eaux souterraines, les risques calculés apparaissent supérieurs aux valeurs seuils de la circulaire du 10/12/99 quelque soit le scénario étudié. Ils sont notamment liés à l'ingestion de sols qui renferment du plomb et de l'arsenic.

**Le site est compatible avec l'usage envisagé sous réserve de supprimer le contact avec les sols en couvrant le site de façon pérenne par :**

- **un minimum de 30 cm de terre d'apport propre au droit des espaces non couverts. La pose d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terrains en place/terrains d'apport est à prévoir afin d'alerter les personnes sur le fait qu'elles atteignent une zone polluée.**
- **des voiries (enrobé...),**
- **des dalles béton,**
- **des bâtiments.**

ARCADIS ESG attire l'attention de la Mairie de Bordeaux sur les points suivants :

- Dans la mesure où des terrains impactés restent sur le site, il est nécessaire de garder la mémoire des zones polluées ainsi que de la nature des substances présentes et notamment d'annexer le présent rapport à tout acte de vente des terrains. **Une procédure en cas de travaux ultérieurs sur le site est à rédiger ;**
- Toute modification des hypothèses de départ et de l'usage du site (usage des eaux souterraines, logements de fonction...) ne pourra être envisagée qu'après réalisation d'une étude complémentaire afin de valider la compatibilité du site avec le nouvel usage projeté ;
- Lors des travaux sur site, il est recommandé de respecter quelques règles simples et usuelles d'hygiène sur ce type de chantier (lavage des mains, interdiction de manger) ;
- Les déblais générés par les travaux de terrassement devront être éliminés en filière adaptée.

\* \* \* \*

**SOMMAIRE**

1 -	INTRODUCTION	9
2 -	CARACTERISTIQUES DU SITE	10
2 - 1 -	Présentation du site	10
2 - 2 -	Données géologiques et hydrogéologiques	10
2 - 2 - 1 -	<b>Contexte géologique</b>	10
2 - 2 - 2 -	<b>Contexte hydrogéologique</b>	11
2 - 2 - 3 -	<b>Contexte hydrologique</b>	11
2 - 3 -	Impacts recensés sur le site	11
2 - 3 - 1 -	<b>Impact sur les sols</b>	12
2 - 3 - 2 -	<b>Impact sur l'air du sol</b>	14
2 - 3 - 3 -	<b>Impact sur l'air ambiant</b>	17
2 - 3 - 4 -	<b>Impact sur les eaux</b>	17
3 -	PROJET D'AMENAGEMENT DU SITE	20
4 -	CHOIX DES SUBSTANCES	21
4 - 1 -	Méthodologie	21
4 - 2 -	Milieux retenus	22
4 - 3 -	Substances retenues à ce stade de l'étude	22
	Le tableau suivant présente la liste des substances retenues dans les sols et les eaux souterraines.	22
4 - 4 -	Etude de la toxicité des substances	24
4 - 4 - 1 -	<b>Méthodologie</b>	24
4 - 4 - 2 -	<b>Toxicologie des substances</b>	25
4 - 4 - 3 -	<b>Substances retenues dans la suite de l'étude</b>	31
5 -	DEFINITION DU SCHEMA CONCEPTUEL	31
5 - 1 -	Scénarios retenus	31
5 - 2 -	Cibles potentielles	31
5 - 3 -	Voies d'exposition	32
5 - 3 - 1 -	<b>Voies d'exposition retenues</b>	32
5 - 3 - 2 -	<b>Voies d'exposition non retenues</b>	32
6 -	ESTIMATION DE L'EXPOSITION – CALCUL DU RISQUE	33
6 - 1 -	Modélisation des transferts dans l'air	33
6 - 2 -	Calcul de la dose journalière d'exposition	34
6 - 3 -	Les relations dose-effet	36
6 - 3 - 1 -	<b>Objectif/Définitions</b>	36
6 - 4 -	Concentrations retenues pour les calculs de risques	36
6 - 4 - 1 -	Sols	36
6 - 4 - 2 -	Eaux souterraines	38
6 - 4 - 3 -	<b>Synthèse des valeurs toxicologiques de référence retenues</b>	40
6 - 5 -	Risques calculés	42
6 - 5 - 1 -	<b>Scénario gardien</b>	43
6 - 5 - 2 -	<b>Scénario gens du voyage adultes</b>	44
6 - 5 - 3 -	<b>Scénario gens du voyage enfants</b>	45
7 -	INCERTITUDES	46

7 - 1 -	Incertitudes liées à l'échantillonnage	46
7 - 2 -	Concentrations retenues	46
7 - 3 -	Volatilisation du mercure depuis les sols	46
7 - 4 -	Incertitudes entourant la sélection des VTR	47
7 - 4 - 1 -	<b>Cas particulier des VTR contact cutané</b>	47
7 - 5 -	Incertitudes liées à la modélisation des transferts	48
7 - 5 - 1 -	<b>Incertitudes liées au modèle RISC</b>	48
7 - 5 - 2 -	<b>Taux de renouvellement d'air dans le bâtiment</b>	49
7 - 5 - 3 -	<b>Différence de pression air du bâtiment/air du sol</b>	49
7 - 5 - 4 -	<b>Taux de fissuration</b>	49
7 - 5 - 5 -	<b>Epaisseur des fondations</b>	50
7 - 5 - 6 -	<b>Nature du sol</b>	50
7 - 6 -	Incertitudes sur les scénarios d'exposition	50
7 - 6 - 1 -	<b>Durée d'exposition</b>	50
7 - 6 - 2 -	<b>La surface de peau exposée</b>	51
7 - 6 - 3 -	<b>Le facteur d'adhérence du sol sur la peau</b>	51
7 - 6 - 4 -	<b>Quantité de sol ingéré</b>	51
7 - 6 - 5 -	<b>Masse de l'individu</b>	52
7 - 6 - 6 -	<b>Volume d'air inhalé</b>	52
7 - 7 -	Incertitudes liées à la présence d'arsenic dans les sols	53
7 - 8 -	Recherche de biogaz	53
7 - 9 -	Conclusions sur les incertitudes	53
8 -	<b>SYNTHESE DES RISQUES LIE AU SITE</b>	54
9 -	<b>SOLUTIONS DE REHABILITATION VIS-A-VIS DU RISQUE INGESTION DE SOL</b>	54
9 - 1 -	Principes	54
9 - 2 -	Suppression de la source	55
9 - 3 -	Suppression ou limitation des transferts	55
10 -	<b>SERVITUDES</b>	55
10 - 1 -	Mémoire du site	55
10 - 2 -	Canalisations d'adduction d'eau potable	55
10 - 3 -	Modification de l'usage du site	56
10 - 4 -	Hygiène et sécurité	56
10 - 5 -	Gestion des déblais	56
11 -	<b>CONCLUSION</b>	56

**ANNEXES**

- ▼ **Annexe A : Plan de situation du site**
- ▼ **Annexe B : Plan du site**
- ▼ **Annexe C : Extrait de la carte géologique de Bordeaux**
- ▼ **Annexe D : Coupes des sondages réalisés en avril 2005**
- ▼ **Annexe E : Fiches de prélèvement d'eau (campagne d'avril 2005)**
- ▼ **Annexe F : Plan de synthèse des investigations réalisées sur les sols et les eaux souterraines**
- ▼ **Annexe G : Bulletins d'analyses (campagne d'avril 2005)**
- ▼ **Annexe H : Tableau récapitulatif des analyses sur les sols**
- ▼ **Annexe I : Tableau récapitulatif des analyses sur les gaz du sol**
- ▼ **Annexe J : Tableau récapitulatif des analyses sur les eaux souterraines**
- ▼ **Annexe K : Plan du projet d'aménagement**
- ▼ **Annexe L : Toxicologie détaillée des substances**
- ▼ **Annexe M : Schémas conceptuels**
- ▼ **Annexe N : Description du logiciel RISC**
- ▼ **Annexe O : Présentation des équations de transfert**
- ▼ **Annexe P : Présentation des équations de calcul de la dose journalière d'exposition**
- ▼ **Annexe Q : Choix des VTR**
- ▼ **Annexe R : Calcul des transferts**
- ▼ **Annexe S : Calcul des risques - Scénario gardien**
- ▼ **Annexe T : Calcul des risques - Scénario gens du voyage adultes**
- ▼ **Annexe U : Calcul des risques - Scénario gens du voyage enfants**

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Synthèse des résultats analytiques sur les sols .....	13
Tableau 2 : Synthèse des résultats analytiques sur les sols (suite).....	14
Tableau 3 : Synthèse des résultats des mesures de biogaz.....	16
Tableau 4 : Synthèse des résultats analytiques sur les eaux souterraines .....	18
Tableau 5 : Synthèse des résultats analytiques sur les eaux souterraines (suite) .....	19
Tableau 6 : Répartition des coupes pétrolières sur S2 (échantillon le plus concentré en HCT) – eaux souterraines .....	20
Tableau 7 : Substances retenues à ce stade de l'étude .....	23
Tableau 8 : Substances retenues à ce stade de l'étude (suite).....	24
Tableau 9 : Toxicologie des substances .....	26
Tableau 10 : Toxicologie des substances (suite).....	27
Tableau 11 : Toxicologie des substances (suite).....	28
Tableau 12 : Toxicologie des substances (suite).....	29
Tableau 13 : Toxicologie des substances (suite).....	30
Tableau 14 : Paramètres de transfert.....	33
Tableau 15 : Paramètres d'exposition.....	34
Tableau 16 : Concentrations dans les sols retenues pour le calcul de risques.....	37
Tableau 17 : Concentrations dans les eaux souterraines retenues pour le calcul de risques.....	38
Tableau 18 : Synthèse des valeurs toxicologiques retenues dans le cadre de cette étude .....	41
Tableau 19 : Indices de risque – Scénario gardien.....	43
Tableau 20 : Excès de risque individuel – Scénario gardien.....	43
Tableau 21 : Indices de risque – Scénario gens du voyage adulte .....	44
Tableau 22 : Excès de risque individuel – Scénario gens du voyage adulte .....	44
Tableau 23 : Indices de risque – Scénario gens du voyage enfant .....	45
Tableau 24 : Excès de risque individuel – Scénario gens du voyage enfants .....	45
Tableau 25 : Incertitudes liées à la modélisation .....	48
Tableau 26 : Synthèse des risques calculés.....	54

**GLOSSAIRE**

ADEME :	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
BTEX :	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes
CH4 :	Méthane
COHV :	Composés organo-halogénés volatils (solvants chlorés)
CAV :	Composés Aromatiques Volatils (dont BTEX)
CO :	Monoxyde de carbone
CO2 :	Dioxyde de carbone
COV :	Composés organo-volatils (CAV + OHV = solvants)
CPG :	Chromatographie en Phase Gazeuse
CR :	Concentration de référence – exprimée en mg ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$
DR <sub>o,i,c</sub> :	Dose de référence (orale, inhalation, cutanée) – exprimée en mg/kg/j
EDR :	Evaluation détaillée des risques
ERI :	Excès de risque individuel
ERU <sub>o,i,c</sub> :	Excès de risque unitaire (oral, inhalation, cutané) – exprimé en (mg/kg/j)
GIF :	Facteur d'absorption gastro-intestinale
H2S :	Sulfure d'hydrogène
HAP :	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (goudrons)
HAV :	Hydrocarbures aromatiques volatils
HCT :	Hydrocarbures totaux
IR :	Indice de risque
IRSN :	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
LD :	Limite de détection
MEDD :	Ministère de l'écologie et du développement durable
NH3 :	Ammoniac
O2 :	Dioxygène
OMS :	Organisation mondiale de la santé
PCB :	Polychlorobiphényles
Pz :	Piézomètre
SC :	Système cardiovasculaire
SI :	Système immunitaire
SNC :	Système nerveux central
SNP :	Système nerveux périphérique
SR :	Système respiratoire
TEF :	Facteur d'équivalence toxique
TGI :	Tractus gastro-intestinal
UCL95 :	Intervalle de confiance à 95 %
USEPA :	Agence de protection de l'environnement américaine
VTR :	Valeur toxicologique de référence



## 1 - INTRODUCTION

La Ville de Bordeaux a consulté ARCADIS ESG pour réaliser une évaluation détaillée des risques de l'ancienne décharge située à Bordeaux (33), avenue de Labarde, en bordure de la Garonne et de la Jallère. Cette étude doit permettre de vérifier la compatibilité du site avec l'usage envisagé soit la création d'une aire de stationnement pour accueillir les gens du voyage.

Cette aire est conçue pour accueillir une trentaine de caravanes, réparties en 15 emplacements familiaux sur environ 7 000 m<sup>2</sup>.

La zone investiguée dans le cadre de la présente étude concerne une surface de 12 500 m<sup>2</sup> comprenant la future aire d'accueil des gens du voyage et ses abords sur une largeur de 12 m.

L'EDR est fondée sur les données :

- présentées dans le rapport de reconnaissance géologique, hydrogéologique et géotechnique (rapport GAUDRIOT 1SU331040022) ;
- collectées lors des investigations complémentaires réalisées par ARCADIS ESG en avril 2005 (43 sondages à la pelle mécanique, dont 6 ont été équipés en piézomètres).

La présente étude présente :

- une description des investigations menées en avril 2005 ;
- la nature et la localisation des pollutions identifiées ;
- le projet d'aménagement ;
- la quantification des risques potentiels pour la santé associés aux polluants en présence ;
- les travaux à réaliser ou les mesures à prendre pour permettre la viabilité du projet d'aménagement.

Classiquement, la démarche d'évaluation des risques pour la santé se décline en 4 étapes :

- l'identification des dangers ;
- l'étude de la toxicité ;
- l'évaluation de l'exposition ;
- et la caractérisation du risque.

L'**identification des dangers** décrit l'état de pollution du site et les caractéristiques des polluants identifiés.

L'**étude de la toxicité** définit les valeurs toxicologiques de référence lorsqu'elles existent ou les méthodes d'évaluation de la toxicité spécifiques à certains composés (PCB, HAP, ...).

L'**évaluation de l'exposition** identifie les scénarios d'exposition potentiels à partir de l'usage envisagé, estime les concentrations aux points d'exposition et la quantité à laquelle est exposé l'organisme humain.

La **caractérisation du risque** évalue le risque pour chacun des scénarios d'exposition. La valeur du risque étant entachée d'un certain nombre d'incertitudes, l'analyse de ces incertitudes définit comment interpréter et utiliser les résultats de l'étude.

## 2 - CARACTERISTIQUES DU SITE

### 2 - 1 - Présentation du site

➤ *Annexe A : Plan de situation du site*

➤ *Annexe B : Plan du site*

Le site est situé avenue de Labarde à Bordeaux, au nord du parc d'activités Alienor.

Cette ancienne décharge, exploitée de 1963 à 1984, a principalement reçu des ordures ménagères. Au droit de la future aire d'accueil des gens du voyage, les déchets sont anciens ; ils ont été déposés de 1965 à 1967.

### 2 - 2 - Données géologiques et hydrogéologiques

#### 2 - 2 - 1 - Contexte géologique

➤ *Annexe C : Extrait de la carte géologique de Bordeaux*

➤ *Annexe D : Coupes des sondages réalisés en avril 2005*

Les formations géologiques présentes dans le secteur de la zone d'étude sont :

- les argiles grises des formations fluviatiles, dites argiles des Mattes flandriennes, constituées par des argiles bleuâtres et grisâtres, à passées tourbeuses. Leur épaisseur varie de 12 à 22 m ;
- les sables et les graves sous-flandriens, qui sont des formations fluviatiles inférieures, magasin de la nappe « sous-fluviale », d'une épaisseur de 1 à 9 m ;
- les marnes gris-bleu qui sont des formations sannoisiennes de l'Oligocène inférieur, à passées marno-calcaires, parfois silteuses, graveleuses. Le toit du substratum est un plan horizontal.

Les sondages à la pelle mécanique d'une profondeur de 1 à 3.8 m, réalisés en avril 2005, ont majoritairement rencontré : en tête, des limons sablo-graveleux sur quelques dizaines de centimètres, puis des argiles ou des sables limoneux. Les marnes gris-bleu ont été rencontrées à partir de 1.4 à 3.3 m.

Il semblerait qu'après l'exploitation de la décharge, le site ait été recouvert d'une couche limoneuse de quelques dizaines de centimètres.

Ponctuellement, quelques déchets en décomposition avancée ont également été rencontrés. L'état avancé de dégradation des déchets concorde avec les dates supposées d'exploitation de la zone d'étude soit des dépôts des déchets réalisés dans les années 1965-1967.

### **2 - 2 - 2 - Contexte hydrogéologique**

➤ *Annexe E : Fiches de prélèvement d'eau (campagne d'avril 2005)*

Les aquifères suivants sont rencontrés dans le secteur de la zone d'étude :

- les eaux circulant localement dans les déchets à la faveur de passées perméables. Il ne s'agit pas d'une nappe à proprement parler mais d'eaux de ruissellement localisées ;
- la nappe captive des sables et graviers sous-flandriens, isolée de l'aquifère sus-jacent par les dépôts argileux d'une puissance de 12 à 22 m. Elle se situe au toit des marnes de l'Oligocène inférieur ;
- la nappe captive de l'Eocène supérieur que l'on rencontre à -42 m NGF. Elle n'est pas vulnérable en raison d'une épaisse couche de marnes bigarrées sus-jacente. Elle est exploitée pour l'adduction d'eau dans la région.

Lors des investigations menées en avril 2005, les eaux circulant dans les déchets ont été observées à partir de 0.57 m de profondeur par rapport au terrain naturel. Le nivellement des ouvrages indique que l'écoulement des eaux est globalement dirigé vers le nord-ouest. Le sens d'écoulement de ces eaux de ruissellement, non cohérent avec le sens d'écoulement de la Jallère et de la Garonne proches, est probablement influencé par l'hétérogénéité du massif de déchets (tassements, ...).

### **2 - 2 - 3 - Contexte hydrologique**

Le réseau hydrographique local est composé de :

- La Jallère, au Nord du site. La partie de la Jallère, au voisinage du site, est influencée par la Garonne, dont les eaux remontent dans cette section sous l'effet de la marée ;
- La Garonne à l'Est de la zone d'étude.

### **2 - 3 - Impacts recensés sur le site**

➤ *Annexe F : Plan de synthèse des investigations réalisées sur les sols et les eaux souterraines*

➤ *Annexe G : Bulletins d'analyses (campagne d'avril 2005)*

La présente étude prend en compte les résultats analytiques collectés par GAUDRIOT et par ARCADIS lors des campagnes d'investigations respectivement menées en juin 2004 et avril 2005.

La campagne d'analyses réalisée par GAUDRIOT, en juin 2004, a compris la réalisation de :

- 4 sondages,
- 3 analyses sur les sols en HCT et en métaux (mercure, plomb, arsenic et cuivre),
- 4 analyses sur les eaux souterraines en HCT, en métaux (4 composés) et en ammonium,
- 4 analyses semi-quantitatives sur le biogaz (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et NH<sub>4</sub>),

La campagne d'analyses réalisée par ARCADIS, du 11 au 13 avril 2005, a compris la réalisation de :

- 37 sondages, dont 6 équipés en piézomètres,
- 14 analyses sur les sols en hydrocarbures avec coupes pétrolières, en métaux (8 composés), en HAP (16 composés), en COHV (11 composés) et en BTEX (4 composés).
- 3 analyses sur les eaux souterraines en hydrocarbures avec coupes pétrolières, en HAP (16 composés), en COHV (11 composés) et en BTEX (4 composés) ainsi qu'une analyse en mercure. Les piézomètres implantés par GAUDRIOT en juin 2004 n'ont pas été retrouvés, il n'a donc pas été possible de les prélever.
- 37 analyses semi-quantitatives sur le biogaz (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO et H<sub>2</sub>S).

NB : Certaines données provenant du rapport réalisé par Gaudriot concernent la périphérie de la zone d'étude. Ces données ont cependant été intégrées à la présente étude de manière à disposer d'un maximum d'informations et ainsi renseigner plus précisément l'EDR.

De la même manière, les investigations menées par ARCADIS ont concerné la future aire d'accueil des gens du voyage (7 000 m<sup>2</sup> environ), mais également une bande de terrain d'une largeur de 12 m entourant le projet (5 500 m<sup>2</sup> environ).

### **2 - 3 - 1 - Impact sur les sols**

#### **➤ *Annexe H : Tableau récapitulatif des analyses sur les sols***

Sur la zone d'étude, lors des deux campagnes d'investigations, les hydrocarbures, les BTEX, les HAP, les COHV et les métaux ont été recherchés dans les sols.

Seuls les hydrocarbures, les HAP et les métaux ont été détectés.

Les coupes pétrolières réalisées permettent de caractériser les hydrocarbures en présence. Il s'avère que les hydrocarbures présents dans les sols sont plutôt des hydrocarbures lourds (peu ou pas volatils), les fractions légères inférieures à C<sub>12</sub> n'étant pas détectées.

Le tableau suivant présente les substances analysées dans les sols et les concentrations minimales et maximales associées mesurées. Le détail des résultats analytiques sur les sols est présenté en annexe.

Tableau 1 : Synthèse des résultats analytiques sur les sols

		Min	Max	Nb analyses	Nb > L.D
<b>Hydrocarbures</b>					
HCT	mg/kg	<10	720	17	13
n Pentane	mg/kg	-	-	14	0
n Hexane	mg/kg	-	-	14	0
Cyclohexane	mg/kg	-	-	14	0
n Pentane	mg/kg	-	-	14	0
n Octane	mg/kg	-	-	14	0
n Nonane	mg/kg	-	-	14	0
N Decane	mg/kg	-	-	14	0
Huile minérale C10 - C12	mg/kg	-	-	14	0
Huile minérale C12 - C16	mg/kg	<10	14	14	1
Huile minérale C16 - C21	mg/kg	<10	98	14	5
Huile minérale C21 - C30	mg/kg	<10	320	14	7
Huile minérale C30 - C40	mg/kg	<10	270	14	9
<b>Métaux lourds</b>					
Arsenic (As)	mg/kg	5.4	50	17	17
Cadmium (Cd)	mg/kg	0.1	7.2	14	9
Chrome total (Cr)	mg/kg	9.2	210	14	14
Cuivre (Cu)	mg/kg	6.7	910	17	17
Mercure (Hg)	mg/kg	<0.03	4.2	17	14
Nickel (Ni)	mg/kg	7.1	160	14	14
Plomb (Pb)	mg/kg	9.3	3400	17	17
Zinc (Zn)	mg/kg	30	3900	14	14
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Naphtalène	mg/kg	<0.05	1.82	14	4
Acénaphtylène	mg/kg	-	-	14	0
Acénaphthène	mg/kg	<0.05	3.78	14	4
Fluorène	mg/kg	<0.05	4.06	14	4
Phénanthrène	mg/kg	<0.05	42.02	14	5
Anthracène	mg/kg	<0.05	14.12	14	3
Fluoranthène	mg/kg	<0.05	60.50	14	8
Pyrène	mg/kg	<0.05	43.70	14	8
Benzo (a) anthracène	mg/kg	<0.05	15.63	14	8
Chrysène	mg/kg	<0.05	28.57	14	8
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	<0.05	11.26	14	8
Benzo (k) fluoranthène	mg/kg	<0.05	10.25	14	8
Benzo (a) pyrène	mg/kg	<0.05	25.21	14	8
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	<0.05	5.71	14	7
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	<0.05	15.63	14	8
Indeno (1,2,3-c,d) pyrène	mg/kg	<0.05	15.13	14	8

Tableau 2 : Synthèse des résultats analytiques sur les sols (suite)

		Min	Max	Nb analyses	Nb > L.D
<b>Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)</b>					
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg	-	-	14	0
1,1-dichloroéthane	mg/kg	-	-	14	0
1,1-dichloroéthylène	mg/kg	-	-	14	0
Chlorure de vinyle	mg/kg	-	-	14	0
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg	-	-	14	0
Dichlorométhane	mg/kg	-	-	14	0
Tétrachloroéthylène	mg/kg	-	-	14	0
Tétrachlorométhane = Tétrachlorure de carbone	mg/kg	-	-	14	0
Trans-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg	-	-	14	0
Trichloroéthylène	mg/kg	-	-	14	0
Trichlorométhane = Chloroforme	mg/kg	-	-	14	0
<b>BTEX</b>					
Benzène	mg/kg	-	-	14	0
Toluène	mg/kg	-	-	14	0
Ethylbenzène	mg/kg	-	-	14	0
Xylènes totaux	mg/kg	-	-	14	0

Concernant les coupes pétrolières sur les sols, les concentrations maximales en coupes pétrolières ont été mises en évidence sur le sondage SD23 0.4-1 m. Il s'agit du sondage au droit duquel la teneur en hydrocarbures totaux la plus forte a également été mesurée (720 mg/kg).

D'une manière générale, les concentrations rencontrées sur le site sont réparties de manière assez homogène.

### 2 - 3 - 2 - Impact sur l'air du sol

#### ➤ *Annexe I : Tableau récapitulatif des analyses sur les gaz du sol*

Le biogaz est le résultat de la fermentation anaérobie naturelle de la fraction organique des ordures et déchets déposés dans les décharges ; ce processus de décomposition dure entre 15 et 20 ans. C'est un gaz saturé en eau essentiellement composé de méthane (60 %) et de gaz carbonique (39 %)<sup>1</sup>. Il renferme également de multiples composés en traces dont de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac.

Des mesures de gaz des sols ont été réalisées afin de mettre en évidence la présence éventuelle de biogaz dans les sols.

<sup>1</sup> Composition biogaz - Source ADEME : [http://www.ademe.fr/midi-pyrenees/a\\_2\\_18.html#a](http://www.ademe.fr/midi-pyrenees/a_2_18.html#a)

37 analyses de gaz du sol ont ainsi été réalisées sur les sondages SD1 à SD37, préalablement équipés en micropiézomètres. Les tubes crépinés de 40 mm de diamètre ont été fermés en tête par un bouchon étanche. Les mesures ont été effectuées une fois les gaz stabilisés, le 13 mai 2005, soit plus d'un mois après la pose des ouvrages.

Les mesures ont été réalisées in situ, à l'aide de deux types d'appareillages :

- pour les teneurs en ammoniac (NH<sub>3</sub>), une pompe Accuro de marque *Dräger* associée à des cartouches de charbons actifs à usage unique (gamme de détection : 0 à 3 ppm d'ammoniac),
- pour les autres paramètres (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S), un analyseur de biogaz GA 2000 de marque *Geotechnical instruments*. Cet appareil utilise 2 technologies de mesure, l'absorption infrarouge pour le méthane (CH<sub>4</sub>) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et une cellule électrochimique pour le dioxygène (O<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S).

La synthèse des résultats des mesures de biogaz est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Synthèse des résultats des mesures de biogaz

	Ouvrages	NH3 (ppm)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	CO (ppm)	H2S (ppm)
<b>Mesures réalisées par Gaudriot en juin 2004</b>	S1 - 1m	0.0	Présence*	> 6	6.0	-	-
	S3 - 1m	0.0	Présence*	5.4	16.0	-	-
	S3 - 2.5m	0.3	Présence*	6.0	17.0	-	-
	S4 - 1m	0.0	Présence*	> 6	14.5	-	-
<b>Mesures réalisées par ARCADIS en avril 2005</b>	SD1	0.1	0.0	3.0	18.9	0.0	0.0
	SD2	0.8	0.0	14.2	8.8	4.0	0.0
	SD3	0.6	0.0	7.9	13.9	3.0	0.0
	SD4	0.2	0.0	1.3	19.4	3.0	0.0
	SD5	0.6	0.0	0.1	20.2	1.0	1.0
	SD6	1.5	0.0	19.3	4.0	0.0	0.0
	SD7	0.2	0.0	3.5	18.0	0.0	1.0
	SD8	3.0	0.0	13.1	9.2	3.0	2.0
	SD9	0.6	0.0	19.7	1.8	0.0	0.0
	SD10	0.5	0.0	20.9	20.9	7.0	0.0
	SD11	0.6	0.0	13.4	9.9	0.0	0.0
	SD12	0.4	0.0	21.1	0.0	9.0	0.0
	SD13	0.4	0.0	15.0	7.5	1.0	1.0
	SD14	0.0	0.0	12.7	10.0	4.0	1.0
	SD15	0.3	0.0	21.5	0.0	2.0	0.0
	SD16	2.0	0.0	17.1	4.1	4.0	0.0
	SD17	0.3	0.0	19.2	2.5	1.0	1.0
	SD18	0.3	0.0	12.6	10.0	3.0	0.0
	SD19	1.1	0.0	11.3	12.1	2.0	0.0
	SD20	0.3	0.0	6.6	15.5	3.0	1.0
	SD21	1.5	0.0	0.1	21.0	2.0	0.0
	SD22	0.2	0.0	2.0	19.9	3.0	1.0
	SD23	3.0	0.0	10.8	12.4	5.0	1.0
	SD24	0.1	0.0	3.6	17.5	2.0	1.0
	SD25	2.0	0.0	2.3	18.7	4.0	1.0
	SD26	1.8	0.0	5.4	16.7	5.0	1.0
	SD27	3.0	0.0	0.1	21.4	4.0	1.0
	SD28	0.0	2.1	18.9	1.6	4.0	0.0
	SD29	0.6	0.0	3.3	18.7	3.0	1.0
	SD30	2.2	0.0	0.1	21.5	5.0	0.0
	SD31	1.8	0.0	0.4	21.2	8.0	0.0
	SD32	2.1	0.0	12.4	11.1	9.0	1.0
	SD33	1.2	0.0	17.3	13.7	2.0	1.0
	SD34	2.7	0.4	18.3	8.1	7.0	0.0
SD35	1.6	0.0	7.4	0.4	2.0	1.0	
SD36	1.1	0.0	2.6	14.6	3.0	1.0	
SD37	2.9	0.0	7.9	18.9	2.0	1.0	

\* Teneur en gaz naturel non quantifiée lors de la campagne de mesure réalisée par Gaudriot

Les concentrations mesurées mettent en évidence une production de biogaz très faible, voire négligeable, avec notamment des concentrations en méthane quasi-nulles variant de 0 à 2.1% et des teneurs en CO2 variant de 0.1 à 21.5%.



Cette très faible production de biogaz s'explique notamment par le fait que les déchets fermentescibles, déposés sur la zone d'étude il y a environ quarante ans (entre 1965 et 1967), sont en phase terminale de dégradation.

### **2 - 3 - 3 - Impact sur l'air ambiant**

Aucune investigation n'a été réalisée sur l'air ambiant (absence de bâtiment actuellement sur la zone d'étude).

### **2 - 3 - 4 - Impact sur les eaux**

#### ***2 - 3 - 4.1. Impact sur les eaux souterraines***

➤ *Annexe J : Tableau récapitulatif des analyses sur les eaux souterraines*

Sur la zone d'étude, les hydrocarbures, les HAP, les BTEX, les COHV, les métaux et l'ammonium ont été recherchés dans les eaux souterraines.

Parmi ces composés, les hydrocarbures, les HAP, les BTEX, les métaux et l'ammonium ont été détectés.

Les coupes pétrolières réalisées en avril 2005 avaient pour objectif de caractériser les hydrocarbures en présence. Il s'avère que seules deux coupes pétrolières ont été mises en évidence dans les eaux souterraines. Il s'agit des coupes C6 (avec le cyclohexane : C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>) et C21-C30.

Le tableau suivant présente les substances analysées dans les eaux souterraines et les concentrations minimales et maximales associées mesurées. Le détail des résultats analytiques sur les eaux souterraines est présenté en annexe.

Tableau 4 : Synthèse des résultats analytiques sur les eaux souterraines

		Min	Max	Nb analyses	Nb > L.D
<b>Hydrocarbures</b>					
HCT	µg/l	<100	1100	7	4
n Pentane	µg/l	-	-	3	0
n Hexane	µg/l	-	-	3	0
Cyclohexane	µg/l	<0.5	0.6	3	1
n Pentane	µg/l	-	-	3	0
n Octane	µg/l	-	-	3	0
n Nonane	µg/l	-	-	3	0
N Decane	µg/l	-	-	3	0
Huile minérale C10 - C12	µg/l	-	-	3	0
Huile minérale C12 - C16	µg/l	-	-	3	0
Huile minérale C16 - C21	µg/l	-	-	3	0
Huile minérale C21 - C30	µg/l	<100	120	3	1
Huile minérale C30 - C35	µg/l	-	-	3	0
Huile minérale C35 - C40	µg/l	-	-	3	0
<b>Métaux lourds</b>					
Arsenic (As)	µg/l	10	25	4	4
Cuivre (Cu)	µg/l	16	120	4	4
Mercure (Hg)	µg/l	<0.05	0.3	5	1
Plomb (Pb)	µg/l	250	500	4	4
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>					
Naphtalène	µg/l	<0.02	1.7	3	2
Acénaphthylène	µg/l	-	-	3	0
Acénaphthène	µg/l	<0.02	0.22	3	2
Fluorène	µg/l	-	-	3	0
Phénanthrène	µg/l	<0.02	0.23	3	2
Anthracène	µg/l	<0.02	0.04	3	2
Fluoranthène	µg/l	0.04	0.19	3	3
Pyrène	µg/l	<0.02	0.17	3	2
Benzo (a) anthracène	µg/l	-	-	3	0
Chrysène	µg/l	<0.02	0.03	3	1
Benzo (b) fluoranthène	µg/l	<0.02	0.02	3	1
Benzo (k) fluoranthène	µg/l	<0.02	0.02	3	1
Benzo (a) pyrène	µg/l	<0.02	0.04	3	1
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/l	<0.02	0.02	3	1
Benzo (g,h,i) pérylène	µg/l	<0.02	0.03	3	1
Indeno (1,2,3-c,d) pyrène	µg/l	<0.02	0.02	3	1

Tableau 5 : Synthèse des résultats analytiques sur les eaux souterraines (suite)

		Min	Max	Nb analyses	Nb > L.D
<b>Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)</b>					
1,1,1-trichloroéthane	µg/l	-	-	3	0
1,1-dichloroéthane	µg/l	-	-	3	0
1,1-dichloroéthylène	µg/l	-	-	3	0
Chlorure de vinyle	µg/l	-	-	3	0
Cis-1,2-dichloroéthylène	µg/l	-	-	3	0
Dichlorométhane	µg/l	-	-	3	0
Tétrachloroéthylène	µg/l	-	-	3	0
Tétrachlorométhane = Tétrachlorure de carbone	µg/l	-	-	3	0
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	-	-	3	0
Trichloroéthylène	µg/l	-	-	3	0
Trichlorométhane = Chloroforme	µg/l	-	-	3	0
<b>BTEX</b>					
Benzène	µg/l	<0.1	3.5	3	1
Toluène	µg/l	<0.1	0.5	3	1
Ethylbenzène	µg/l	<0.1	0.1	3	1
Xylènes totaux	µg/l	<0.1	1.8	3	2
<b>Composés azotés</b>					
Ammonium	µg/l	1770	100 000	4	4

Concernant les coupes pétrolières sur les eaux souterraines, les concentrations maximales en coupes pétrolières ont été mises en évidence sur le piézomètre SD10.

La concentration maximale en hydrocarbures totaux ayant été mise en évidence sur un autre piézomètre (S2 avec HCT = 1100 µg/L – campagne GAUDRIOT), nous avons estimé la répartition des coupes pétrolières sur S2 sur la base de celles analysées en SD 10 :

Tableau 6 : Répartition des coupes pétrolières sur S2 (échantillon le plus concentré en HCT) – eaux souterraines

		SD10	Répartition estimée des coupes pétrolières sur S2 (1100 µg/L)
<b>Hydrocarbures</b>			
HCT	µg/L	300	1100
n Pentane	µg/l	-	-
n Hexane	µg/l	-	-
Cyclohexane	µg/l	0.6	2.2 (=0.6*1100/300)
n Pentane	µg/l	-	-
n Octane	µg/l	-	-
n Nonane	µg/l	-	-
N Decane	µg/l	-	-
Huile minérale C10 - C12	µg/l	-	-
Huile minérale C12 - C16	µg/l	-	-
Huile minérale C16 - C21	µg/l	-	-
Huile minérale C21 - C30	µg/l	120	440 (=120*1100/300)
Huile minérale C30 - C35	µg/l	-	-
Huile minérale C35 - C40	µg/l	-	-

- : Coupe hydrocarbure non détectée dans les eaux souterraines

#### 2 - 3 - 4.2. Impact sur les eaux superficielles

Aucune investigation n'a été réalisée sur les eaux superficielles.

### 3 - PROJET D'AMENAGEMENT DU SITE

#### ➤ Annexe K : Plan du projet d'aménagement

La ville de Bordeaux envisage de créer une aire de stationnement pour accueillir les gens du voyage.

La superficie de cette aire représente une surface d'environ 7 000 m<sup>2</sup>.

L'aire d'accueil des gens du voyage, conçue pour accueillir une trentaine de caravanes, est répartie en 15 emplacements familiaux de 2 caravanes. Chaque emplacement sera équipé d'un sanitaire en dur comprenant une douche, un WC, un vidoir et un bac à laver. L'aire de stationnement de chaque véhicule sera bitumée.

L'aire d'accueil des gens du voyage comprendra également des voiries, un bureau d'accueil comprenant un local sanitaire accessible aux personnes handicapées et une salle polyvalente, une zone d'activités bétonnée et une aire de jeux.

Le plan du projet, à ce stade, prévoit donc l'aménagement :

- de voies d'accès asphaltées,
- de 15 emplacements pour caravanes bituminés,
- d'une zone d'activités asphalté,
- d'une aire de jeux,
- de zones d'espaces verts,

Et la construction :

- d'un bureau d'accueil (comprenant un local sanitaire accessible aux personnes handicapées et une salle polyvalente),
- de locaux sanitaires sur chacun des 15 emplacements.

Les hypothèses d'aménagement suivantes ont été écartées :

- la présence de caravanes ou mobil-home posés à même le sol ;
- la présence de bâtiment avec niveau de sous-sol,
- la présence de logement en dur, y compris un logement de fonction du gardien ;
- la présence de jardins potagers,
- l'usage des eaux souterraines sur le site (arrosage des espaces verts, ...).

#### **4 - CHOIX DES SUBSTANCES**

##### **4 - 1 - Méthodologie**

L'identification de toutes les substances dangereuses pour l'homme rencontrées sur site est primordiale.

Leur sélection dépend :

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

#### 4 - 2 - Milieux retenus

Les milieux environnementaux investigués sur le site sont les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines.

Les mesures réalisées dans les gaz du sol sont des mesures semi-quantitatives qui avaient pour objectif de mettre en évidence la présence de biogaz. En l'absence de biogaz, ces mesures n'ont pas été prises en compte dans le calcul de risques.

**Un impact des sols et des eaux souterraines ayant été mises en évidence, ces deux milieux sont retenus dans le cadre de l'EDR.**

#### 4 - 3 - Substances retenues à ce stade de l'étude

Les substances retenues à ce stade de l'étude correspondent à l'ensemble des substances détectées :

- dans les sols : hydrocarbures C12 à C40, métaux, HAP ;
- dans les eaux souterraines : hydrocarbures, métaux, HAP, BTEX, ammonium.

Les substances détectées à des concentrations égales ou proches de la limite de détection ont toutefois été écartées de l'étude.

Le tableau suivant présente la liste des substances retenues dans les sols et les eaux souterraines.

Légende :

X :	substance retenue à ce stade de l'étude
- :	substance non détectée ou détectée à des teneurs proches ou égales à la limite de détection
NR :	substance non recherchée

*Tableau 7 : Substances retenues à ce stade de l'étude*

	Sols	Eaux souterraines
<b>Hydrocarbures</b>		
n Pentane	-	-
n Hexane	-	-
Cyclohexane	-	X
n Pentane	-	-
n Octane	-	-
n Nonane	-	-
N Decane	-	-
Huile minérale C10 - C12	-	-
Huile minérale C12 - C16	X	-
Huile minérale C16 - C21	X	-
Huile minérale C21 - C30	X	X
Huile minérale C30 - C35	X	-
Huile minérale C35 - C40	X	-
<b>Métaux lourds</b>		
Arsenic (As)	X	X
Cadmium (Cd)	X	NR
Chrome total (Cr)	X	NR
Cuivre (Cu)	X	X
Mercure (Hg)	X	NR
Nickel (Ni)	X	X
Plomb (Pb)	X	X
Zinc (Zn)	X	NR
<b>HAP</b>		
Naphtalène	X	X
Acénaphylène	-	-
Acénaphène	X	X
Fluorène	X	-
Phénanthrène	X	X
Anthracène	X	-
Fluoranthène	X	X
Pyrène	X	X
Benzo (a) anthracène	X	-
Chrysène	X	-
Benzo (b) fluoranthène	X	-
Benzo (k) fluoranthène	X	-
Benzo (a) pyrène	X	-
Dibenzo (a,h) anthracène	X	-
Benzo (g,h,i) pérylène	X	-
Indeno (1,2,3-c,d) pyrène	X	-

*Tableau 8 : Substances retenues à ce stade de l'étude (suite)*

	Sols	Eaux souterraines
<b>COHV</b>		
1,1,1-trichloroéthane	-	-
1,1-dichloroéthane	-	-
1,1-dichloroéthylène	-	-
Chlorure de vinyle	-	-
Cis-1,2-dichloroéthylène	-	-
Dichlorométhane	-	-
Tétrachloroéthylène	-	-
Tétrachlorométhane	-	-
Trans-1,2-Dichloroéthylène	-	-
Trichloroéthylène	-	-
Trichlorométhane = Chloroforme	-	-
<b>BTEX</b>		
Benzène	-	X
Toluène	-	X
Ethylbenzène	-	-
Xylènes totaux	-	X
<b>Composés azotés</b>		
Ammonium	NR	X

#### 4 - 4 - Etude de la toxicité des substances

##### 4 - 4 - 1 - Méthodologie

L'identification des dangers vise à identifier les substances en présence susceptibles d'avoir des effets indésirables pour l'homme, et par la suite d'en caractériser la toxicité et le mode d'action. Cette étape s'appuie essentiellement sur l'analyse de données épidémiologiques, toxicologiques et sur l'étude des relations entre l'activité de la substance (pouvoir actif) et sa structure chimique.

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).



**4 - 4 - 2 - Toxicologie des substances****➤ Annexe L : Toxicologie détaillée des substances**

Les tableaux suivants présentent les informations disponibles sur la toxicologie des substances retenues dans la présente étude.

Légende : Classification des substances cancérigènes :

	USEPA	CIRC
Cancérogène: données suffisantes	A	1
Probablement cancérigène (connaissances limitées chez l'homme)	B1	2A
Probablement cancérigène (données uniquement chez l'animal)	B2	
Cancérogène possible	C	2B
Inclassable	D	3
Probablement non cancérigène	E	4

Tableau 9 : Toxicologie des substances

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Effets cancérigènes		
	principale	secondaire	Ingestion	Organes cibles	Contact cutané	Classification	Type cancer	
Métaux								
Arsenic	Ingestion	Inhalation	Peau, SC, SN, phanères, SS, SH	Peau, nausée, vomissement		1	A	Pulmonaire et cutané (Ingestion)
Cadmium	Inhalation	Ingestion	Rein, squelette	Rein, poumons		1	B1	Pulmonaire (Inhalation)
	Inhalation	Ingestion		SR		1	A	Pulmonaire
Cuivre	Ingestion		Rein, foie, atteintes génétiques	Foie, rein	Dermatose	3	D	
Mercure élémentaire	Inhalation	Ingestion	SNC, rein, fœtus			3	D	
Mercure inorganique	Ingestion	Inhalation	Système immunitaire, fœtus	-		3	D	
Mercure organique	Ingestion	Inhalation		SNC (fonctions sensorielles)		2B	C	
Nickel	Ingestion		Peau, poumons			2B	A	Pulmonaire et cavité nasale (Inhalation)
Plomb	Inhalation, Ingestion		Rein, TGI, squelette	SNC, SNP, SH		2A	B2	Bronchique et rénal (Ingestion et Contact cutané)
Zinc	Ingestion	Inhalation	TGI, SI, sang	TGI, poumon		3	D	

Tableau 10 : Toxicologie des substances (suite)

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Effets cancérogènes	
	principale	secondaire	Ingestion	Inhalation	Contact cutané	Classification	Type cancer
			Organes cibles			CIRC	EPA
<b>COMPOSES AZOTES</b>							
Ammonium						-	-
<b>HIAP</b>							
Acénaphthène	Inhalation, Ingestion, Contact cutané		Foie	Foie	Foie		
Anthracène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Pas d'organe cible	Pas d'organe cible	Pas d'organe cible	3	D
Benzo(a)anthracène	Ingestion, Inhalation		Systèmes hématopoïétique et lymphoïde	Système respiratoire		2A	B2
Benzo(a)pyrène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané					2A	B2
Benzo(b)fluoranthène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Système immunologique		2B	B2
Benzo(g,h,i)perylene			Pas d'information sur la toxicité pour l'homme			3	D

Tableau 11 : Toxicologie des substances (suite)

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Effets cancérogènes		
	principale	secondaire	Ingestion	Inhalation	Contact cutané	Classification	Type cancer	
Benzo(k)fluoranthène	Pas d'information sur la toxicité pour l'homme					2B	B2	
Chrysène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Tissus adipeux, foie, poumon, peau			3	B2	
Dibenzo(a,h)anthracène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Système immunologique		2B	B2	
Fluoranthène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Foie, rein, sang	Foie, rein, sang	Foie, rein, sang	3	D	
Fluorène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		Foie, sang	Foie, sang	Foie, sang	3	D	
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané					2B	B2	
Naphthalène	Ingestion, Inhalation, Contact cutané		SS, yeux	Yeux, SS, SGI, SNC, foie, rein		2B	C	
Phénanthrène	Inhalation	Contact cutané		TGI, poumons		3	D	
Pyrène	Pas d'information sur la toxicité pour l'homme					3	D	

Tableau 12 : Toxicologie des substances (suite)

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Effets cancérogènes	
	principale	secondaire	Ingestion	Inhalation	Contact cutané	Classification CIRC   HPA	Type cancer
<b>BTEX</b>							
Benzène	Inhalation, Contact cutané	Ingestion, Contact cutané	S. hématopoïétique (conséq./SNP, SI)	S. hématopoïétique (conséq./SNP, SI)	Irritation locale	1   A	leucémie
Toluène	Inhalation	Ingestion	Foie, rein, SN	SNC, yeux (vision)		3   D	
Xylène	Inhalation	Ingestion, Contact cutané		SNC, foie, sang, poumon	Yeux, SNC, peau, foie	3   D	

Tableau 13 : Toxicologie des substances (suite)

Composés	Voie d'absorption		Effets systémiques			Classification		Effets cancérigènes	
	principale	secondaire	Ingestion	Organes cibles	Inhalation	Contact cutané	CIRC		EPA
<b>Hydrocarbures totaux</b>									
<b>Aliphatiques</b>									
C5-C6	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Reins, foie			3	D	
C6-C8	Ingestion, Inhalation, Contact cutané			Reins, foie			3	D	
C12-C16	Ingestion, Inhalation, Contact cutané				Foie, système hématologique		3	D	
C16-C21	Ingestion, Contact cutané				Foie		3	D	
C21-C35	Ingestion, Contact cutané				Foie		3	D	
<b>Aromatique</b>									
C12-C16	Ingestion, Inhalation, Contact cutané				Diminution poids corporel		3	D	
C16-C21	Ingestion, Contact cutané				Rein		3	D	
C21-C35	Ingestion, Contact cutané				Rein		3	D	

#### 4 - 4 - 3 - Substances retenues dans la suite de l'étude

Les composés présentés dans les tableaux ci-dessus sont susceptibles de présenter des effets toxiques pour l'homme ; certains sont aussi reconnus comme cancérigènes possibles comme l'arsenic et le benzo(a)pyrène.

### 5 - DEFINITION DU SCHEMA CONCEPTUEL

#### ➤ *Annexe M : Schémas conceptuels*

#### 5 - 1 - Scénarios retenus

L'usage futur du site, une aire d'accueil des gens du voyage, conduit à dégager deux scénarios majorants en terme d'exposition intégrant l'exposition :

- d'adultes travaillant sur le site correspondant au « scénario gardien »,
- d'adultes et d'enfants du voyage fréquentant l'aire d'accueil correspondant au « scénario gens du voyage ».

#### 5 - 2 - Cibles potentielles

Dans le cadre du scénario « gardien », les personnes cibles étudiées sont :

- des adultes travaillant sur le site (bureau d'accueil) présents 220 j/an (5j/semaine, 44 semaines/an) durant 40 ans :
  - 7h/j à l'intérieur des bâtiments (bureau d'accueil, salle polyvalente, sanitaires) ;
  - 1h/j à l'extérieur.

Dans le cadre du scénario « gens du voyage », les personnes cibles étudiées sont :

- des adultes fréquentant le site, 6 mois par an, durant 30 ans :
  - 2h/j à l'intérieur des bâtiments (bureau d'accueil, salle polyvalente, sanitaires) ;
  - 6h/j à l'extérieur ;
  - 10 h/j dans les caravanes ;
  - 6h/j hors du site.
- des enfants fréquentant le site, 6 mois par an durant 6 ans :
  - 2h/j à l'intérieur des bâtiments (bureau d'accueil, salle polyvalente, sanitaires) ;
  - 6h/j à l'extérieur ;
  - 10 h/j dans les caravanes ;
  - 6h/j hors du site.

### 5 - 3 - Voies d'exposition

#### 5 - 3 - 1 - Voies d'exposition retenues

Certains composés analysés au sein des sols et des eaux souterraines sont volatilissables à partir de ces milieux. Les voies d'exposition « **inhalation de polluants sous forme de vapeurs provenant du dégazage des sols** » et « **inhalation de polluants sous forme de vapeurs provenant du dégazage des eaux souterraines** » sont donc retenues à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

Le site sera aménagé avec des zones d'espaces verts autorisant un contact direct avec les sols. **L'ingestion et le contact cutané avec les sols** sont donc des voies d'exposition retenues dans le cadre de cette étude.

Les voies d'exposition retenues pour les cibles étudiées sont donc les suivantes :

- inhalation de polluants sous forme de vapeurs provenant du dégazage des eaux souterraines ;
- inhalation de polluants sous forme de vapeurs provenant du dégazage des sols,
- ingestion directe de sol et de poussières de sols ;
- contact cutané avec les sols.

#### 5 - 3 - 2 - Voies d'exposition non retenues

L'inhalation à l'extérieur des bâtiments de vapeurs provenant du dégazage des eaux de la nappe phréatique et des sols n'a pas été prise en compte au regard des relativement faibles teneurs en composés volatils mesurées dans les sols et les eaux souterraines. En effet, cette voie d'exposition contribue généralement peu au risque du fait des phénomènes de dilution des vapeurs dans l'air ambiant extérieur

Aucun usage des eaux souterraines n'étant envisagé au droit du site, les risques liés au contact direct avec ce milieu (ingestion et contact cutané) ne sont pas étudiés.

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...). Elles ne sont donc pas en contact direct avec les terrains pollués et il est fait l'hypothèse qu'aucun transfert de substances à travers les canalisations n'est possible.

Le projet d'aménagement ne prévoyant pas l'implantation de jardins privés, ni d'élevages d'animaux sur le site, les voies d'exposition « ingestion de légumes auto-produits » et « ingestion de viandes auto-produites » ne sont pas retenues.



Les voies d'exposition suivantes n'ont donc pas été retenues :

- inhalation de vapeurs d'eau polluée (lors de douches avec de l'eau issue de la nappe phréatique ou de canalisations traversant les terrains impactés) ;
- ingestion et contact cutané avec de l'eau polluée (issue de la nappe phréatique ou de canalisations traversant les terrains impactés) ;
- ingestion de légumes auto-produits ;
- ingestion de viandes auto-produites.

## 6 - ESTIMATION DE L'EXPOSITION – CALCUL DU RISQUE

### 6 - 1 - Modélisation des transferts dans l'air

➤ *Annexe N : Description du logiciel RISC*

➤ *Annexe O : Présentation des équations de transfert*

Les teneurs en composés volatils susceptibles d'être retrouvées dans le milieu air à partir des sols ou des eaux souterraines sont estimées à l'aide de modèles mathématiques.

Pour évaluer les concentrations dans l'air ambiant, le modèle mathématique exploité est le modèle de Jonhson et Ettinger pour les transferts et la dispersion dans l'air ambiant à l'intérieur de bâtiments.

Les équations de transfert utilisées sont présentées en annexe.

Les paramètres relatifs au transfert des composés depuis les sols et les eaux souterraines vers l'air ambiant retenues dans la présente étude sont présentés dans le tableau ci-après.

*Tableau 14 : Paramètres de transfert*

Paramètres	Tous scénarios	Source
Nature des terrains en zone non saturée	Argile silteuse	Lithologie observée – RISC 4
Distance de la source à la base du bâtiment (m)	0.4	Scénario retenu
Profondeur de la nappe	0.5	Valeur la plus faible rencontrée (0.57 m/TN)
Périmètre du bâtiment (m)	18	Périmètre d'une pièce
Surface du bâtiment (m <sup>2</sup> )	20	Surface d'une pièce
Volume du bâtiment (m <sup>3</sup> )	50	Hauteur de la pièce 2.50 m.
Taux de renouvellement dans le bâtiment (j-1)	12	USEPA
Epaisseur de la dalle (m)	0.15	USEPA
Profondeur des fondations (m)	0.15	Scénario retenu
Différence de pression entre le bâtiment et l'extérieur (g/cm <sup>2</sup> -s)	40	Modèle de Johnson et Ettinger

Taux de fissuration	0.001	USEPA
Porosité de la dalle	0.4	Porosité du sol sous la dalle
Teneur en eau des fondations	0	Valeur arbitraire

## 6 - 2 - Calcul de la dose journalière d'exposition

### ➤ Annexe P : Présentation des équations de calcul de la dose journalière d'exposition

Pour chaque substance, une Dose Journalière d'Exposition (D.J.E) est calculée pour chaque voie d'exposition jugée appropriée à la problématique du site.

Les (D.J.E) ont été calculées à l'aide de feuilles de calculs Excel.

Les données relatives à l'exposition des cibles retenues dans la présente étude sont présentées dans le tableau ci-après.

*Tableau 15 : Paramètres d'exposition*

Paramètres	Scénario gardien	Scénario gens du voyage adulte	Scénario gens du voyage enfant	Source
Masse corporelle (kg)	70	70	15	USEPA
Durée de vie (an)	70	70	70	USEPA
Volume d'air inhalé (m <sup>3</sup> /j)	20	20	8.3	CIBLEX
Fréquence d'exposition (j/an)	220 (5j/semaine, 44 semaines par an)	182 (7j/semaine, 26 semaines par an)	182 (7j/semaine, 26 semaines par an)	Scénario retenu
Durée de l'exposition (an)	40	30	6	Scénario retenu
Facteur d'adhérence du sol sur la peau (mg/cm <sup>2</sup> /j)	0.07	0.07	0.2	USEPA (2001)
Taux d'ingestion de sol (mg/j)	33.3 ((50 mg/j /12h)*8h de présence sur le site))	50	150	USEPA
Surface corporelle en contact avec le sol (cm <sup>2</sup> )	5 700	5 700	2800	USEPA (1992)
Temps de présence sur le site à l'intérieur des bâtiments (h/j)	7	2	2	Scénario retenu
Temps de présence sur le site à l'extérieur des	1	16	16	Scénario retenu

bâtiments (h/j)		(6h à l'extérieur, 10h dans les caravanes)	(6h à l'extérieur, 10h dans les caravanes)	
-----------------	--	---	---	--

### 6 - 3 - Les relations dose-effet

#### 6 - 3 - 1 - Objectif/Définitions

L'évaluation de la relation dose-effet consiste à établir la relation entre une dose de polluant reçue ou un niveau d'exposition aux substances, et l'incidence et la gravité des effets toxiques.

Cette relation est traduite par la construction d'indices toxicologiques. Ces indices sont établis par des instances internationales (OMS) ou des structures nationales (ATSDR, USEPA, Health Canada, RIVM...). Le terme **Valeur Toxicologique de Référence** (VTR) est une appellation générique regroupant tous les indices toxicologiques.

Il existe deux grandes familles de VTR :

- les **VTR pour les effets à seuil** (effets systémiques) sont des estimations des quantités de l'agent auxquelles les êtres humains peuvent être exposés chaque jour pendant toute leur vie sans que leur santé soit menacée ;
- les **VTR pour les effets sans seuil** représentent une probabilité supplémentaire par rapport à un sujet non-exposé qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène.

#### 6 - 4 - Concentrations retenues pour les calculs de risques

Dans un souci de se placer dans des conditions sécuritaires, les concentrations maximales mises en évidence dans les sols et dans les eaux souterraines au droit du site ont été utilisées pour les calculs de risque.

##### 6 - 4 - 1 - Sols

Le tableau ci-après fournit les concentrations dans les sols utilisées pour les calculs de risques.

Tableau 16 : Concentrations dans les sols retenues pour le calcul de risques

		Concentrations retenues dans les sols pour le calcul de risques
<b>Hydrocarbures</b>		
C12 - C16	mg/kg	14
C16 - C21	mg/kg	98
C21 - C30	mg/kg	320
C30 - C40	mg/kg	270
<b>Métaux lourds</b>		
Arsenic (As)	mg/kg	50
Cadmium (Cd)	mg/kg	7.2
Chrome total (Cr)	mg/kg	210
Cuivre (Cu)	mg/kg	910
Mercure (Hg) <i>par ingestion et contact cutané</i>	mg/kg	4.2
Mercure (Hg) <i>Par inhalation</i>	mg/kg	0.21 (=4.2/100*5) <sup>1</sup>
Nickel (Ni)	mg/kg	160
Plomb (Pb)	mg/kg	3400
Zinc (Zn)	mg/kg	3900
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>		
Naphtalène	mg/kg	1.82
Acénaphène	mg/kg	3.78
Fluorène	mg/kg	4.06
Phénanthrène	mg/kg	42.02
Anthracène	mg/kg	14.12
Fluoranthène	mg/kg	60.50
Pyrène	mg/kg	43.70
Benzo (a) anthracène	mg/kg	15.63
Chrysène	mg/kg	28.57
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	11.26
Benzo (k) fluoranthène	mg/kg	10.25
Benzo (a) pyrène	mg/kg	25.21
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	5.71
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	15.63
Indeno (1,2,3-c,d) pyrène	mg/kg	15.13

Afin de corréliser les concentrations en coupes hydrocarbures analysées avec les VTR utilisées dans le modèle RISC4, présentées ci-après, les concentrations sont recalculées :

- TPH Aliphatique C12-C16 = 14 mg/kg
- TPH Aliphatique C16-C35 = 98 mg/kg + 320 mg/kg + 270 mg/kg = 688 mg/kg
- TPH Aromatique C12-C16 = 14 mg/kg
- TPH Aromatique C16-C21 = 98 mg/kg

<sup>1</sup> 5% du mercure total détecté dans les sols est considéré comme volatil (voir paragraphe incertitudes sur le mercure)

- TPH Aromatique C21-C35 = 320 mg/kg + 270 mg/kg = 590 mg/kg

#### 6 - 4 - 2 - Eaux souterraines

NB : Dans la mesure où seules les voies d'exposition « inhalation de polluants sous forme de vapeurs provenant du dégazage des eaux souterraines » est prise en compte pour le milieu eaux souterraines (pas d'usage des eaux), les substances non volatiles contenues dans les eaux comme les métaux (à l'exception du mercure) et l'ammonium ne sont pas considérées dans les calculs de risque.

Le tableau ci-dessous fournit les concentrations dans les eaux souterraines utilisées pour les calculs de risques (concentrations maximales).

*Tableau 17 : Concentrations dans les eaux souterraines retenues pour le calcul de risques*

		Concentrations retenues dans les eaux souterraines pour le calcul de risques
<b>Hydrocarbures <sup>2</sup></b>		
C6 (cyclohexane) <sup>3</sup>	µg/l	2.2
C21 - C30	µg/l	440
<b>Métaux lourds</b>		
Mercure (Hg)	µg/l	0.015 <sup>4</sup> (= 0.3/100*5)
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>		
Naphtalène	µg/l	1.7
Acénaphène	µg/l	0.22
Phénanthrène	µg/l	0.23
Fluoranthène	µg/l	0.19
Pyrène	µg/l	0.17
<b>BTEX</b>		
Benzène	µg/l	3.5
Toluène	µg/l	0.5
Xylènes totaux	µg/l	1.8

Afin de corréliser les concentrations en coupes hydrocarbures analysées avec les VTR utilisées dans le modèle RISC4, présentées ci-après, les concentrations sont recalculées :

- TPH Aliphatique C16-C35 = 440 µg/L
- TPH Aromatique C5-C7 = 5.5 µg/L
- TPH Aromatique C21-C35 = 440 µg/L

<sup>2</sup> Cf Tableau 6 : Répartition des coupes pétrolières sur S2 (échantillon le plus concentré en HCT) – eaux souterraines

<sup>3</sup> Le cyclohexane est un hydrocarbure cyclique : C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>. Il est rattaché à la famille des hydrocarbures aliphatiques.

<sup>4</sup> 5% du mercure total détecté dans les sols est considéré comme volatil (voir paragraphe incertitudes sur le mercure)



### 6 - 4 - 3 - Synthèse des valeurs toxicologiques de référence retenues

➤ *Annexe Q : Choix des VTR*

L'ensemble des indices toxicologiques identifiés pour chacune des substances est présenté en annexe. Le tableau ci-après présente les VTR retenues dans le cadre de la présente étude.

Aux conditions normales de pression et de température, les métaux, à l'exception du mercure, ne sont pas considérés comme volatils. Aucune VTR n'a donc été retenue pour ces substances pour l'inhalation.

Légende : - absence de VTR ou VTR non retenue dans le cadre de cette étude.

*NB : Concernant le chrome, dans la mesure où aucune spéciation du chrome n'a été réalisée sur le site (spéciation chrome III et chrome VI) et afin de se placer dans une démarche majorante, la VTR la plus contraignante en terme de toxicité est retenue. Il s'agit de la VTR du chrome VI.*



*Tableau 18 : Synthèse des valeurs toxicologiques retenues dans le cadre de cette étude*

Composés	Valeurs Toxicologiques de Référence					
	Risque non cancérogène			Risque Cancérogène		
	Ingestion	Inhalation	Contact cutané	Ingestion	Inhalation	Contact cutané
	mg/kg/j	mg/m <sup>3</sup>	mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	(mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>
<b>METAUX</b>						
Arsenic	3.00E-04	-	-	1.5	-	-
Cadmium	1.00E-03	-	-	-	-	-
Chrome VI	3.00E-03	-	-	-	-	-
Cuivre	0.5	-	-	-	-	-
Mercure	6.00E-04	2.00E-04	-	-	-	-
Nickel	2.00E-02	-	-	-	-	-
Plomb	3.50E-03	-	-	-	-	-
Zinc	0.3	-	-	-	-	-
<b>BTEX</b>						
Benzène	4.00E-03	3.00E-02	3.88E-03	5.50E-02	7.714E-03	5.60E-02
Toluène	2.00E-01	3.00E-01	1.60E-01	-	-	-
Xylènes	2.00E-01	6.00E-01	1.60E-01	-	-	-
<b>HYDROCARBURES ALIPHATIQUES</b>						
TPH Aliphatiques C5-C6	5	1.84E+01	4	-	-	-
TPH Aliphatiques C6-C8	5	1.84E+01	4	-	-	-
TPH Aliphatiques C12-C16	0.1	1.00E+00	8.00E-02	-	-	-
TPH Aliphatiques C16-C35	2	-	1.6	-	-	-
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES</b>						
TPH Aromatiques C12-C16	4.00E-02	2.00E-01	3.20E-02	-	-	-
TPH Aromatiques C16-C21	3.00E-02	-	2.40E-02	-	-	-
TPH Aromatiques C21-C35	3.00E-02	-	2.40E-02	-	-	-
<b>HAP</b>						
Acénaphène	6.00E-02	0.21	1.86E-02	2.00E-04	8.700E-02	6.45E-04
Anthracène	0.3	1.05	0.23	2.00E-03	8.700E-01	2.63E-03
Benzo(a)anthracène	-	-	-	2.00E-02	8.700E+00	6.45E-02
Benzo(a)pyrène	-	-	-	2.00E-01	8.700E+01	6.45E-01
Benzo(b)fluoranthène	-	-	-	2.00E-02	8.700E+00	6.45E-02
Benzo(g,h,i)perylène	0.03	0.105	0.0093	2.00E-03	8.700E-01	6.45E-03
Benzo(k)fluoranthène	-	-	-	2.00E-02	8.700E+00	6.45E-02
Chrysène	-	-	-	2.00E-03	8.700E-01	6.45E-03
Dibenzo(a,h)anthracène	-	-	-	2.00E-01	8.700E+01	6.45E-01
Fluoranthène	4.00E-02	0.14	1.24E-02	2.00E-04	8.700E-02	6.45E-04
Fluorène	4.00E-02	0.14	2.00E-02	2.00E-04	8.700E-02	4.00E-04
Indéno(1,2,3-CD)pyrène	-	-	-	2.00E-02	8.700E+00	6.45E-02
Naphtalène	2.00E-02	3.00E-03	1.60E-02	2.00E-04	8.700E-02	2.50E-04
Phénanthrène	0.04	0.14	0.0292	2.00E-04	8.700E-02	2.74E-04

Pyrène	3.00E-02	0.105	9.30E-03	2.00E-04	8.700E-02	6.45E-04
--------	----------	-------	----------	----------	-----------	----------

## 6 - 5 - Risques calculés

### ➤ *Annexe R : Calcul des transferts*

La circulaire du 10 décembre 1999 relative aux sites et sols pollués, et aux principes de fixation des objectifs de réhabilitation définit :

- pour les effets à seuil, l'**indice de risque (IR=DJE/VTR)**, comparé à la valeur 1 ;
- pour les effets cancérigènes, l'**excès de risque individuel (ERI=DJE x VTR)**, comparé à la valeur  $10^{-5}$ .

Les tableaux suivants présentent les résultats des calculs de risques réalisés pour le scénario étudié.

*NB : Les tableaux de résultats présentés ci-après résultent de logiciels scientifiques dont l'écriture suit la règle suivante :  $2 \cdot 10^{-3}$  s'écrit 2.00E-03. Il faut donc comparer les résultats des IR à 1.00E+00 et ceux des ERI à 1.00E-05*

Les IR et les ERI supérieurs aux valeurs seuils définies dans la circulaire du MEDD du 10 décembre 1999 sont présentés en gras.

**6 - 5 - 1 - Scénario gardien**

➤ *Annexe S : Calcul des risques - Scénario gardien*

**6 - 5 - 1.1. Effets non cancérigènes**

*Tableau 19 : Indices de risque – Scénario gardien*

Indice de Risque - Gardien				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	3.57E-01	0.00E+00	2.26E-02	1.20E-05
HAP	1.39E-03	5.34E-03	2.99E-03	4.26E-05
BTEX				2.96E-05
Hydrocarbures aliphatiques	1.39E-04	2.08E-05	8.56E-04	0.00E+00
Hydrocarbures aromatiques	6.68E-03	1.00E-03	4.63E-04	3.49E-06
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	3.59E-01	5.36E-03	2.64E-02	8.42E-05
<b>Total général avec hypothèse HC aliphatiques</b>	3.90E-01			
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	3.65E-01	6.34E-03	2.61E-02	8.77E-05
<b>Total général avec hypothèse HC aromatiques</b>	3.98E-01			

Concernant le scénario gardien, le risque non cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est inférieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (IR<1), et ce, quel que soit le type d'hydrocarbures pris en compte.

**6 - 5 - 1.2. Effets cancérigènes**

*Tableau 20 : Excès de risque individuel – Scénario gardien*

Excès de Risque Individuel - Gardien				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	1.23 E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
HAP	1.21E-06	6.05E-06	1.29E-06	6.72E-09
BTEX				3.78E-09
Hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	1.35 E-05	6.05E-06	1.29E-06	1.05E-08
<b>Total général</b>	<b>2.09E-05</b>			

Concernant le scénario gardien, le risque cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est supérieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (ERI<10<sup>-5</sup>). Le risque est lié à l'ingestion de sol contenant de l'arsenic.

**6 - 5 - 2 - Scénario gens du voyage adultes**

➤ *Annexe T : Calcul des risques - Scénario gens du voyage adultes*

**6 - 5 - 2.1. Effets non cancérigènes**

*Tableau 21 : Indices de risque – Scénario gens du voyage adulte*

Indice de Risque - Gens du voyage - Adultes				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	4.43E-01	0.00E+00	5.34E-03	2.83E-06
HAP	1.72E-03	4.42E-03	7.06E-04	1.01E-05
BTEX				7.00E-06
Hydrocarbures aliphatiques	1.72E-04	1.72E-05	2.02E-04	0.00E+00
Hydrocarbures aromatiques	8.29E-03	8.27E-04	1.09E-04	8.25E-07
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	4.45E-01	4.44E-03	6.25E-03	1.99E-05
<b>Total général avec hypothèse HC aliphatiques</b>	4.56E-01			
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	4.53E-01	5.25E-03	6.16E-03	2.08E-05
<b>Total général avec hypothèse HC aromatiques</b>	4.64E-01			

Concernant le scénario gens du voyage adultes, le risque non cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est inférieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (IR<1).

**6 - 5 - 2.2. Effets cancérigènes**

*Tableau 22 : Excès de risque individuel – Scénario gens du voyage adulte*

Excès de Risque Individuel - Gens du voyage - Adultes				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	1.14E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
HAP	1.13E-06	3.75E-06	2.29E-07	1.19E-09
BTEX				6.70E-10
Hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	1.25E-05	3.75E-06	2.29E-07	1.86E-09
<b>Total général</b>	1.65E-05			

Concernant le scénario gens du voyage adultes, le risque cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est supérieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (ERI>10<sup>-5</sup>). Le risque est lié à l'ingestion de sol contenant de l'arsenic.

**6 - 5 - 3 - Scénario gens du voyage enfants**

➤ *Annexe U : Calcul des risques - Scénario gens du voyage enfants*

**6 - 5 - 3.1. Effets non cancérigènes**

*Tableau 23 : Indices de risque – Scénario gens du voyage enfant*

Indice de Risque - Gens du voyage – Enfants				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	6.21E+00	0.00E+00	5.42E-03	1.90E-07
HAP	2.41E-02	2.89E-02	7.17E-04	6.74E-07
BTEX				4.69E-07
Hydrocarbures aliphatiques	2.41E-03	1.13E-04	2.06E-04	0.00E+00
Hydrocarbures aromatiques	1.16E-01	5.42E-03	1.11E-04	5.52E-08
Total par voie avec hypothèse HC aliphatiques	6.24E+00	2.90E-02	6.34E-03	1.33E-06
<b>Total général avec hypothèse HC aliphatiques</b>	<b>6.27E+00</b>			
Total par voie avec hypothèse HC aromatiques	6.35E+00	3.43E-02	6.25E-03	1.39E-06
<b>Total général avec hypothèse HC aromatiques</b>	<b>6.39E+00</b>			

Concernant le scénario gens du voyage enfants, le risque non cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est supérieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (IR>1). Le risque est lié à l'ingestion de sol contenant de l'arsenic.

**6 - 5 - 3.2. Effets cancérigènes**

*Tableau 24 : Excès de risque individuel – Scénario gens du voyage enfants*

Excès de Risque Individuel - Gens du voyage - Enfants				
Substances	Ingestion de sols	Contact cutané avec les sols	Inhalation vapeurs sols	Inhalation vapeurs nappe
			Intérieur	Intérieur
Métaux Lourds	3.21E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
HAP	3.15E-06	4.92E-06	4.66E-08	1.60E-11
BTEX				8.98E-12
Hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Total par voie	3.53E-05	4.92E-06	4.66E-08	2.50E-11
<b>Total général</b>	<b>4.02E-05</b>			

Concernant le scénario gens du voyage enfants, le risque cancérigène lié aux substances détectées dans les sols et les eaux souterraines est supérieur à la valeur seuil de la circulaire du 10/12/99 (ERI>10<sup>-5</sup>). Le risque est lié à l'ingestion de sol contenant de l'arsenic.

## **7 - INCERTITUDES**

Les indices de risque et les excès de risque individuel calculés dans cette évaluation émanent d'hypothèses réalistes mais pénalisantes (en terme de durée et de fréquence d'exposition, de concentrations retenues pour les calculs de risques...).

Ils comprennent plusieurs incertitudes liées aux différentes phases et aux différents paramètres pris en compte. Les principales incertitudes sont détaillées dans les paragraphes ci-après.

### **7 - 1 - Incertitudes liées à l'échantillonnage**

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

Les incertitudes liées à l'échantillonnage sont dues :

- au maillage des sondages ;
- à l'emplacement du prélèvement dans le sondage ;
- à la quantité d'échantillon prélevée (quelques centaines de grammes pour les sols) ;
- à la quantité d'échantillon analysée au laboratoire (quelques milligrammes pour les sols) ;

D'une manière générale, un maillage serré ne garantit pas de retrouver, sur une même maille, en même sondage et un même prélèvement de sol, des teneurs identiques en substances recherchées.

### **7 - 2 - Concentrations retenues**

De manière à se placer dans des conditions majorantes, les concentrations maximales mises en évidence dans les sols et dans les eaux souterraines au droit du site ont été retenues dans la présente étude.

### **7 - 3 - Volatilisation du mercure depuis les sols**

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

- le mercure Hg<sup>0</sup> ;
- 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<sup>5</sup>, « De nombreux paramètres influencent la méthylation et la déméthylation, par exemple la concentration en ions sulfures (S<sup>2-</sup>) et le potentiel d'oxydo-réduction. [...] Si les conditions deviennent aérobies, HgS est oxydé en HgSO<sub>4</sub> qui peut subir une méthylation (Davis et al., 1997). La matière organique présente dans les sols favorise quant à elle la méthylation (Cappon, 1984 ; Lyon, 1997) ».

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

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 5 % du mercure total, de 1 à 3% pour l'USEPA et 5 % pour Eurochlor.

En application du principe de prudence, 5 % du mercure total retrouvé dans les sols a été considéré comme volatil.

#### **7 - 4 - Incertitudes entourant 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 toxicologiques de référence, spécifiques à chaque organisme créateur.

ARCADIS réalise une analyse systématique 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. A l'issue de cette analyse, ARCADIS choisit la valeur la plus adaptée et la plus justifiée scientifiquement.

##### **7 - 4 - 1 - Cas particulier des VTR contact cutané**

Les VTR pour la voie cutanée sont quasi-inexistantes de par l'absence d'études toxicologiques spécifiques par exposition cutanée d'une part et des difficultés de transposition de l'animal à l'homme d'autre part.

Cependant, il existe des méthodes d'extrapolation de la VTR orale pour construire une VTR cutanée. Les incertitudes de ce calcul portent sur :

- les différences toxicologiques entre les voies d'exposition (absorption, métabolisme...);
- le fait que les VTR cutanées soient des doses internes (absorbées) et non externes comme les VTR orales.

Les VTR pour la voie cutanée sont le plus souvent inexistantes de par l'absence de données toxicologiques disponibles (études toxicologiques par exposition cutanée non systématique et difficultés de transposition de l'animal à l'homme).

---

<sup>5</sup> Fiche de données toxicologiques et environnementales du mercure et dérivés du mercure – INERIS – Juillet 2000

Des méthodes d'extrapolation de la VTR orale sont toutefois proposées pour construire une VTR cutanée. Les incertitudes de ce calcul sont associées :

- aux différences en terme de toxicocinétique d'une voie d'exposition à une autre (biodisponibilité, métabolisme, distribution,...),
- à la nécessité de prendre en compte un coefficient d'absorption digestive pour accéder à une dose interne, les VTR orales correspondant à une dose externe.

Les VTR cutanée construites à partir de VTR orales peuvent par ailleurs ne pas prendre en compte des effets locaux tels qu'une irritation cutanée.

Si la contribution de la voie cutanée est reconnue pour certaines substances comme les HAP, pour les métaux, il est admis que la peau constitue une barrière permettant de ne pas retenir cette voie d'exposition. Aucune VTR n'est donc proposée dans cette étude pour les métaux pour la voie d'exposition par contact cutané.

## 7 - 5 - Incertitudes liées à la modélisation des transferts

### 7 - 5 - 1 - Incertitudes liées au modèle RISC

Un modèle est un outil mathématique 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 sont résumées dans le tableau suivant.

*Tableau 25 : Incertitudes liées à la modélisation*

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).	

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.

Toutes ces incertitudes et simplifications de calcul tendent à majorer la valeur de risque calculée.



### 7 - 5 - 2 - 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 : il agit comme un facteur de dilution.

Le taux de renouvellement d'air est fonction de la typologie du bâtiment selon 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 (en lien avec la superficie du bâtiment) qui induit un taux de renouvellement d'air de 0,7 à 1 volume par heure ;
- les ouvertures (définies selon la configuration des lieux – porte livraison pour les poids lourds, fenêtres...) qui induisent un taux de renouvellement d'air de 0,5 à 15 volumes d'air par heure.

Selon le CSTB<sup>6</sup>, 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.

Pour cette étude, ARCADIS a sélectionné un taux de renouvellement d'air pénalisant de 0,5 volume d'air par heure.

### 7 - 5 - 3 - 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.

### 7 - 5 - 4 - 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.

Dans la littérature, les taux de fissuration mentionnés sont très variables :

- compris entre 0,0001 et 0,001, selon le document « User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings » (USEPA, 2003, tableau de synthèse 9) ;
- 0,01 selon le document « Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria » (Connecticut Department of Environmental Protection, mars 2003) et selon le document « Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites : Volatilisation modelling Appendix 4D ».

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).

---

<sup>6</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Pour cette étude, ARCADIS a sélectionné, la valeur contraignante mais réaliste de 0,001.

#### **7 - 5 - 5 - 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.

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

#### **7 - 5 - 6 - Nature du sol**

La nature de sol la plus représentative définie à partir des observations réalisées sur le terrain est de type "argile silteuse".

Cette nature du sol a été utilisée dans le modèle mathématique pour le calcul de l'exposition.

#### **7 - 6 - Incertitudes sur les scénarios d'exposition**

Les données d'entrée des calculs d'exposition dépendent notamment de facteurs comme :

- l'usage du site ;
- les caractéristiques physiques du récepteur ;
- les habitudes hygiéniques des personnes (propreté des mains influant sur la consommation de terre...);

Aussi, afin de minimiser l'incertitude qui existe sur les données d'entrée, ARCADIS ESG s'est référé aux organismes comme l'USEPA qui a réalisé un certain nombre d'études permettant de cadrer les paramètres d'exposition.

Dans la réalité, 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 simplifiée et généralement majorante de la réalité.

#### **7 - 6 - 1 - Durée d'exposition**

La durée d'exposition varie selon les scénarios étudiés.

L'INERIS<sup>7</sup> retient pour le calcul des VCI une durée d'exposition de 220 jours par an pendant 40 ans pour un usage non sensible (industriel, tertiaire). Cette durée est donc retenue dans la présente étude pour le scénario tertiaire sur site.

---

<sup>7</sup> INERIS « Méthode de calcul des valeurs de constat d'impact dans les sols » – novembre 2001

Les durées d'exposition concernant les gens du voyage sont basées sur les informations fournies par Mme Barthe de l'« Association des Amis des Voyageurs de la Gironde ». D'après ces informations, les gens du voyage susceptibles de fréquenter le site sont :

- « des groupes de 30 à 40 personnes qui stationnent 2 fois par an, 3 mois environ chaque fois ;
- des groupes de 10 à 20 personnes qui stationnent pendant l'hospitalisation d'un des leurs pendant environ 1 mois, fréquence tout à fait aléatoire ;
- des Roms qui passent et stationnent quelques jours, cette fréquence restant très aléatoire ».

La durée d'exposition retenue dans cette étude est donc fixée à 6 mois par mois et ce, pendant 30 ans.

#### **7 - 6 - 2 - La surface de peau exposée**

Pour l'USEPA, la surface corporelle exposée lors de contact cutané se limite à la tête, les mains, les avants bras et les jambes. Les valeurs de 5 700 cm<sup>2</sup> et de 2 800 m<sup>2</sup> respectivement utilisées pour les adultes et les enfants sont fondées sur ces moyennes.

#### **7 - 6 - 3 - Le facteur d'adhérence du sol sur la peau**

D'après les travaux réalisés par Kissel *et al.* (1998), il a été mis en évidence que l'adhérence du sol sur la peau était fonction de l'activité de la personne, de la partie du corps exposée ainsi que de la nature du sol considéré. Les valeurs retenues sont celles préconisées par l'USEPA (2001) soit 0,07 g/cm<sup>2</sup>/j pour les adultes et 0,2 mg/cm<sup>2</sup>/j pour les enfants.

#### **7 - 6 - 4 - Quantité de sol ingéré**

Le choix des paramètres concernant la masse de sol ingéré est basé sur le document « Evaluation and revision of the CSOIL parameter set ».

Ce document, datant de mars 2001, permet de réviser l'ensemble des paramètres utilisés dans le modèle mathématique CSOIL pour le calcul de l'exposition humaine par ingestion.

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 les enfants, le logiciel RBCA propose par défaut une quantité de 200 mg/j. Cette valeur étant extrêmement majorante, nous considérons que l'UCL 90 est plus représentatif de la réalité.

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, a permis de définir un volume de 10 mg/j soit la valeur la plus faible de sol ingéré (Stanek et al., 1997). Toutefois, l'étude ayant été réalisée sur 4 semaines, la valeur finale correspond à une moyenne sur ces 4 semaines. Cependant, cette valeur 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.

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 de 50 mg/j utilisée par ARCADIS pour les adultes dans la présente étude, elle se situe dans la fourchette des valeurs fournies par les différents pays cités ci dessus (entre 16 et 60 mg/j).

#### **7 - 6 - 5 - Masse de l'individu**

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

L'USEPA<sup>8</sup> recommande les valeurs de 70 kg pour l'adulte, 15 kg pour un enfant de 0 à 6 ans et 35 kg pour un enfant de 0 à 16 ans. Ces valeurs ont été reprises par l'INERIS<sup>9</sup> pour le calcul des VCI. Elles sont donc retenues pour cette étude.

#### **7 - 6 - 6 - Volume d'air inhalé**

Le volume respiratoire est fixé à 20 m<sup>3</sup> pour 24 heures pour un adulte (soit : 0,83 m<sup>3</sup>/h) et à 8,3 m<sup>3</sup> pour 24 heures pour un enfant (soit : 0,35 m<sup>3</sup>/h), ces valeurs sont basées sur les valeurs proposées dans la base de données CIBLEX<sup>10</sup>.

Cependant, le volume respiratoire dépend non seulement de l'âge, du sexe mais également de l'activité physique pratiquée par l'individu [Manca, 1997].

---

<sup>8</sup> Guidance for conducting Risk Assessments and Related Risk Activities for the DOE-ORO Environmental Management Program – BJC/OR-271- étude réalisée par Smith

<sup>9</sup> INERIS « Méthode de calcul des valeurs de constat d'impact dans les sols – novembre 2001

<sup>10</sup> CIBLEX est une banque de données éditée par l'ADEME et l'IRSN. Elle compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espace-temps et consommations alimentaires...) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eaux) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif...) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site

### **7 - 7 - Incertitudes liées à la présence d'arsenic dans les sols**

L'arsenic est un composé présent naturellement dans les sols qui existe sous différents degrés d'oxydo-réduction (-III, 0, III, V).

La forme sous laquelle se trouve l'arsenic conditionne :

- ses propriétés physico-chimiques ; l'arsenic trivalent (AsIII) est reconnu comme étant plus mobile que l'arsenic pentavalent (AsV),
- sa toxicité ; l'arsenic trivalent (AsIII) apparaît beaucoup plus toxique que l'arsenic pentavalent (AsV).

Les connaissances scientifiques du moment ne permettent pas :

- d'identifier spécifiquement chacune des formes de l'arsenic dans les sols. Les analyses de l'arsenic dans les sols correspondent donc à de l'arsenic total,
- d'établir des valeurs toxicologiques de référence spécifique à chacune des formes de l'arsenic retrouvées dans l'environnement. Ainsi les valeurs toxicologiques de référence utilisées dans l'étude se réfèrent à de l'arsenic inorganique total.

La différence d'effet sur l'organisme des différentes formes de l'arsenic n'étant pas prise en compte dans cette évaluation du risque, les risques associés à l'ingestion d'arsenic présent dans les sols sont à priori surévalués.

### **7 - 8 - Recherche de biogaz**

Les recherches de biogaz ont été réalisées sur la future aire d'accueil des gens du voyage mais également sur les terrains entourant la zone d'étude (sur une largeur de 12 m). Ces mesures ont mis en évidence l'absence de biogaz sur la surface investiguée.

Aucune mesure de gaz du sol n'a été réalisée sur les autres zones de l'ancienne décharge (hors zone d'étude) au droit desquelles les ordures ménagères ont été déposées plus récemment.

### **7 - 9 - Conclusions sur les incertitudes**

Les domaines d'incertitudes de chaque paramètre utilisé sont nombreux et difficiles à quantifier de façon simple.

D'un paramètre à l'autre, les effets peuvent soit se cumuler soit être antagonistes si bien que la valeur finale d'incertitude est très délicate à cerner avec précision et peut alors prendre des valeurs très différentes.

Néanmoins, lorsque plusieurs choix étaient possibles, les solutions majorantes ont été retenues, de telle manière que la valeur du risque finale soit protectrice pour les futurs usagers du site.

## 8 - SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉ AU SITE

Le tableau suivant synthétise les IR et les ERI globaux calculés pour les scénarios étudiés.

*Tableau 26 : Synthèse des risques calculés*

Risque non cancérigène			
Scénario	Cibles	IR global	Voie d'exposition et substance générant le risque non cancérigène
Gardien	Adulte	0.4	-
Gens du voyage	Adulte	0.5	-
Gens du voyage	Enfant	<b>6.4</b>	Ingestion de sol – Plomb (Arsenic)
Risque cancérigène			
Scénario	Cibles	ERI global	Voie d'exposition et substance générant le risque cancérigène
Gardien	Adulte	<b>2.09E-5</b>	Ingestion de sol - Arsenic
Gens du voyage	Adulte	<b>1.7E-5</b>	Ingestion de sol - Arsenic
Gens du voyage	Enfant	<b>4.0E-5</b>	Ingestion de sol - Arsenic

Les ERI calculés dans le cadre des scénarios « gardien » et « gens du voyage adultes » et l'IR et l'ERI calculés pour le scénario « gens du voyage enfants », sont supérieurs aux valeurs seuils définies dans la circulaire du 10 décembre 1999. Le risque lié à l'ingestion de sol est généré par la présence de plomb et d'arsenic dans les sols.

Au sens de la circulaire du MEDD, le site en l'état n'est donc pas compatible avec le projet d'aménagement du site tel que défini actuellement (aire d'accueil des gens du voyage). Certaines précautions et servitudes, détaillées ci-après, devront être prises afin de supprimer le risque par ingestion de sol.

## 9 - SOLUTIONS DE REHABILITATION VIS-A-VIS DU RISQUE INGESTION DE SOL

### 9 - 1 - Principes

L'existence d'un risque est liée à la **présence simultanée** d'une :

- **source** de pollution (sols contenant du plomb et de l'arsenic) ;
- **soie de transfert** (ingestion de sol) ;
- **cible** (gens du voyage adultes et enfants, gardien).

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

### **9 - 2 - Suppression de la source**

Une des solutions de traitement des terrains contenant des métaux consiste à excaver les terrains et à les traiter en filière agréée, ces terrains pouvant représenter la majorité du massif de déchets déposé sur la décharge du fait de l'hétérogénéité des déchets présents. Cette solution paraît peu adaptée à la configuration du site (gros volumes concernés...) et engendrerait des coûts de traitement élevés.

### **9 - 3 - Suppression ou limitation des transferts**

La solution de suppression des transferts par couverture des terrains paraît mieux adaptée. Elle consiste à couvrir les terrains de manière pérenne afin de supprimer toute possibilité de contact direct avec les sols.

Cette couverture peut être réalisée par la mise en place :

- d'une épaisseur minimum de 30 cm de terre d'apport propre avec pose d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur afin de signaler l'interface terrains en place/terrains d'apport.
- de voiries (enrobé...),
- de dalles béton,
- de bâtiments.

Cette solution pourra être mise en œuvre :

- soit en excavant les terres sur les 30 premiers centimètres a minima et en remblayant avec des terrains propres et un géotextile ou un grillage avertisseur au droit des espaces verts ;
- soit en rehaussant de 30 cm a minima, avec de la terre d'apport propre, la côte du projet par rapport à la cote actuelle du site.

## **10 - SERVITUDES**

### **10 - 1 - Mémoire du site**

Dans la mesure où des terrains impactés en métaux lourds notamment restent sur le site, il est nécessaire de garder la mémoire des zones polluées ainsi que de la nature des substances présentes.

Garder la mémoire des terrains contenant des polluants maintenus sur site consistera à faire un enregistrement de cette information aux hypothèques par le biais d'une servitude conventionnelle de droit privé au bénéfice de l'état.

### **10 - 2 - Canalisations d'adduction d'eau potable**

Le transfert des substances présentes sur le site (HAP, hydrocarbures lourds et métaux) à travers les parois des canalisations d'amenée d'eau potable est considéré comme faible.

Néanmoins, comme cela est d'usage dans les constructions neuves, en cas de pose de canalisations, il est recommandé de placer les canalisations au sein de remblai d'apport sain de type sablon ou au sein d'un caniveau technique béton ou encore de poser des canalisations métalliques.

### 10 - 3 - Modification de l'usage du site

Les calculs de risques ont été réalisés sur la base d'un usage de type « aire d'accueil des gens du voyage » en considérant qu'aucun usage des eaux souterraines n'était réalisé et qu'aucun transfert vers les canalisations n'était possible (mise en place de canalisations PEHD au sein de remblai d'apport propre (de type sablon) ou au sein d'un caniveau technique béton ou équipement en canalisations métalliques)...

Aussi, toute modification des hypothèses de départ et de l'usage du site, tels que décrits ci-dessus, ne pourra être envisagée qu'après réalisation d'une étude complémentaire afin de valider la compatibilité du site avec le nouveau projet.

### 10 - 4 - Hygiène et sécurité

Durant les travaux de réhabilitation ou d'aménagement du site et lors de toute intervention ultérieure d'entretien, des précautions d'hygiène et de sécurité devront être respectées par les intervenants lorsqu'il y a contact avec les terrains impactés :

- port de gants ;
- nettoyage des mains et du visage en fin de poste ;
- interdiction de manger et de boire pendant le travail.

### 10 - 5 - Gestion des déblais

Les terrains excavés contenant les polluants doivent, s'ils sont évacués du site, être traités en filière agréée.

## 11 - CONCLUSION

En conclusion, sur la base des données disponibles ayant servi à réaliser cette étude et après calcul des risques par une approche globalement pénalisante, le site, en l'état, compatible avec l'usage « aire d'accueil des gens du voyage », sous réserve de couvrir les sols, de manière pérenne, par :

- un minimum de 30 cm de terre d'apport propre avec pose d'un géotextile ou d'un grillage avertissant afin de signaler l'interface terrains en place/terrains d'apport,
- des voiries (enrobé...),
- des dalles béton,
- des bâtiments.

Concernant la recherche de biogaz, les mesures de gaz du sol ont montré l'absence de biogaz sur le site ; ce constat confirme la dégradation avancée des déchets déposés entre 1965 et 1967.



ARCADIS ESG attire l'attention de la Mairie de Bordeaux sur les points suivants :

- Dans la mesure où des terrains impactés, en métaux lourds notamment, restent sur le site, il est nécessaire de garder la mémoire des zones polluées ainsi que de la nature des substances présentes et notamment d'annexer le présent rapport à tout acte de vente des terrains. Une procédure en cas de travaux ultérieurs sur le site est à rédiger ;
- Toute modification des hypothèses de départ et de l'usage du site (mise en place d'un puits sur le site, présence de logements de fonction...) ne pourra être envisagée qu'après réalisation d'une étude complémentaire afin de valider la compatibilité du site avec le nouvel usage projeté ;
- Lors des travaux sur site, il est recommandé de respecter quelques règles simples et usuelles d'hygiène sur ce type de chantier (lavage des mains, interdiction de manger) ;
- Les déblais générés par d'éventuels travaux de terrassement devront être éliminés en filière adaptée.

\* \* \* \*