



EPORA

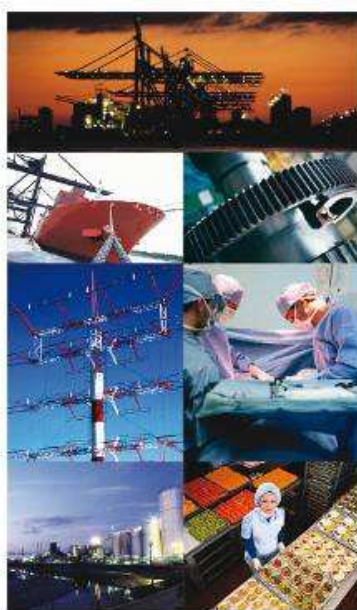
2, av. Grüner CS 32902
42 029 SAINT ETIENNE Cedex 1

PROJET DUCHESNE (R007) - Parcelles n°239 / 241 section BH ROMANS-SUR-ISERE (26)

ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (ARR)

(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) -
prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon
NFX31-620-2 – juin 2011)

Démarche de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués –
circulaire ministérielle et outils du 8 février 2007



Réf. : 31221805
Version : 1
Date : 06/06/2013



APAVE SUDEUROPE

3, 5, 7 Chemin de la Forestière – L'Orée d'Ecully
69130 ECULLY
Tél. : 04.72.18.07.40 - Fax : 04.72.18.07.50

APAVE SUDEUROPE

3, 5, 7 Chemin de la Forestière – L'Orée d'Ecully
69130 ECULLY

Tél. : 04.72.18.07.40 - Fax : 04.72.18.07.50

Lieu d'intervention : **Site DUCHESNE (R007) -
Parcelles n°239 / 241 section BH
ROMANS-SUR-ISERE (26)**

ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS - ARR

(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)
prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon NFX31-620-2 – juin 2011)

PROJET DUCHESNE (R007) - Parcelles n°239 / 241 section BH

1 Exemple A l'attention de :
numérique
Monsieur FOLLEA

	Date	Nom
Ingénieur d'étude :	27/05/13	BOUCHERY Nicolas
Chef de Projet :	27/05/13	BOUCHERY Nicolas
Superviseur :	06/06/13	MICHARD Erwan

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Objet de la modification
1	06/06/2013	Création du document

SOMMAIRE

SYNTHESE NON TECHNIQUE	6
PRÉAMBULE MÉTHODOLOGIQUE CADRE ET CONTENU DE L'ANALYSE DES ENJEUX	
SANITAIRES	8
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION – PERIMETRE – CONTEXTE DE GESTION	9
2. SOURCES D'INFORMATION	9
3. PRESENTATION GENERALE DU SITE D'ETUDE	10
3.1. LOCALISATION DU SITE ET PERIMETRE D'ETUDE	10
3.2. Contexte géologique général	12
3.3. Contexte hydrogéologique général	12
3.4. Contexte hydrologique général	12
3.5. Contexte humain	12
3.6. Vulnérabilité de l'environnement du site	15
3.6.1. Vulnérabilité des milieux	15
3.6.2. Etude des cibles potentielles	15
4. RAPPEL DES ETUDES PREALABLES	15
4.1. Historique	15
4.2. Zones sources potentielles de pollutions	16
4.3. Investigations	18
4.4. Synthèse des résultats analytiques et constats	18
5. SCHEMA CONCEPTUEL BASE DE L'ARR	21
5.1. Sources de pollutions	21
5.2. Voies de transferts et d'expositions	25
5.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger	25
6. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS - ARR	27
6.1. Réglementation et guides méthodologiques	27
6.2. Démarche méthodologique	27
6.3. Codes de calculs utilisés	28
6.4. Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants	28
6.5. Identification des dangers	29
6.5.1. Identification et caractéristiques des sources	29
6.5.2. Identification des vecteurs et voies d'exposition retenues	32
6.5.3. Identification et caractéristiques des cibles	32
6.5.4. Scénarii d'exposition retenus	33
6.6. Relation dose / effets pour les substances	33
6.6.1. Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus	33
6.6.2. Définition des Valeurs Toxicologiques de Références	33
6.7. Évaluation des expositions	37
6.7.1. Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée	37
6.7.2. Détermination des doses d'expositions	39
6.8. Evaluation et caractérisation des risques	40
6.8.1. Résultats des calculs de risques	40
6.8.2. Scénario « Adultes et Enfants – Usagers » – source gaz du sol	41

7. OBJECTIFS DE DEPOLLUTION	43
7.1. Méthodologie	43
7.2. Objectifs de dépollution	44
8. INCERTITUDES.....	45
8.1. Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages	45
8.2. Substances et concentrations retenues	45
8.3. Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence ..	46
8.4. Incertitudes liées aux modèles utilisés.....	47
8.5. Évaluation quantitative des incertitudes.....	47
8.6. Incertitudes relatives aux caractéristiques du sol	48
8.7. Incertitudes sur la définition des objectifs de dépollution.....	48
9. CONCLUSION.....	50
10. PRECONISATIONS.....	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : ZSP.....	16
Tableau 2 : Concentrations maximales - parcelles n°239 / 241 section BH	24
Tableau 3 : Identification des milieux d'exposition potentiels – Scénario de type Parking extérieur	25
Tableau 4 : Etat des polluants recensés par milieux, volatilité et disponibilité des VTR.....	31
Tableau 5 : Teneurs prises en compte en éléments traceurs	32
Tableau 6 : Caractéristiques du scénario d'exposition retenu	33
Tableau 7 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'ARR prédictive.....	36
Tableau 8 : Modèles de transfert / exposition utilisées	37
Tableau 9 : Valeurs des paramètres de caractérisation du sol	37
Tableau 10 : Valeurs des paramètres retenus pour la modélisation RBCA.....	38
Tableau 11 : Scénario « Adultes & Enfants » – Source Gaz du Sol – QD et ERI.....	41
Tableau 12 : Objectifs de dépollution sols – Gaz du sol	44
Tableau 13 : Etude de sensibilité	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du périmètre d'étude	11
Figure 2 : Projet de requalification (Esquisse).....	14
Figure 3 : Localisation des ZSP.....	17
Figure 4 : Schéma conceptuel – Usage futur « Parking »	26

SYNTHESE NON TECHNIQUE

ITEM	OBSERVATIONS
Client	EPORA
Localisation du site	PROJET DUCHESNE (R007) - Parcelles n°239 / 241 section BH de la commune de ROMANS-SUR-ISERE (26)
Contexte de l'ARR	Vérification de la compatibilité de l'état des milieux (sol et gaz du sol), au droit du site, compte tenu de l'usage futur prévu (Parking extérieur) dans le cadre d'un projet d'aménagement
Etudes / codifications selon NFX31-620-2	Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (ARR prédictive) - prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires : A320 selon NFX31-620-2 – Juin 2011
Schéma conceptuel Sources Vecteurs Cibles	<p>Sources : Présence de polluants volatils (HAP¹, COHV², CAV³, Hydrocarbures volatils C10-C16, Mercure, Phénol, Cyanures totaux, Dioxines)</p> <p>Voie de transfert : Volatilisation depuis les sols et gaz du sol vers l'air ambiant extérieur ; Voie d'exposition : Inhalation de vapeurs de polluants volatils</p> <p>Cibles : Les « Adultes et Enfants - Usagers » du projet d'aménagement</p>
Polluants considérés	Polluants volatils détectés au niveau des sols et gaz du sol : HAP, COHV, CAV, Hydrocarbures volatils C10-C16, Mercure, Phénol, Cyanures totaux et Dioxines
Résultats ARR prédictive	Etat des milieux non compatible avec l'usage futur , considérant les expositions des usagers (adultes et enfants)
Servitudes / restrictions d'usages et d'exploitation	Assurer la garde en mémoire des anomalies détectées Assurer la mise en compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur
Préconisations	<p>Conformément aux circulaires du 08/02/2001, APAVE préconise la réalisation de mesures de gestion des pollutions afin d'assurer la compatibilité de l'état des milieux avec les usages par la maîtrise des sources et des voies de transfert. Les objectifs de dépollution à atteindre ont été déterminés (cf. § 7 Objectifs de dépollution).</p> <p>APAVE préconise la réalisation d'un Plan de gestion des pollutions (missions PG/AMO selon la norme NFX31-620), intégrant un bilan coût-avantages et une étude de faisabilité.</p> <p>Considérant les incertitudes et variations (Pression atmosphérique, T°C, etc.) relatives au relargage des polluants et afin de relativiser, le cas échéant, les mesures de gestion à entreprendre, APAVE préconise, en amont, la réalisation de 4 campagnes de suivi de la qualité de l'air ambiant et des gaz du sol (missions A 230/240 selon la norme NFX31-620).</p>

¹ HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

² COHV : Composés Organo Halogéné Volatils

³ CAV : Composés Aromatiques Volatils

Limites /incertitudes	L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée sur la base des données techniques et méthodologiques disponibles et communiquées lors de l'étude. Celles-ci ont notamment été acquises lors d'investigations réalisées sous un principe de proportionnalité et comportant des incertitudes, inhérentes à la démarche, liées au budget-temps alloué, données communiquées, méthodes d'analyses, méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons, notamment concernant les paramètres volatils.
-----------------------	---

Observations sur l'utilisation de ce rapport :

Ce rapport ainsi que ses annexes constituent un ensemble indissociable. L'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de cet ensemble, ainsi que toute interprétation au-delà des indexations et énonciations ne sauraient engager la responsabilité de l'Apave.

PRÉAMBULE MÉTHODOLOGIQUE CADRE ET CONTENU DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) – Analyse des Risques Résiduels (ARR) - prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon NFX31-620-2 – Juin 2011)

La démarche d'évaluation des risques sanitaires appliquée à la gestion des sols pollués et aux installations classées en fonctionnement est un outil qui permet, compte tenu de la connaissance actuelle des effets des substances sur la santé humaine, de discriminer les substances plus problématiques et de hiérarchiser les actions à mener.

Compte tenu du contexte de gestion, sur la base :

- Du (ou des) schéma(s) conceptuel (s)
- Des prélèvements, analyses et observations (A200 à A260)
- Des résultats de l'analyse des enjeux sur les ressources en eaux (A300)

La prestation peut comporter :

- L'identification des dangers : recensement des effets sur la santé humaine des polluants identifiés
- La détermination des voies de contamination directes ou indirectes des populations susceptibles d'être affectées
- Une évaluation des expositions par la modélisation si le recours de la mesure n'est pas possible ou insuffisante
- Selon le contexte de la gestion, l'évaluation des risques actuels (dans le cadre de l'IEM) et prévisibles (dans le cadre de l'ARR) pour la population tenant compte des valeurs de gestion réglementaires en vigueur et, à défaut, par une évaluation quantitative des risques sanitaires
- La détermination en première approche des objectifs de dépollution.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION – PERIMETRE – CONTEXTE DE GESTION

L'EPORA réalise des opérations de gestion, de requalification et d'aménagements urbains avec pour objectifs la production d'habitat et le développement cohérent et économique des territoires.

Dans le cadre d'une convention cadre signée en Mars 2011 avec la Communauté d'Agglomération du Pays de Romans et la commune de Romans-sur-Isère, l'EPORA est missionné pour leur accompagnement dans le traitement des problématiques économiques et d'habitat.

L'intervention inscrite au présent marché se centre sur l'îlot Duchesne et plus particulièrement les parcelles cadastrées BH239 et 241 de la commune de Romans-sur-Isère (26).

Le projet de requalification de l'îlot Duchesne comprend la création d'un espace public et un parc de stationnement (parcelles cadastrales n° 239/ 241) de report au bénéfice du centre-ville (Projet Urbain Partenarial). Les trois quart de l'assiette foncière après démolition consistent en un programme de construction de logements collectifs, sociaux, en accession et des locaux d'activités tertiaires en rez-de-chaussée.

Les études environnementales réalisées au droit des parcelles cadastrales n° 239/ 241 mettent en évidence la présence d'anomalies au niveau des matrices sols (HCT, BTEX, HAP, COHV, Cyanures, Phénol, Dioxines et Métaux) et gaz du sol (BTEX, HAP, COHV).

C'est dans ce cadre que l'EPORA souhaite étudier les possibilités de réhabilitation du site en accord avec les orientations du PUP et les objectifs de développement de la commune de Romans-sur-Isère et de la Communauté d'Agglomération du Pays de Romans.

Par notification en date du 13 décembre 2011, APAVE a été retenu comme l'un des Bureaux de Conseil référents pour assister l'EPORA dans ses missions de requalification (Contrat cadre « Assistance à maîtrise d'ouvrage d'un diagnostic environnemental et la définition d'une stratégie de dépollution des sites et sols pollués sur l'ensemble du périmètre d'action d'EPORA » - n°réf. : RBSB 2011-526).

Le Marché subséquent a été attribué à APAVE SUD EUROPE par notification en date du 1er Août 2012.

En vue de la préparation de la stratégie de réhabilitation du site Duchesne de Romans-sur-Isère (26) et conformément à la méthodologie d'études en sites et sols pollués retenue, la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires, objet du présent rapport, a été préconisée.

2. SOURCES D'INFORMATION

Les éléments et études antérieures, relatives aux sites et sols pollués, réalisées sur le site d'étude sont les suivantes :

- APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 1 – Schéma conceptuel et Identification des enjeux - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 241 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Septembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/1 Version n°1,
 - APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 1 – Schéma conceptuel et Identification des enjeux - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 239 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Septembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/1 Version n°1,
 - APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 2 – Diagnostic initial de pollution - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 241 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Septembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/2 Version n°1,
 - APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 2 – Diagnostic initial de pollution - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 239 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Septembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/2 Version n°1,
 - APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 2 – Diagnostic approfondi de pollution - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 241 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Décembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/3 Version n°1,
-

- *APAVE pour EPORA – « Démarche sites et sols pollués - ETAPE 2 – Diagnostic approfondi de pollution - SITE DUCHESNE (R007) - Parcelle BH 239 - ROMANS-SUR-ISERE (26) - Décembre 2012 - Réf. : R20U1 / 31148701/3 Version n 1,*
- *Réunion du 08/01/13 de présentation des résultats des étapes 1 et 2 en présence de la Communauté de Communes du Pays de Romans et de la Ville de Romans-sur-Isère.*

3. PRESENTATION GENERALE DU SITE D'ETUDE

3.1. LOCALISATION DU SITE ET PERIMETRE D'ETUDE

Le périmètre d'étude (Îlot Duchesne), correspond à une surface d'environ 2,1 ha, situé à l'Ouest du centre ancien de Romans-sur-Isère dans la Drôme (26).

L'intervention inscrite au cahier des charge se centre sur l'îlot Duchesne et plus particulièrement sur deux parcelles cadastrées BH 239 et 241 (Voir figure 1).

La configuration du site, dans l'état actuel, est la suivante :

- Parcelle BH 239 : ancien garage sur environ 290 m², en R+1 avec un niveau de sous-sol (cave au Sud),
- Parcelle BH 241 : ancienne Forge et entrepôt d'environ 1 800 m², en R+1.

Le présent rapport concerne les parcelles cadastrales n°239 et 241 de la section BH.

Légende :

- Limite de l'Ilot Duchesne
- Limite de la parcelle BH 241 / 239



3.2. Contexte géologique général

Le site se localise au droit des formations alluviales fluviales de la terrasse de Romans. L'épaisseur de cette formation évolue de 10 à 30 mètres d'épaisseur. Sa constitution est caractérisée par un remplissage sablo-caillouteux reposant sur les molasses sous-jacentes.

Les données fournies par Infoterre à proximité du site (environ 300 mètres à l'Ouest) font état de successions de sables et galets en surface, les sables devenant plus argileux à partir de 8 à 10 mètres de profondeur. Les travaux effectués à proximité (parcelle 620) permettant de confirmer la présence potentielle de remblais en surface (constat d'environ 50 cm) surmontant des formations sableuses à galets.

Ces formations sont considérées comme très perméables (données de 4.10^{-2} à $7,6.10^{-4}$ m/s) impliquant une forte sensibilité environnementale face aux possibilités de transfert de pollution de la surface vers l'aquifère sous-jacent.

3.3. Contexte hydrogéologique général

Le site surplombe la nappe des alluvions caillouteuses grossières du Quaternaire. Le toit de la nappe est situé à environ 20 mètres de profondeur. Sa productivité semble bonne au vu de sa puissance (5 à 10 m) et des fortes perméabilités (données de 4.10^{-2} à $7,6.10^{-4}$ m/s). Le sens global d'écoulement est NE->SO.

Cet aquifère est en relation directe avec l'Isère.

Les eaux souterraines sont utilisées à proximité directe du site pour un usage de contrôle et usage privé (puits et piézomètres).

Le plus proche captage d'Alimentation en Eau Potable (Captage des Etournelles) est situé en amont hydrogéologique à plus de 1 km au Nord-Est du site.

Le milieu "eaux souterraines" est donc un milieu sensible face aux pollutions potentielles de surface, impliquant par ailleurs un transfert possible vers l'Isère.

3.4. Contexte hydrologique général

La zone d'étude se situe dans le bassin versant de l'Isère. Cette dernière s'écoule à proximité, à environ 380 mètres au Sud.

Des données qualitatives ou quantitatives sont disponibles pour l'Isère dans la banque de données de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse.

La station de mesure la plus proche du site d'étude répertoriée par l'Agence de l'Eau est localisée à Châteauneuf-sur-Isère, à environ 10 km en aval.

Les données de qualité de l'Isère à Châteauneuf-sur-Isère indiquent donc que les eaux sont d'une qualité globalement bonne.

3.5. Contexte humain

Le site d'étude, actuellement friche industrielle, est implanté dans un secteur de type urbain comportant, dans les différentes directions Nord, Est, Sud et Ouest, des activités commerciales et industrielles, ainsi que de l'habitat collectif et individuel.

Le projet de requalification du site d'étude (parcelles cadastrales n°239 et 241 section BH) comprend la création d'un un parc de stationnement avec présence d'adultes et enfants, usagers du site.

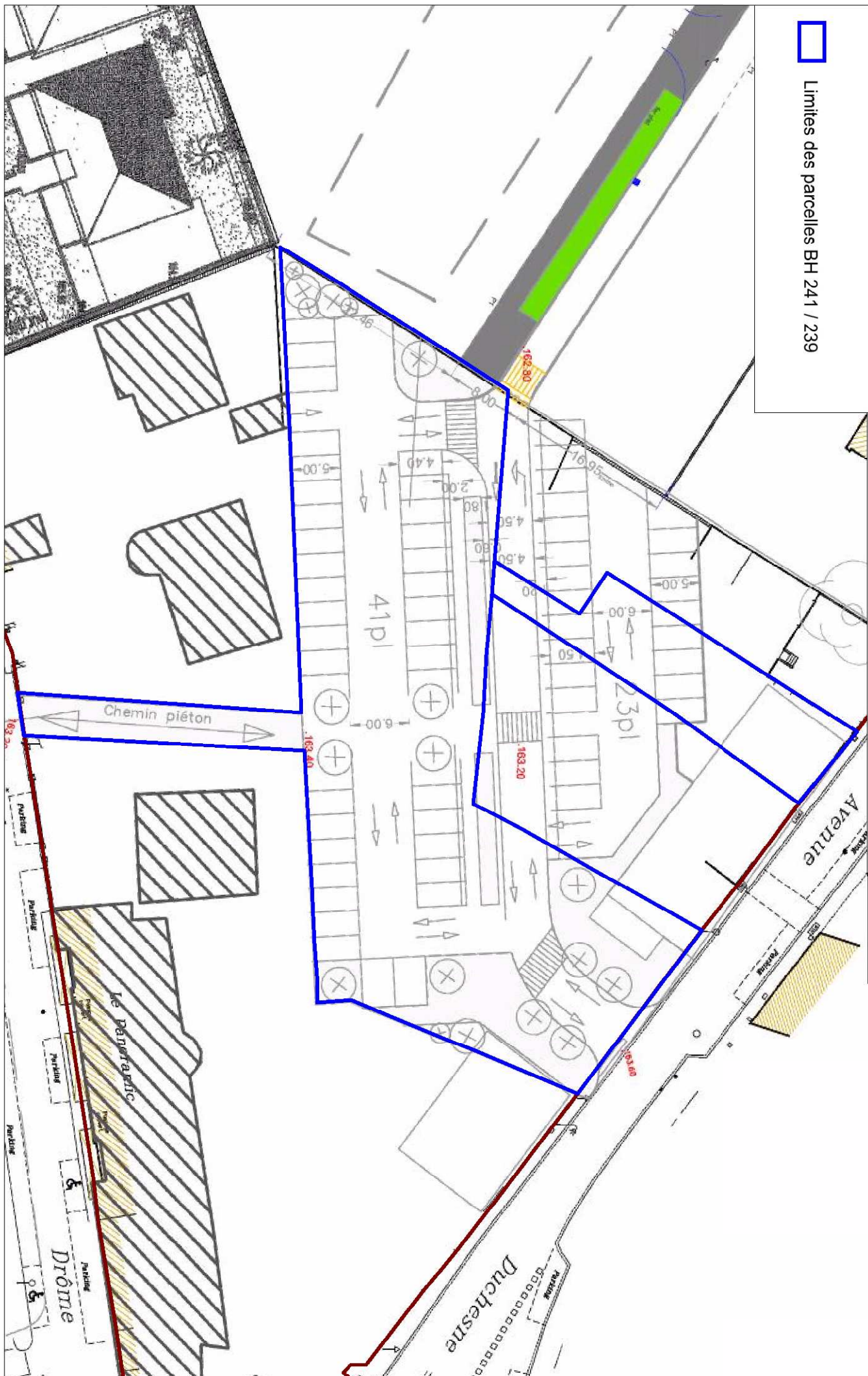
Le projet intègre les éléments suivants :

- Un nouveau parking de report de 70 places environ, sera réalisé après démolition de plusieurs bâtiments, situés au Sud de l'avenue Duchesne,
- Un terrassement d'une profondeur de 0.50m environ, permettra de réaliser une structure de chaussée, constituée de grave naturelle 0/80 et 0/30 et d'un revêtement final en enrobé dosé à 120kg/m².
- Des plantations d'arbres seront réalisées avec apport de terre végétale.
- Les eaux pluviales seront dirigées vers des puits perdus, équipés de décanteurs.
- Un ensemble de réseaux secs, mis en tranchée, traversera le parking entre la rue Thimonnier et l'avenue Duchesne

L'esquisse du Projet est fournie en page suivante (Source : Ville de Romans).



Limites des parcelles BH 241 / 239



3.6. Vulnérabilité de l'environnement du site

3.6.1. *Vulnérabilité des milieux*

La nappe d'eaux souterraines présente une forte vulnérabilité vis-à-vis d'une pollution des sols et constitue une **cible primaire**. Le toit de l'aquifère se trouve à une profondeur d'environ 20 mètres au droit du site ; il est séparé par des formations très perméables et constitue une ressource locale importante, y compris pour l'adduction d'eau potable.

Le milieu "eaux superficielles" présente une vulnérabilité que l'on peut considérer comme forte vis-à-vis d'éventuelles pollutions du sol au droit du site et constitue une cible secondaire (par transfert via les eaux souterraines). En effet, les relations hydrographiques entre le site et l'Isère sont étroitement liées, étant en relation directe.

3.6.2. *Etude des cibles potentielles*

Compte tenu du contexte hydrogéologique du site, les cibles potentielles principales à retenir sont les suivantes :

- les **eaux souterraines**,
- les **eaux superficielles**,
- les **futurs usagers** du site et les habitants des immeubles et maisons voisines.

4. RAPPEL DES ETUDES PREALABLES

4.1. Historique

La synthèse des activités recensées dans le cadre des études historiques est la suivante :

- sur la parcelle BH 241 : Tannerie (à partir de 1889), forge (entre 1939 et 1958), travail des métaux et application de peintures / vernis et stockage en entrepôt de matériaux divers (jusqu'en 1998).
 - sur la parcelle BH 239 : Tannerie (pas de bâtiment à l'époque ; à partir de 1889), mécanique et réparation automobile (à partir de 1939).
-

4.2. Zones sources potentielles de pollutions

Les zones sources potentielles de pollutions (ZSP) liées aux activités passées et au constat effectué lors de la visite du site sont les suivantes :

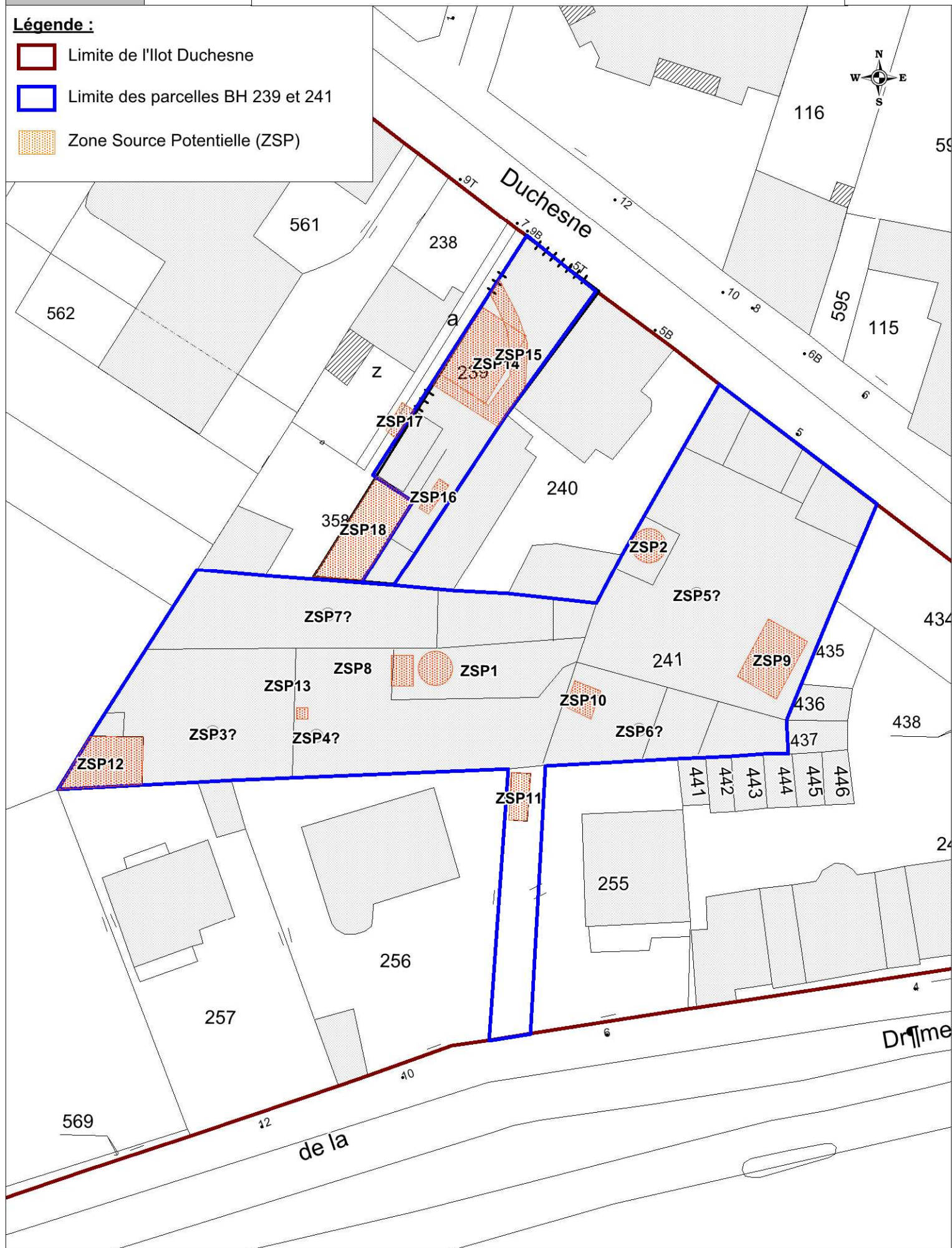
Parcelle	N° ZSP	Description	Polluants susceptibles d'être trouvés
BH 241	ZSP1	Chaudière Fioul n°1	HCT, HAP, CAV
	ZSP2	Chaudière Fioul n°2	HCT, HAP, CAV
	ZSP3	Activité" : Fours	HCT, HAP, Métaux lourds
	ZSP4	Activité : Mécanique	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP5	Activité : Montage	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP6	Activité : Soudure	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP7	Activité : Menuiserie	/
	ZSP8	Impact dalle : traces au sol	HCT
	ZSP9	Activité : Stockage produits	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP10	Activité : Forge	HCT, HAP, COHV, Métaux lourds
	ZSP11	Cuve(s) Fioul	HCT, HAP, CAV
	ZSP12	Activité : Application et séchage de peinture	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP13	Regard eaux pluviales	HCT, HAP, CAV, COHV
BH 239	Tannerie	Activité de tannerie non localisée au droit du site	COHV, Métaux lourds, Phénols et Cyanures
	ZSP14	Activité : Mécanique automobile	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP15	Impact dalle : traces d'hydrocarbures au sol	HCT, HAP, CAV
	ZSP16	Activité" : Fosse de vidange	HCT, HAP, CAV
	ZSP17	Activité : Stockage de produits	HCT, HAP, CAV, COHV
	ZSP18	Activité : Atelier petite mécanique	HCT, HAP, CAV, COHV

Tableau 1 : ZSP

Le positionnement des ZSP est proposé en figure 3 en page suivante.

Légende :

- Limite de l'Ilot Duchesne
- Limite des parcelles BH 239 et 241
- Zone Source Potentielle (ZSP)



4.3. Investigations

Lors des investigations de septembre et décembre 2012, des investigations ont été réalisées avec pour objectif la caractérisation des milieux sols, gaz du sol et eaux souterraines.

Les plans de localisation des investigations réalisées sont représentés en **Annexe 1**.

4.4. Synthèse des résultats analytiques et constats

La synthèse des résultats analytiques et la localisation des zones sources identifiées sur les parcelles n°239 et 241 de la section BH sont présentées en **Annexe 2** et **Annexe 3**.

Au terme des investigations réalisées en septembre et décembre 2012, les éléments suivants ont été retenus :

⇒ **Parcelle cadastrale n°241 – section BH :**

Sol : Métaux lourds et éléments traces sur brut

En comparaison aux valeurs définies par ASPITET, les échantillons de sols naturels présentent des concentrations en éléments métalliques comprises dans la gamme de valeurs des sols ordinaires ou à anomalies naturelles modérées, excepté au sein de l'échantillon S30-1 pour lequel des teneurs élevées en Cadmium, en Chrome, en Cuivre, en Plomb et en Zinc. Par ailleurs, il a également été observé ponctuellement des anomalies élevées en Chrome et en Plomb.

En ce qui concerne les remblais du site, les éléments suivants ont été identifiés :

- Des concentrations en métaux lourds, et plus particulièrement en Arsenic, en Cadmium, en Chrome, en Cuivre, en Nickel, en Plomb et en Zinc, considérées comme anormalement élevées ont été observées au sein des échantillons S21-1 et PZR1-1,
- Pour la grande majorité des échantillons de remblais analysés, on observe des concentrations en Cuivre et en Plomb assimilables à des anomalies naturelles élevées. Les teneurs identifiées varient entre 19 et 3 100 mg/kg pour le Cuivre et entre 41 et 920 pour le Plomb,
- Les échantillons de remblais noirâtres présentent des teneurs en Arsenic, en Cadmium et en Cuivre globalement plus élevées que celles des échantillons les remblais divers,
- Les teneurs en Mercure observées pour la grande majorité des échantillons analysés sont assimilables à des anomalies naturelles modérées.

De manière générale, ces anomalies témoignent d'une **contamination en métaux lourds globale des remblais anthropiques**, avec une variation des éléments métalliques présents et de leurs concentrations en fonction de la nature même des remblais.

Milieu sols : Composés organiques et traceurs d'activités industriels :

Les anomalies suivantes ont été mises en évidence au niveau de la matrice sol :

- **HCT/CAV/HAP** : Des valeurs extrêmes en composés hydrocarbonés ont été identifiées et assimilées à des contaminations significatives du milieu sol. Elles se répartissent autour de trois zones :
 - **Zone 1 - S1, S2, S3, S21 et S26** : Une contamination des sols en HCT moyennement volatils (de 0 à 47% de fraction C10-C21) est identifiée avec des concentrations évoluant de 160 à 990 mg/kg, associées à de fortes concentrations en HAP (de 49,7 à 441,8 mg/kg). A noter la présence de Naphtalène uniquement au sein de l'échantillon PZR1-1 (1.4 mg/kg).
 - **Zone 2 - S11** : Une contamination en hydrocarbures relativement lourds (fraction C10-C21 inférieure à 10%) est identifiée avec des concentrations décroissantes depuis la surface des sols (3 037 mg/kg en surface et 1 106 mg/kg à 2 m/TN). Cette contamination hydrocarboné ne présente qu'une faible proportion de CAV et HAP (maximum : 0,45 mg/kg de BTEX et 0,57 en HAP).
 - **Zone 3 : S9** : Une contamination des sols en BTEX est identifiées (15,2 mg/kg de CAV). Elle est associée à de faibles teneurs en HCT (400 mg/kg) et HAP (23,5 mg/kg). A noter la présence de naphtalène à hauteur de 20 % du mélange de HAP avec une concentration de 0,5 mg/kg.

- **COHV** : Des COHV ont été observés au sein des échantillons analysés avec des concentrations comprises entre 0,106 et 51,8 mg/kg. Les valeurs extrêmes sont centrées sur deux zones :
 - o **Zone 1 – S1** : Une concentration maximale en COHV est identifiée au droit du point S1 avec une valeur à 21,2 mg/kg en Trichloroéthylène. Cette contamination se croise avec celle identifiée en HCT/HAP, mais ne peut être liée à l'utilisation des mêmes produits (pas d'évaluation simultanée des concentrations). L'extension latérale est établie au Nord-Est par les points de sondage S19, S21 et PZR1 pour lesquels la concentration maximale identifiée est de 0.587 mg/kg
 - o **Zone 2/3** : Une contamination significative des sols en COHV est identifiée au droit des sondages S9, S10, S11, S12, S27, S28, S29, S31, S32 et S35. Les valeurs maximales sont centrées en S9, S27, S28 et S31 (respectivement 51.8, 39.1, 20.8 et 39.8 mg/kg). Cette contamination peut s'étendre à plus de 2 m de profondeur. Ponctuellement, elle s'associe à des valeurs en CAV évaluant de façon contiguë et une contamination croisée avec les HCT lourds identifiés en S11.
- **Phénols / Cyanures**:
 Les phénols ont été détectés sur 1 des 9 échantillons analysés. La concentration observée (0,6 mg/kg) est 6 fois supérieure au seuil de quantification du laboratoire. Elle s'associe à la contamination en HCT et HAP identifiée en zone 1.
 Les cyanures ont été détectés sur 3 des 6 échantillons analysés à des teneurs évoluant de 0,11 à 0,335 mg/kg (soit maximum 3 fois le seuil de quantification du laboratoire). A noter que deux des trois concentrations sont en relation avec des valeurs maximales identifiées en HCT.
- **Dioxines** :
 La présence de dioxines a été détectée sur 3 échantillons sols analysés (S28-1, S42-1 et PZR1-1). Les concentrations détectées (TEQ max = 8,62 ng/kg en S28-1) sont inférieures à la valeur limite (10 ng/kg) de l'AM du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux.
- **PCB** : Les PCB n'ont pas été détectés sur les échantillons sols analysés.

Milieu gaz-du-sol : Les résultats d'analyse des gaz du sol mettent en évidence les éléments suivants :

- **HCT** : absence d'Hydrocarbure aromatiques et aliphatiques dans les gaz du sol avec des concentrations inférieures aux seuils analytiques au droit de l'ensemble des piézairs,
- **CAV** : présence de Toluène et de Xylènes au droit de PZR2. qui semble être liée à la présence d'une source de pollution des sols (Source 3),
- **HAP** : présence en trace de Naphtalène dans les gaz du sol situé au droit de PZR1 qui peut être liée à la présence de Naphtalène dans les sols (1.4 mg/kg au droit de PZR1),
- **COHV** : présence de Trichloroéthylène, de Tétrachloroéthylène et de Cis-1.2-Dichloroéthylène au droit de l'ensemble des piézairs. A noter que l'impact semble plus important au droit du piézair PZR2. Par ailleurs, les gaz du sol présentent des concentrations en Trichloroéthylène significatives (**200 à 600 fois plus élevées que le seuil analytique**). La présence de telles teneurs au droit de ces piézairs semble être corrélée avec les teneurs en Trichloroéthylène observées dans les sols.

Milieu eaux souterraines : Les résultats d'analyses sur les eaux souterraines n'ont pas mis en évidence de transfert des substances identifiées dans les sols vers les eaux souterraines.

⇒ **Parcelle cadastrale n°239 – section BH :**

Sol : Métaux lourds et éléments traces sur brut

En comparaison aux valeurs définies par ASPITET, les éléments suivants ont pu être mis en évidence :

- Les échantillons de sols naturels (Limon sableux (LS) et limons argileux (LA)) présentent des concentrations en éléments métalliques assimilables à la gamme de valeurs des sols ordinaires excepté pour le Cuivre, le Plomb et le Mercure pour lesquels des anomalies naturelles modérées à fortes ont été observées,
- Des teneurs en Mercure associées à des anomalies naturelles modérées pour l'ensemble des échantillons analysés avec des concentrations comprises entre 0.2 et 0.4 mg/kg,
- L'échantillon de remblais (R) prélevé au droit du point de sondage S42 présente les teneurs en éléments métalliques associées à :
 - o Des anomalies naturelles modérées pour l'Arsenic, le Mercure et le Zinc,
 - o Des anomalies naturelles fortes pour le Cadmium, le Cuivre, et le Plomb, avec une concentration en Plomb atteignant 35 000 mg/kg.

Milieu sols : Composés organiques et traceurs d'activités industriels :

- **HCT** : Les hydrocarbures totaux ont été détectés sur 8 des 14 échantillons sols analysés.

Un bruit de fond peut être identifié avec :

- o Des variations en HCT évoluant de 19 à 170 mg/kg intégrant des éléments hydrocarbonés globalement peu volatils (fraction C10-C21 inférieure à 20%) et l'absence de CAV ou une concentration relevée à l'état de trace.
- o Des variations en HAP évoluant de 0,16 à 3,7 mg/kg de façon indépendante à la valeur extrême identifiée en HCT.

Les valeurs extrêmes sont identifiées au droit d'un point :

- o **Zone A – S17** : Une contamination des sols en HCT faiblement volatils (4% de fraction C10-C21) est identifiée avec une concentration anormale de 1 895 mg/kg. Elle est associée à une faible concentration en HAP (2 mg/kg). A noter l'absence de naphthalène et de CAV.
- **HAP** : Des HAP ont été détectés sur l'ensemble des échantillons analysés avec des concentrations évoluant entre 0,16 et 3,7 mg/kg. Du Naphthalène a été observé au sein de l'échantillon S43-1 avec une concentration de 0,18 mg/kg,
- **CAV** : Les CAV n'ont pas été détectés au sein de l'échantillon S42-1. Toutefois, la présence de CAV et plus particulièrement de Benzène, de Toluène et de Xylènes a été identifiée au sein de l'échantillon S43-1 avec une concentration en Benzène de 0.11 mg/kg,
- **COHV** : Les COHV n'ont pas été détectés sur les 4 échantillons de sols analysés

5. SCHEMA CONCEPTUEL BASE DE L'ARR

5.1. Sources de pollutions

Les investigations menées par APAVE, lors des campagnes de septembre et décembre 2013, ont mis en évidence les anomalies suivantes :

⇒ Sur la parcelle cadastrale n°239 de la section BH :

Deux sources de contamination identifiées au droit du site et constituent des problématiques ponctuelles liées à :

- Des accidents ou **déversement de produits hydrocarbonés dans les sols**,
- La nature et la qualité des **remblais** du site.

Deux zones d'impact identifiées :

- **Zone A – S17** : Une contamination des sols en hydrocarbures de type Huiles. La surface d'impact est estimée à environ 20 m². Son extension verticale reste limitée aux sols superficiels présents jusqu'à 1 m de profondeur environ. Le volume de terre impacté a ainsi été estimé à environ 20 m³.
- **Zone B – S42** : Une problématique en éléments métalliques a été identifiée au droit du point de sondage S42. La présence d'une telle contamination semble être liée à une lithologie spécifique de remblais dont la nature est hétérogène. La superficie de la zone impactée a été estimée à environ 27 m², pour une profondeur de 0.4 m environ. Ainsi, le volume de terre impacté a été estimé à 11 m³ environ.

A noter également, que des traces d'hydrocarbures ont été mises en évidence sur les dallages situés au niveau de la ZSP15 (surface estimée à environ 40 m²). Suite aux observations de terrain, les bétons semblent imbibés sur moins de 2 cm (Observation visuelle).

⇒ Sur la parcelle cadastrale n°241 de la section BH :

Les sources de pollution identifiées sur site sont de deux typologies :

- La **qualité même des remblais** de surface :
 - o Impact potentiel sanitaire lié aux fortes teneurs en métaux lourds,
 - o Impact économique lié à la mauvaise qualité des matériaux face à la législation des déchets, entraînant leur déclassement en cas d'évacuation hors site.
- Des problématiques ponctuelles liées à des accidents ou **déversement de produits hydrocarbonés** dans les sols.

TYPOLOGIE 1 : La **première source de pollution** est constituée par **les matériaux de mauvaise qualité représentés par les remblais du site et notamment les remblais noirs Rn qui intègrent des teneurs anormalement élevées en métaux lourds et des traces de dioxines**. Leur épaisseur est d'environ 0,60 m répartie inégalement sur le site (observés sur un peu plus de la moitié des sondages réalisés). En première approximation, sur la base d'une surface représentative de chaque sondage par rapport à leur positionnement sur site (Découpage par isodistance), soit environ 750 m² au total, le volume estimatif des remblais est établi à environ 625 m³.

TYPOLOGIE 2 : La **deuxième typologie de source de pollution** est liée à des **impacts localisés des anciennes activités du site, suite à des déversements de produits chimiques liquides** depuis la surface du sol. Trois zones sont identifiées :

- Zone 1 : Deux contaminations :
 - o Une de type solvants chlorés potentiellement volatils (S1). Cette dernière est délimitée par les points de sondage S19, S21 et PZR1. La superficie de la zone impactée a été estimée à 63 m² environ pour une profondeur d'1 m. Ainsi, le volume de terre impacté a été estimé à 63 m³ environ,

- Une pollution hydrocarbonée de type goudron/crésote faiblement à moyennement volatile (Pollution en HCT/HAP au droit de S2, S3, S21 et S26). Cette pollution se distingue en une zone principale et 2 zones annexes et comprend un volume de terre impacté estimé à 305 m³ environ,
- Zone 2/3 : Trois contaminations :
 - Une pollution hydrocarbonée ponctuelle (S11) de type huile faiblement volatile. Cette problématique implique un volume de 204 m³ environ de terres impactées,
 - Une contamination hydrocarbonée volatile de type BTEX (S9) concernant un volume d'environ 140 m³,
 - Une contamination étendue de type solvants (chlorés et non chlorés). Cette zone de pollution est délimitée par les points de sondage S8, S30, S33, S36 et S38. La surface considérée est d'environ 465 m². Sur la base des données et des extensions verticales obtenues au droit de chaque point de sondage, le volume de matériaux impactés a été estimé à 1 253 m³ environ,

A noter que les surfaces des différentes zones de pollution se recoupent. Ainsi, le volume total de matériaux impactés pour les zones 2/3 a été estimé à 1 253 m³ environ.

Sur cette base, les éléments de caractérisation des milieux repris dans le schéma conceptuel sont les suivants :

- La lithologie du site,
- L'identification des sources de pollution en composés organiques (extensions verticales et horizontales),
- Les transferts possibles par volatilisation (n°241 BH) et les faibles transferts possibles par volatilisation (n°239 BH),
- L'absence de transferts vers les eaux souterraines,
- L'identification de la source de pollution en éléments métalliques.

La synthèse des concentrations maximales répertoriées au niveau des matrices sols et gaz du sol au droit des parcelles cadastrales n°239 et 241 de la section BH est la suivante :

Paramètres	Sol			Gaz du Sol		
	Unité	Maximum relevé sur site	Origine	Unité	Maximum relevé sur site	Origine
Métaux						
Antimoine (Sb)	mg/kg	440	S42-1	mg/m3		
Arsenic (As)	mg/kg	180	S28-1	mg/m3		
Baryum (Ba)	mg/kg	440	S42-1	mg/m3		
Cadmium (Cd)	mg/kg	16	S30-1	mg/m3		
Chrome (Cr)	mg/kg	570	S30-1	mg/m3		
Cuivre (Cu)	mg/kg	3100	S28-1	mg/m3		
Mercure (Hg)	mg/kg	1,5	S21-1	mg/m3		
Molybdène (Mo)	mg/kg	59	S21-1	mg/m3		
Nickel (Ni)	mg/kg	620	S21-1	mg/m3		
Plomb (Pb)	mg/kg	35000	S42-1	mg/m3		
Sélénium (Se)	mg/kg	<5	-	mg/m3		
Zinc (Zn)	mg/kg	2700	PZR1-1	mg/m3		
Hydrocarbures totaux						
HCT >C10-C40	mg/kg	3037,1	S11-1	mg/m3		
>C10-C12	mg/kg	13	S10-1	mg/m3		
>C12-C16	mg/kg	84	S2-1	mg/m3		
>C16-C21	mg/kg	380	S2-1	mg/m3		
>C21-C35	mg/kg	2474,7	S11-1	mg/m3		
>C35-C40	mg/kg	240	S11-1	mg/m3		
TPH						
Aliphatiques C5-C6	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C6-C7	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C7-C8	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C8-C9	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C9-C10	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C10-C11	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C11-C12	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C12-C13	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C13-C14	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C14-C15	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aliphatiques C15-C16	mg/kg			mg/m3	<0,08	-
Aromatiques C7-C8	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C8-C9	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C9-C10	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C10-C11	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C11-C12	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C12-C13	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C13-C14	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C14-C15	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
Aromatiques C15-C16	mg/kg			mg/m3	<0,032	-
BTEX						
Benzène	mg/kg	5,8	S9-1	mg/m3	<0,0078	-
Toluène	mg/kg	6,59	S9-1	mg/m3	0,0094	PZR2
Ethylbenzène	mg/kg	0,114	S9-1	mg/m3	<0,0031	-
(m+p)-xylène	mg/kg	2,16	S9-1	mg/m3	0,0063	PZR2
o-xylène	mg/kg	0,227	S9-1	mg/m3	<0,0031	-
Cumène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
m-,p-Ethyltoluène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Mésitylène	mg/kg	0,227	S9-1	mg/m3		
o-Ethyltoluène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Pseudocumène	mg/kg	0,114	S9-1	mg/m3		

HAP						
Naphtalène	mg/kg	0,5	S9-1	mg/m3	0,0003	PZR1
Acénaphthylène	mg/kg	11	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Acénaphthène	mg/kg	0,42	S26-1	mg/m3	<0,0002	-
Fluorène	mg/kg	11	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Phénanthrène	mg/kg	78	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Anthracène	mg/kg	24	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Fluoranthène	mg/kg	87	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Pyrène	mg/kg	66	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Benzo(a)anthracène	mg/kg	31	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Chrysène	mg/kg	24	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg	27	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg	<3,7	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Benzo(ghi)perylène	mg/kg	17	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Indeno(123-cd)pyrène	mg/kg	19	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Benzo(k) fluoranthène	mg/kg	13	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
Benzo(b) fluoranthène	mg/kg	34	S2-1	mg/m3	<0,0002	-
PCB						
PCB n°28	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°52	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°101	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°118	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°138	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°153	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
PCB n°180	mg/kg	<0,03	-	mg/m3		
COHV						
Dichlorométhane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0313	-
Chloroforme	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0031	-
Tétrachlorure de carbone	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0031	-
Trichloroéthylène	mg/kg	51,1	S9-1	mg/m3	0,9531	PZR2
Tétrachloroéthylène	mg/kg	0,221	S1-1	mg/m3	0,0123	PZR2
1,1-dichloroéthane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0031	-
1,2-dichloroéthane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0016	-
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Cis 1,2-dichloroéthène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	0,0594	PZR2
Trans 1,2-dichloroéthène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Chlorure de Vinyl	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0313	-
1,1-dichloroéthylène	mg/kg	<0,1	-	mg/m3	<0,0031	-
Bromochlorométhane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Dibromométhane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Bromodichlorométhane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Dibromochlorométhane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
1,2-dibromoéthane	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Bromoforme	mg/kg	<0,1	-	mg/m3		
Phénol						
Phénol	mg/kg	0,6	S2-1	mg/m3		
Cyanures totaux						
Cyanures totaux	mg/kg	0,22	S2-1	mg/m3		
DIOXINES						
TEQ (OMS 2005) incl. LOQ	ng/kg	8,62	S28-1	mg/m3		

Tableau 2 : Concentrations maximales - parcelles n°239 / 241 section BH

5.2. Voies de transferts et d'expositions

Les voies potentielles de migration des polluants dans les milieux sont :

- Pour les sols : par migration (lessivage et/ou percolation) dans les sols ;
- Pour les eaux souterraines : des sols vers la nappe (non retenu – absence d'impact) ;
- Pour les eaux superficielles : des sols (non retenu) ou de la nappe (non retenu – absence d'impact) vers les eaux superficielles ;
- Pour l'air : par volatilisation des composés volatils.

5.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger

Sur la base des données disponibles et communiquées par EPORA :

- Le projet prévu est l'aménagement d'une aire de stationnement, avec enrobé bitumineux en surface, au droit des parcelles cadastrales n°239 et 241 de la section BH.
- **L'usage futur retenu au droit des zones impactées est de type « Parking extérieur », avec présence d'adultes et d'enfants, futurs usagers du site.**

La synthèse des voies de transfert et d'exposition, des cibles retenues ou non dans le cadre du projet d'aménagement « Parking » est précisée ci-après :

Voies de transfert et d'exposition du schéma conceptuel	Cibles	Scénarios d'exposition retenus	Observations/commentaires pour les cibles : <u>Usagers (adultes et enfants) en extérieur</u>
Ingestion de sols	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Sols recouverts d'enrobés au niveau des anomalies identifiées
Contact cutané avec sols impactés	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Sols recouverts d'enrobés au niveau des anomalies identifiées
Inhalation de sols – poussières	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Sols recouverts d'enrobés au niveau des anomalies identifiées
Inhalation de composés volatils en intérieur (bâtiment) provenant des sols	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Absence de bâtiment
Inhalation de composés volatils en extérieur (parking) provenant des sols	Adultes Enfants	Oui	Projet futur : Création d'un parking extérieur
Inhalation de composés volatils en intérieur (bâtiments et en extérieur (parking) provenant des eaux souterraines	Adultes Enfants	Non	Exposition non retenue : Absence d'impact sur les eaux souterraines
Ingestion d'eau souterraine à partir de puits sur site	Adultes Enfants	Non	Exposition non retenue : Absence d'impact sur les eaux souterraines Projet futur : Absence de puits dans le projet
Ingestion de légumes produits sur site	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Absence de jardin potager et arbre fruitier dans le projet
Ingestion d'eaux superficielles / consommation de poissons	Adultes Enfants	Non	Exposition non retenue : Absence d'impact sur les eaux souterraines susceptibles d'impacter indirectement les eaux superficielles Absence d'eaux superficielles au droit ou à proximité immédiate du site Qualité des eaux superficielles hors site non connue (hors mission)
Transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable) et inhalation lors de la douche, ingestion eau et absorption cutanée	Adultes Enfants	Non	Projet futur : Absence de réseau AEP au droit des zones impactées.

Tableau 3 : Identification des milieux d'exposition potentiels – Scénario de type Parking extérieur

Le schéma conceptuel retient le scénario d'exposition suivant :

- ⇒ **Inhalation de vapeurs de polluants dans l'air ambiant extérieur du « Parking » par les adultes et enfants usagers du site.**

Le schéma conceptuel retenu sur la base du projet d'aménagement est le suivant :

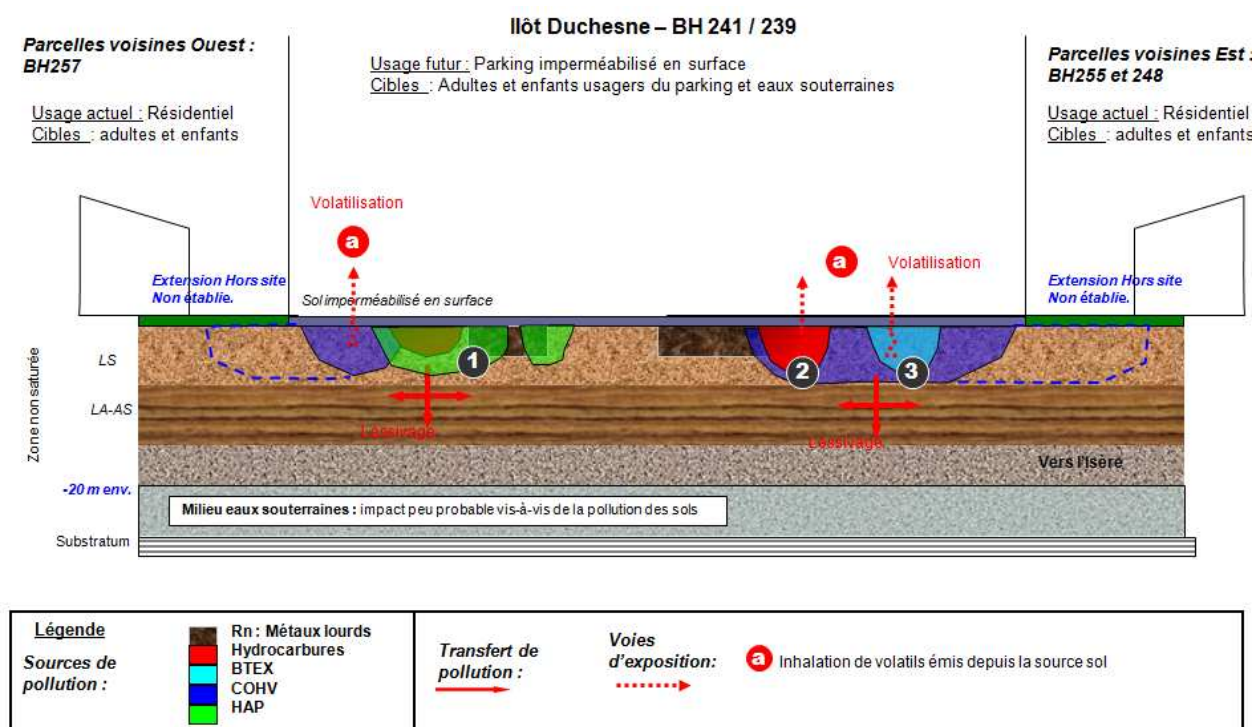


Figure 4 : Schéma conceptuel – Usage futur « Parking »

6. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS - ARR

6.1. Réglementation et guides méthodologiques

La présente étude se fonde, au moment de sa réalisation, sur la réglementation et les guides méthodologiques existants applicables. Les références sont précisées dans la **bibliographie** du présent rapport.

6.2. Démarche méthodologique

L'évaluation porte sur les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des populations (sensibles) aux substances à impact potentiel décelées lors des diagnostics environnementaux.

La méthodologie respecte les principes inscrits ou inspirés par les différents textes implicitement contenus dans le Code de l'Environnement :

- Le principe de prudence scientifique ; ce principe revient notamment à adopter en cas d'absence de données reconnues des hypothèses raisonnablement majorantes.
- Le principe de proportionnalité ; la présente étude se base sur les données disponibles liées aux moyens mis en œuvre par les différents acteurs sur le site.
- Le principe de spécificité ; la présente étude est pertinente par rapport aux usages futur du site et de son environnement.

L'évaluation des risques est menée dans le but de conclure sur un éventuel effet sur la santé (risque sanitaire) du site vis-à-vis de l'Homme (population sensible), lié à son exposition chronique⁽¹⁾ aux effets potentiels de ce site.

⁽¹⁾ Note sur la notion de chronique et subchronique.

Chez l'homme et chez l'animal la toxicité subchronique et chronique sont distinguées :

- La toxicité subchronique correspond aux effets d'une administration répétée à court terme.
- La toxicité chronique correspond aux effets d'une administration répétée à long terme et à faibles doses (exposition durable à un polluant).

En toxicité chronique on distingue les effets systémiques (substance à effet à seuil) des effets cancérogènes (sans seuils). De même une distinction doit être faite entre les valeurs d'exposition en milieu professionnelle et les valeurs d'exposition hors milieu professionnel.

Quatre étapes constituent la démarche d'évaluation des risques pour la santé (EQRS) :

1. L'identification du potentiel dangereux ou identification des dangers qui consiste à identifier des effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'Homme ;
 2. L'évaluation de la relation dose-réponse : l'estimation de la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition aux substances, et l'incidence et la gravité de ces effets ;
 3. L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition ;
 4. La caractérisation des risques correspond à la synthèse des informations issues de l'évaluation de l'exposition et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression qualitative et si possible quantitative du risque.
-

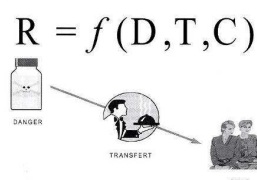
Pour un scénario donné, le risque sanitaire par substance est obtenu en procédant au calcul d'un Quotient de Danger (QD⁽²⁾) et de l'Excès de Risque Individuel (ERI⁽³⁾) et en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur :

⁽²⁾ QD ou IR (Indice de Risque) : est calculé en faisant le rapport entre la Dose Journalière d'Exposition (D.J.E) ou la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA ou CI) et la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) pour la voie considérée.

⁽³⁾ ERI : est calculé en multipliant la DJE ou la CMA par la valeur toxicologique (Excès de Risque Unitaire (ERU)).

Les modèles d'évaluation des risques pour la santé humaine reposent sur le concept « sources-vecteurs-cibles » :

1. Source de substances à impact potentiel,
2. Transfert des substances (par un « vecteur ») vers un point d'exposition,
3. Exposition à ces substances des populations (ou « cibles ») situées au point d'exposition.



Les informations sur les « sources » sont extraites des résultats des investigations de terrain.

Dans les modèles utilisés, l'hypothèse d'une source infinie (transport de masse permanent) est faite, ce qui est sécuritaire.

6.3. Codes de calculs utilisés

Les feuilles de calculs utilisées pour les évaluations des expositions et des risques se basent sur des modèles reconnus au niveau national et international (US EPA, RIVM, INERIS...). Le modèle suivant a notamment été retenu, considérant les caractéristiques du site et scénario d'exposition présents :

- JOHNSON ET ETTINGER (1991) Johnson et Ettinger, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Environ. Sci. Technology, Vol. 25, n°8 : 1445-1452 ;
- RBCA (Risk Based Corrective Action), Code développé dans le cadre de l'approche RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund) de l'US-EPA (United State - Environmental Protection Agency), par l'ASTM (American Society for Testing and Materials, rapport E 1739-95).

Les équations de ces modèles sont disponibles et accessibles sur Internet. Ils font ou ont fait l'objet d'expertises par l'INERIS (cf. [bibliographie](#)). Leurs codes de calculs ont été intégrés sous format « Excel » par l'US EPA pour Johnson Ettinger (exemple : version 3 mars 2003...).

6.4. Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants

Dans le sol non saturé en place, un polluant organique se trouve sous trois formes (bilan de masse triphasique) :

- Une fraction est fixée sur la matière solide du sol,
- Une autre se trouve en solution dans l'eau des pores de ce sol,
- Enfin, une partie est sous forme de vapeur dans l'air de ces pores.

La théorie montre que :

- Les fractions dissoutes et fixées sur le solide sont dans un rapport fonction de la teneur en carbone organique du sol (f_{oc}) et d'un coefficient de partage entre l'eau et ce carbone organique, dénommé Koc, caractéristique de la substance ;
- Les fractions vapeurs et dissoutes sont dans un rapport appelé constante de Henry de la substance considérée.

Mécanisme de transport - transfert diffusif

Phénomène de diffusion moléculaire : lorsque deux volumes d'air ayant des concentrations différentes en substances sont en présence, les substances se déplacent de façon à tendre vers une concentration homogène des deux volumes d'air (déplacement du à l'agitation brownienne).

Mécanisme de transport - transfert convectif

Phénomène induit par une différence de pression : le moteur de la convection est la différence de pression entre le sol et l'intérieur de l'habitation, entraînant un mouvement d'air depuis le sol vers le bâtiment. Les origines du gradient de pression sont :

- Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat,
- La surpression du vent sur les façades de l'habitat,
- La présence d'appareils de ventilation mécanique.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (E.Q.R.S.) se fonde sur ces notions pour notamment les calculs d'exposition par inhalation de vapeurs émises.

Il est à retenir également que les concentrations dans l'air du sol et dans le sol sont limitées par les valeurs correspondant à la limite de solubilité de la substance considérée dans l'eau (à l'équilibre). Cela signifie qu'au delà d'un certain niveau de pollution dans les sols ou les eaux souterraines, la concentration des vapeurs émises dans l'air du sol atteint un maximum et constitue donc une limite physique au scénario inhalation.

6.5. Identification des dangers

6.5.1. Identification et caractéristiques des sources

Les substances retenues pour l'Evaluation des Risques Sanitaires dénommées également éléments traceurs du risque sont issues des résultats des investigations réalisées lors des études antérieures.

Les composés sont retenus sur la base de :

- leur présence en tant qu'anomalie anthropique dans les milieux considérés,
- leur mobilité et notamment leur volatilité,
- leur toxicité, et la disponibilité de « Valeurs Toxicologiques de Référence » (VTR) pour la voie d'exposition considérée.

Ainsi, sont retenus les **polluants volatils détectés dans les sols et/ou dans les gaz du sol**, et dont les VTR sont renseignées dans la littérature. Les concentrations maximales correspondantes seront intégrées aux modélisations de transferts et aux calculs de risques pour les expositions aux composés volatils en milieu intérieur. **En approche sécuritaire, les valeurs retenues seront les concentrations maximales soit détectées par la mesure directe dans les gaz du site soit obtenues par modélisation depuis les concentrations sols.**

Le tableau en page suivante résume la liste des polluants détectés dans les **sols et gaz du sol**, leur potentiel volatil, ainsi que la disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence pour la voie d'exposition inhalation.

Paramètres	Volatilité relative	Présence dans le milieu en concentrations supérieures au LQ du laboratoire		VTR Inhalation Disponible	Polluant retenu (inhalation d'éléments chimiques volatils)
		SOL	GAZ DU SOL		
Hydrocarbures					
>C10-C12		Oui	Non Analysé	Oui (TPH)	Oui
>C12-C16		Oui	Non Analysé	Oui (TPH)	Oui
>C16-C21		Oui	Non Analysé		
>C21-C35		Oui	Non Analysé		
>C35-C40		Oui	Non Analysé		
TPH					
Aliphatiques C5-C6		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C6-C7		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C7-C8		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C8-C9		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C9-C10		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C10-C11		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C11-C12		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C12-C13		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C13-C14		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C14-C15		Non Analysé	<LQ		
Aliphatiques C15-C16		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C7-C8		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C8-C9		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C9-C10		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C10-C11		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C11-C12		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C12-C13		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C13-C14		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C14-C15		Non Analysé	<LQ		
Aromatiques C15-C16		Non Analysé	<LQ		
PCB					
PCB n°28		<LQ	Non Analysé		
PCB n°52		<LQ	Non Analysé		
PCB n°101		<LQ	Non Analysé		
PCB n°118		<LQ	Non Analysé	Oui	
PCB n°138		<LQ	Non Analysé		
PCB n°153		<LQ	Non Analysé		
PCB n°180		<LQ	Non Analysé		
Métaux lourds					
Antimoine (Sb)		Oui	Non Analysé		
Arsenic (As)		Oui	Non Analysé		
Baryum (Ba)		Oui	Non Analysé		
Cadmium (Cd)		Oui	Non Analysé		
Chrome (Cr)		Oui	Non Analysé		
Cuivre (Cu)		Oui	Non Analysé		
Mercure (Hg)		Oui	Non Analysé	Oui	Oui
Molybdène (Mo)		Oui	Non Analysé		
Nickel (Ni)		Oui	Non Analysé		
Plomb (Pb)		Oui	Non Analysé		
Sélénium (Se)		Oui	Non Analysé		
Zinc (Zn)		Oui	Non Analysé		
COHV					
Dichlorométhane		<LQ	<LQ	Oui	
Chloroforme		<LQ	<LQ	Oui	
Tétrachlorure de carbone		<LQ	<LQ	Oui	
Trichloroéthylène		Oui	Oui	Oui	Oui
Tétrachloroéthylène		Oui	Oui	Oui	Oui
1,1-dichloroéthane		<LQ	<LQ	Oui	
1,2-dichloroéthane		<LQ	<LQ	Oui	
1,1,1-trichloroéthane		<LQ	<LQ	Oui	
1,1,2-trichloroéthane		<LQ	<LQ	Oui	
Cis 1,2-dichloroéthène		<LQ	Oui		
Trans 1,2-dichloroéthène		<LQ	<LQ	Oui	
Chlorure de Vinyl		<LQ	<LQ	Oui	
1,1-dichloroéthylène		<LQ	<LQ	Oui	
Bromochlorométhane		<LQ	<LQ	Oui	
Dibromométhane		<LQ	<LQ	Oui	
Bromodichlorométhane		<LQ	<LQ	Oui	
Dibromochlorométhane		<LQ	<LQ	Oui	
1,2-dibromoéthane		<LQ	<LQ	Oui	
Bromoforme		<LQ	<LQ	Oui	

TPH : Total Petroleum Hydrocarbon

: Substance non détectée, volatilité relative non effective, ou substance non retenue

: Substance détectée, volatilité relative effective, ou substance retenue

Paramètres	Volatilité relative	Présence dans le milieu en concentrations supérieures au LQ du laboratoire		VTR Inhalation Disponible	Polluant retenu (inhalation d'éléments chimiques volatils)
		SOL	GAZ DU SOL		
BTEX					
Benzène		Oui	<LQ	Oui	Oui
Toluène		Oui		Oui	Oui
Ethylbenzène		Oui	<LQ	Oui	Oui
(m+p)-xylène		Oui		Oui	Oui
o-xylène		Oui	<LQ	Oui	Oui
Cumène		<LQ	Non Analysé	Oui	
m-,p-Ethyltoluène		<LQ	Non Analysé	Oui (TPH)	
Mesitylène		Oui	Non Analysé	Oui (TPH)	Oui
o-Ethyltoluène		<LQ	Non Analysé	Oui (TPH)	
Pseudocumène		Oui	Non Analysé	Oui (TPH)	Oui
HAP					
Naphtalène		Oui	Oui	Oui	Oui
Acénaphthylène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Acénaphthène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Fluorène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Phénanthrène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Anthracène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Fluoranthène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Pyrène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Benzo(a)anthracène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Chrysène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Benzo(a)pyrène		Oui	<LQ	Oui	Oui
Dibenzo(ah)anthracène		<LQ	<LQ	Oui par FET	
Benzo(ghi)perylène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Indeno(123-cd)pyrène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Benzo(k) fluoranthène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Benzo(b) fluoranthène		Oui	<LQ	Oui par FET	Oui
Phénol		Oui	Non Analysé	Oui	Oui
Cyanures totaux		Oui	Non Analysé	Oui	Oui
Dioxines TEQ		Oui	Non Analysé	Oui	Oui

FET : Facteur Equivalent Toxique

■ : Substance non détectée, volatilité relative non effective, ou substance non retenue

■ : Substance détectée, volatilité relative effective, ou substance retenue

Tableau 4 : Etat des polluants recensés par milieux, volatilité et disponibilité des VTR

Les polluants non détectés ne sont pas retenus pour la suite de l'étude (case noire dans la colonne présence).

Les polluants détectés à l'échelle du site, susceptibles de présenter un risque, sont :

- Hydrocarbures (HCT C10-C16),
- Composés aromatiques volatils (CAV) : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Mesitylène et Pseudocumène
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) en mélange et notamment du Naphtalène,
- Composés Organo Halogénés Volatils (COHV) : Trichloroéthylène (TCE) et Tétrachloroéthylène (PCE),
- Mercure (Hg),
- Cyanures totaux,
- Dioxines,
- Phénol.

En particulier, les éléments suivants ont été pris en compte :

- Aucune VTR n'est disponible dans les bases de données pour les Hydrocarbures totaux C10-C40. Seule existe des VTR en inhalation pour les TPH en répartition de fractions. Bien que les TPH n'est pas été non détectés dans les gaz du sol, les fractions potentiellement volatiles (C10-C16) détectés dans les sols en hydrocarbures totaux seront retenues pour évaluation des risques sanitaires, en tant que TPH Aromatique et Aliphatique (>nC10-C12 et >nC12-C16).
- Aucune VTR n'est disponible dans les bases de données pour les CAV détectés (Mésitylène et Pseudocumène). Ces molécules sont des Hydrocarbures Aromatiques (C9H12). Les concentrations identifiées peuvent alors être rapprochées des données d'hydrocarbures pour la fraction C8-C10. La somme du Mésitylène et Pseudocumène répertoriée en S9-1 (0,341 mg/kg) a été retenue et considérée comme TPH Aromatique >nC8-C10.
- Les VTR retenues pour les Hydrocarbures totaux (C10-C16), Mésitylène et Pseudocumène dans les sols sont celles appliquées aux TPH, issues des rapports TPHCWG. Pour les HAPs, les Facteurs d'Equivalent Toxique (FET) ont été retenus. Pour les Cyanures totaux, les VTR du Cyanure d'hydrogène a été retenu.

Les concentrations maximales retenues (Cmax en vert) sont les suivantes :

Paramètres	N°CAS	Sol			Gaz du Sol			
		Unité	Cmax sol mesurée sur site	Origine	Unité	Cmax modélisée	Origine	Cmax GdS mesurée sur site
Métaux								
Mercuré (Hg)	7439-97-6	mg/kg	1,5	S21-1	mg/m3	2,27E+00	S21-1	
Hydrocarbures								
Ar >C8-C10	TPHCWG	mg/kg	0,341	S9-1 : Somme Mésitylène + Pseudocumène	mg/m3	1,36E+01	S9-1 : Somme Mésitylène + Pseudocumène	
Ar >C10-C12	TPHCWG	mg/kg	13	S10-1 : HCT	mg/m3	9,04E+01	S10-1 : HCT	
Ar >C12-C16	TPHCWG	mg/kg	84	S2-1 : HCT	mg/m3	2,78E+01	S2-1 : HCT	
Al >C10-C12	TPHCWG	mg/kg	13	S10-1 : HCT	mg/m3	7,78E+02	S10-1 : HCT	
Al >C12-C16	TPHCWG	mg/kg	84	S2-1 : HCT	mg/m3	3,58E+01	S2-1 : HCT	
BTEX								
Benzène	71-43-2	mg/kg	5,8	S9-1	mg/m3	3,32E+03	S9-1	<0,0078
Toluène	108-88-3	mg/kg	6,59	S9-1	mg/m3	1,84E+03	S9-1	0,0094
Ethylbenzène	100-41-4	mg/kg	0,114	S9-1	mg/m3	1,91E+01	S9-1	<0,0031
Xylène total	1330-20-7	mg/kg	2,387	S9-1	mg/m3	3,34E+02	S9-1	0,0063
Mésitylène	108-67-8	mg/kg	0,227	S9-1	mg/m3	cf. Ar>C8-C10	S9-1	
Pseudocumène	95- 63-6	mg/kg	0,114	S9-1	mg/m3	cf. Ar>C8-C10	S9-1	
HAP								
Naphtalène	91-20-3	mg/kg	0,5	S9-1	mg/m3	1,27E+00	S9-1	0,0003
Equivalent Benzo(a)pyrène pour calcul effet cancérigène	50-32-8	mg/kg	0,5	S9-1	mg/m3	1,66E-06	S9-1	0,0003
COHV								
Trichloroéthylène	79-01-6	mg/kg	51,1	S9-1	mg/m3	2,44E+04	S9-1	0,9531
Tétrachloroéthylène	127-18-4	mg/kg	0,221	S1-1	mg/m3	1,72E+02	S1-1	0,0123
Phénol	108-95-2	mg/kg	0,6	S2-1	mg/m3	2,90E+01	S2-1	
Cyanures totaux	74-90-8 (HCN)	mg/kg	0,22	S2-1	mg/m3	9,44E+00	S2-1	
Dioxines TEQ	-	ng/kg	8,62	S28-1	mg/m3	1,78E-10	S28-1	

Tableau 5 : Teneurs prises en compte en éléments traceurs

Les caractéristiques des substances retenues sont présentées en **Annexe 4**.

6.5.2. Identification des vecteurs et voies d'exposition retenues

La voie d'exposition retenue est l'**inhalation de vapeurs de polluants volatils** par les adultes et enfants, usagers du site au niveau de l'air extérieur dans le cadre du projet futur.

6.5.3. Identification et caractéristiques des cibles

Les cibles retenues au droit des zones impactées sont les « **Adultes et Enfants** » dans le cadre du projet futur.

Pour rappel, le projet prévu est l'aménagement d'un parking extérieur.

6.5.4. Scénarii d'exposition retenus

Les caractéristiques de ce scénario sont précisées ci-après :

Scénario « Adultes et Enfants »	
Adultes (70 ans) et enfants (6 ans) usagers du parking au droit des zones impactées en polluants volatils	
Durée d'exposition : Présence sur site pendant 30 ans, 2 heures / jour ; 365 jours / an	
Fréquence ou taux d'exposition retenu :	
Adulte :	
- Fexp°inhalation avec seuil : 8,33E-02	
- Fexp°inhalation sans seuil : 3,57E-02	
Enfant :	
- Fexp°inhalation avec seuil : 8,33E-02	
- Fexp°inhalation sans seuil : 7,14E-03	

Tableau 6 : Caractéristiques du scénario d'exposition retenu

Certains éléments d'expositions sont définis sur la base des documents suivants :

- o INERIS : Méthode de calcul des valeurs de Constat d'Impact dans les sols - novembre 2001 - INERIS DRC -01-25587/DESP-R01 ;
- o Méthode de calcul des VCI dans les sols - version 1 - GT Sols pollués - santé publique - 22/04/1999
- o Hypothèses APAVE.

Ces hypothèses sont à priori majorantes.

6.6. Relation dose / effets pour les substances

6.6.1. *Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus*

Les évaluations de risque font intervenir un nombre important de paramètres, et notamment des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances. Les caractéristiques physico-chimiques des substances sont présentées en annexe 5.

6.6.2. *Définition des Valeurs Toxicologiques de Références*

Cette étape concerne d'une part la description des symptômes pouvant être observés suite à une exposition à long terme, d'autre part le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (V.T.R.).

On distingue conventionnellement deux grands types d'effets chroniques :

- les effets non cancérigènes procédant par des mécanismes non génotoxiques (et non mutagènes) : ces effets dits systémiques sont considérés comme ne survenant que si une certaine dose d'exposition est atteinte et dépasse les capacités de détoxification de l'organisme. Il existe un seuil d'exposition en dessous duquel le danger ne peut pas se manifester.
- les effets cancérigènes génotoxiques (et mutagènes) : ils ne sont pas considérés comme régis par un phénomène de seuil et peuvent apparaître quelle que soit la dose d'exposition. Dans ce cas, il existe une probabilité, infime mais non nulle, que l'effet se développe si une seule molécule pénètre dans le corps humain.

La relation dose-réponse est représentée par un indice, la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) dont la nature diffère selon l'effet :

- **Effet cancérigène ou sans seuil** pour lequel on définit un Excès de Risque Unitaire (ERU) : augmentation de la probabilité de l'effet sanitaire par unité d'augmentation de l'exposition. Pour le risque cancer, cet excès est conventionnellement calculé sur une vie entière (70 ans) ; pour d'autres effets, la durée est à préciser au cas par cas.
- **Effet systémique** pour lequel sont définies des doses ou concentrations de référence jugées sans danger, compte tenu des connaissances scientifiques du moment ; il s'agit de valeurs limites d'exposition (MRL en anglais - Minimum Risk Levels), de Doses Hebdomadaires Tolérables (DHT), de Doses Journalières Admissibles (DJA) ou de Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA). Ces indices sont déterminés selon différentes procédures de calcul, à partir des Doses Sans Effet Nocif Observé (DSENO) ou des Doses Minimum avec Effet Nocif Observé (DMENO) constatées généralement chez l'animal.

Des organisations nationales ou internationales éditent des monographies qui présentent l'intérêt de faire une synthèse des connaissances acquises sur les produits chimiques et leur toxicité. On peut citer parmi les plus connues, l'US-EPA, l'ATSDR, l'OMS et ses agences spécialisées (CIRC et IPCS). Au niveau européen, on dispose des listes élaborées par l'Union Européenne et, au niveau national, ou par la Commission de Toxicologie et le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Des bases de données existent sur support informatique, accessibles en ligne (via le réseau Internet) ou sur CD-ROM.

La sélection des VTR a été réalisée sur la base des référentiels suivants :

- rapport d'étude INERIS "point sur les valeurs toxicologiques de référence" du 17/03/2009 et rapports INERIS de référence de chaque polluant.
- circulaire DGS du 30 mai 2006 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,

« L'objet de la sélection des traceurs du risque est d'évaluer les substances toxiques principalement émises qui sont des déterminants essentiels du risque potentiel lié au site. Les critères de sélection pour l'évaluation quantitative du risque pour la santé (EQRS) sont liés :

- A la toxicité des substances (bonne description, connaissances des mécanismes, littérature, base de données) ;
 - A l'occurrence des effets associés aux substances en présence ;
 - A la connaissance de la relation dose-effet attribuable à la substance, et le degré de confiance qui lui est associé ;
 - A l'observation constatée de la substance dans l'environnement de l'installation, sa quantité émise ;
 - A la spécificité de la substance par rapport à la source étudiée ;
 - Au comportement de la substance dans l'environnement... »
-

La méthodologie de choix des VTR a été réalisée de la façon suivante :

- dans les tableaux "Choix de VTR réalisés par l'INERIS" et "Constructions de VTR réalisées par l'INERIS" lorsque la substance considérée est référencée dans ces tableaux (Rapport d'étude INERIS du 17/03/2009) ou dans le rapport INERIS de référence du polluants,
- le cas échéant, dans la première base dans laquelle elle est retrouvée en respectant la hiérarchisation suivante⁴ :
 - pour les substances à effets à seuil : successivement US EPA puis ATSDR puis OMS puis Santé Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA,
 - pour les substances à effets sans seuil : successivement US EPA puis OMS puis RIVM et en dernier lieu OEHHA.

En l'absence de VTR recensée par l'une de ces six bases de données, aucune quantification des risques ne pourra être effectuée.

En approche sécuritaire, les VTR retenues pour les Hydrocarbures totaux (C10-C16), Mésitylène et Pseudocumène dans les sols sont celles appliquées aux TPH, issues des rapports TPHCWG. Pour les HAPs, les Facteurs d'Equivalent Toxique ont été retenus. Pour les Cyanures totaux, les VTR du Cyanure d'hydrogène a été retenu.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence disponibles et retenues dans le cadre de la présente Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires sont présentées dans le tableau ci-après.

⁴ Circulaire DGS du 30 mai 2006.

		Avec Seuil	Sans Seuil
Substances	N° CAS	Inhalation	
		mg/m3	(mg/m3)-1
Hydrocarbures			
ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,00E+00 TPHCWG - 1997	
ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,00E+00 TPHCWG - 1997	
AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	2,00E-01 TPHCWG - 1997	
AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	2,00E-01 TPHCWG - 1997	
AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	2,00E-01 TPHCWG - 1997	
Benzène	71-43-2	3,00E-02 USEPA,2003	7,80E-03 USEPA,2000
Toluène	108-88-3	5,00E+00 USEPA, 2005	
Ethylbenzène	100-41-4	1,00E+00 USEPA, 1991	2,50E-03 OEHHA, 2009
Xylènes totaux	1330-20-7	1,00E-01 USEPA, 2003	
HAP			
Naphtalène	91-20-3	3,00E-03 USEPA, 1998	3,40E-02 OEHHA, 2005
Benzo(a)pyrène	50-32-8		1,10E+00 INERIS, 2006
COHV			
Trichloroéthylène	79-01-6	0,002 USEPA, 2011	4,10E-03 USEPA, 2011
Tétrachloroéthylène	127-18-4	4,00E-02 USEPA, 2012	2,60E-04 USEPA, 2012
Métaux			
Mercure (Hg)	7439-97-6	3,00E-04 USEPA, 1995	
Phenol	108-95-2	2,00E-02 RIVM, 2000	
Cyanures	74-90-8	8,00E-04 USEPA, 2010	
Dioxines	-	4,00E-08 OEHHA, 2003	3,80E+04 OEHHA, 2003

Tableau 7 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'ARR prédictive

6.7. Évaluation des expositions

6.7.1. Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée

Les modèles de transfert et d'exposition utilisés, sont présentés dans le tableau suivant. Un exemple de feuille de calculs RBCA est répertorié en annexe 6.

Modèle de transfert	RBCA	Johnson et Ettinger
Evaluation du transfert des composés volatils du sol vers les gaz du sol		X
Evaluation du transfert des composés volatils du sol vers l'air ambiant extérieur	X	

Tableau 8 : Modèles de transfert / exposition utilisées

Les données d'entrée utilisées dans le modèle de transfert des sols et gaz du sol vers l'air ambiant extérieur sont les suivants :

Paramètres		
Caractéristiques du sol		
<i>T_s : Température moyenne du sol au point de prélèvement</i>	10 °C	Valeur par défaut
<i>SCS : Type de sol</i>	SL Sandy loam	Données terrain
<i>ρ_{bA} : Densité du sol sec (g/cm³)</i>	1,62 g/cm ³	Leij, Stevens, et al (1994)
<i>n^A : Porosité totale</i>	0,387 -	Hers (2002), Schaap and Leij (1998), Nielson and Rogers (1990)
<i>q_w^A : Porosité humide (cm³/cm³)</i>	0,103 cm ³ /cm ³	Hers (2002), Schaap and Leij (1998), Nielson and Rogers (1990)
<i>L_t : profondeur de la source (cm)</i>	0,2 cm	Scénario retenu

Tableau 9 : Valeurs des paramètres de caractérisation du sol

Paramètres - RBCA -		
<i>Vit-V : vitesse du vent en m/s</i>	2,5	Météo France - moyenne France
<i>h-mel-adulte : hauteur moyenne d'un adulte (m)</i>	1,7	Valeur par défaut - Modèles Thibodeau et du RBCA
<i>h-mel-enfant : hauteur moyenne d'un enfant (m)</i>	1	Valeur par défaut - Modèles Thibodeau et du RBCA
<i>Long_zp = longueur de la zone d'émission (m) : longueur de la zone polluée.</i>	70	Diagnostic pollution - Site
<i>h_sol = épaisseur de la couche de sol (m) : hauteur de sol à partir du point de mesure</i>	0,2	Diagnostic pollution - Pollution sous-jacente à la dalle béton
<i>h_dalle= épaisseur de la dalle (m) : hauteur de la dalle à partir du point de mesure</i>	0,2	Site - Projet
<i>Dair = diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)</i>	Variable	Substance INERIS
<i>Deau = diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)</i>	Variable	Substance INERIS
<i>θa,s = teneur en air de la couche de sol (sans dimension)</i>	20%	Johnson & Ettinger
<i>θe,s = teneur en eau de la couche de sol (sans dimension)</i>	10%	Johnson & Ettinger
<i>θa,dalle = teneur en air de la couche de béton (sans dimension)</i>	10%	Valeur moyenne considérée pour un béton classique (donnée CEBTP)
<i>θe,dalle = teneur en eau de la couche de béton (sans dimension)</i>	5%	Valeur moyenne considérée pour un béton classique (donnée CEBTP)
<i>H = Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)</i>	Variable	Substance INERIS et TPHCWG

Tableau 10 : Valeurs des paramètres retenus pour la modélisation RBCA

6.7.2. Détermination des doses d'expositions

A l'aide des concentrations d'exposition (environnement) et des facteurs d'expositions (facteurs humains), on détermine la quantité de polluant administrée (part de l'absorption). Cela correspond en fait à déterminer la quantité de polluant mise au contact des surfaces d'échanges (paroi alvéolaire, paroi intestinale, peau) de la population. D'une manière générale, les quantités de polluants administrées s'expriment sous la forme d'une Dose Journalière d'Exposition (DJE) pouvant se définir de la façon suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_{ij} \times F \times T}{P \times T_m}$$

Avec :

DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg jour)

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (eaux, sol, aliment,...) exprimée en mg/kg, mg/m³ ou mg/l

Q_{ij} : quantité de milieu i , c'est à dire de sol, d'eau... administrée par la voie j par jour, exprimé en kg/jour pour les milieux solides et en m³/jour ou l/j pour les milieux gazeux ou liquides

F : fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité)

P : poids corporel de la cible (kg)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

T : durée d'exposition (années)

Si, pour la voie d'exposition j , plusieurs milieux sont concernés, il faut alors calculer une DJE totale :

$$DJE_{ij} = \sum_i DJE_{ij}$$

Dans le cas particulier de polluants atmosphériques et pour la voie unique d'exposition par inhalation, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions chroniques (longues durées), on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par :

$$CI = \frac{C_i \times t_i \times F \times T}{T_m}$$

Avec :

CI = concentration moyenne dans l'air inhalé (mg/m³ ou µg/m³),

C_i = concentration dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (mg/m³),

t_i = fraction de temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,

T : durée d'exposition (en années),

F : fréquence ou taux d'exposition nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité),

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années).

Pour les effets à seuil des polluants, les quantités administrées seront moyennées sur la durée de l'exposition ($T_m = T$).

Pour les effets sans seuil des polluants, T_m sera assimilé à la durée de vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

Cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, on considère que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.

6.8. Evaluation et caractérisation des risques

Le danger est une propriété intrinsèque d'une substance. Le risque est une probabilité d'expression d'un danger qui dépend du potentiel dangereux et de l'exposition.

Estimation du risque pour les effets à seuil

Pour les effets à seuil, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez la cible ne s'exprime pas par le calcul d'une probabilité. Cette probabilité de survenue est représentée par un Quotient de Danger (QD).

$$QD = DJE / Rfd$$

Lorsque cet indice est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue.

Estimation du risque pour les effets sans seuil

Pour les effets sans seuil, un excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant la dose journalière d'exposition (DJE) par l'excès de risque unitaire par voie orale (ERUo) ou la concentration inhalée (CI) par l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi).

$$ERI = DJE \times ERUo \text{ ou } ERI = CI \times ERUi$$

Aux faibles expositions, l'hypothèse est faite d'une relation linéaire entre l'effet et l'exposition, l'ERUo et l'ERUi sont donc des constantes.

L'ERI représente la probabilité qu'un individu a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

6.8.1. Résultats des calculs de risques

Les Quotients de Danger (QD) et les excès de risque individuels (ERI) calculés pour chaque substance et pour chaque scénario sont présentés dans la suite.

Le cumul des effets entre voies et substances se traduit, en toute rigueur, par la sommation des quotients de danger ou des excès de risque individuel, selon les règles suivantes :

- Pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger, uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible,
- Pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risque individuel.

Source : Circulaire du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable du 8 février 2007.

En première approche maximisante, toutes les substances ont été cumulées en fonction de leur caractère toxique (sans distinction des organes cibles) ou cancérogène.

Rappel : Circulaire du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable du 8 février 2007.

Les critères d'acceptabilité des risques calculés sont ceux qui sont usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ces critères doivent donc impérativement être les suivants :

- Pour les effets à seuils, le quotient de danger théorique doit être inférieur à 1 ; l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du quotient de danger est supérieure à 1 ;
 - Pour les effets sans seuils, l'excès de risque individuel théorique doit être inférieur à 1.10^{-5} (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).
-

6.8.2. Scénario « Adultes et Enfants – Usagers » – source gaz du sol

Les feuilles de calculs des risques sanitaires sont répertoriées en annexe 7.

Les niveaux de risques sanitaires calculés sont les suivantes :

				Inhalation de vapeurs d'éléments chimiques	
				Usagers du site Parking Extérieur	
				Adulte	Enfant
Effet avec seuil	Quotient de Danger (QD)	Molécules non cancérigènes	Métaux lourds	N°CAS	
			Mercur (Hg)	7439-97-6	2,37E-03
			4,03E-03		
			Hydrocarbures		
			ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	7,94E-04
			ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,65E-05
			AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	6,95E-05
			AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	4,62E-04
			AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,42E-04
			BTEX		
			Benzène	71-43-2	9,93E-02
			Toluène	108-88-3	3,27E-04
			Ethylbenzène	100-41-4	1,46E-05
			Xylène	1330-20-7	2,87E-03
			COHV		
			Trichloroéthylène	79-01-6	9,82E+00
			Tétrachloroéthylène	127-18-4	3,16E-03
			HAP		
			Naphtalène	91-20-3	2,34E-04
			Benzo(a)pyrène	50-32-8	
			Phénol	108-95-2	1,21E-03
			Cyanures	74-90-8 HCN	2,33E-02
			DIOXINES		
			Dioxines TEQ	-	6,36E-10
			Somme totale (cible / voie d'exposition)		9,95E+00
					1,69E+01
Effet sans seuil	Excès de risque individuel (ERI)	Molécules cancérigènes	Métaux lourds		
			Mercur (Hg)	7439-97-6	
			Hydrocarbures		
			ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
			ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
			AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	
			AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
			AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
			BTEX		
			Benzène	71-43-2	9,96E-06
			Toluène	108-88-3	
			Ethylbenzène	100-41-4	1,57E-08
			Xylène	1330-20-7	
			COHV		
			Trichloroéthylène	79-01-6	3,45E-05
			Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,41E-08
			HAP		
			Naphtalène	91-20-3	1,02E-08
			Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,98E-13
			Phénol	108-95-2	
			Cyanures	74-90-8 HCN	
			DIOXINES		
			Dioxines TEQ	-	4,14E-13
			Somme par voie d'exposition et cible		4,45E-05
					1,51E-05

Noir : Non Déterminé – Absence de VTR

Tableau 11 : Scénario « Adultes & Enfants » – Source Gaz du Sol – QD et ERI

Les niveaux de risques sanitaires estimés pour la voie d'exposition inhalation de vapeurs de polluants volatils dans l'air ambiant extérieur sont :

- ⇒ pour le scénario « Adultes - Usager Parking » supérieurs (QD : 9,95 et ERI : 4,45E-05) aux valeurs de références,
- ⇒ pour le scénario « Enfants - Usager Parking » supérieurs (QD : 16,9 et ERI : 1,51E-05) aux valeurs de références.

Les niveaux de risques sanitaires sont évalués comme non acceptables considérant les polluants et scénario retenus.

Les paramètres prépondérants dans l'apparition du risque sanitaire sont :

- Le Trichloréthylène (QD : 16,7 et ERI : 1,17E-05) qui intervient pour 99% du QD et 78% de l'ERI total,
 - Le Benzène (QD : 0,0993 et ERI : 9,96E-06) qui intervient pour 1% du QD et 22% de l'ERI total.
-

7. OBJECTIFS DE DEPOLLUTION

7.1. Méthodologie

Les objectifs de dépollution sont déterminés en réalisant des calculs de risques sanitaires en rentrant les concentrations en polluants dans les sols pour que les Quotients de Danger (QD) et les Excès Risque Individuel (ERI) deviennent acceptables, pour les usages suivants :

- **Présence d'adultes et enfants usagers du site d'étude dans le cadre du projet de Parking extérieur.**

Les seuils de dépollution à atteindre sont déterminés pour les substances identifiées comme prépondérantes dans l'évaluation des risques sanitaires et présentant un risque sanitaire non acceptable, c'est à dire pour les :

⇒ sols : Le Trichloroéthylène et le Benzène

Les seuils de dépollution doivent être réalistes par rapport aux techniques de dépollution existantes.

Les données directes de calculs permettent de viser **un objectif de dépollution dans les différents milieux (Gaz du sol et Sols).**

Ces objectifs sont calculés pour les polluants traceurs à l'origine du risque en diminuant les concentrations d'entrée de la modélisation (données en **rouge**). Ces objectifs de dépollutions sont établies par variation simultanée des polluants, afin d'intégrer les phénomènes de synergie, en respectant la part unitaire de chaque traceur dans l'apparition du risque.

Les polluants ne représentant pas, en l'état, un risque pour la santé, sont également retenus.

7.2. Objectifs de dépollution

Les objectifs de dépollution sont les suivants :

Paramètres	N°CAS	OBJECTIFS DEPOLLUTION			
		Unité	Sol	Unité	Gaz du Sol
Métaux					
Mercuré (Hg)	7439-97-6	mg/kg	1,5	mg/m3	2,27E+00
Hydrocarbures					
Ar >C8-C10	TPHCWG	mg/kg	0,341	mg/m3	1,36E+01
Ar >C10-C12	TPHCWG	mg/kg	13	mg/m3	9,04E+01
Ar >C12-C16	TPHCWG	mg/kg	84	mg/m3	2,78E+01
Al >C10-C12	TPHCWG	mg/kg	13	mg/m3	7,78E+02
Al >C12-C16	TPHCWG	mg/kg	84	mg/m3	3,58E+01
BTEX					
Benzène	71-43-2	mg/kg	2,5	mg/m3	1,43E+03
Toluène	108-88-3	mg/kg	6,59	mg/m3	1,84E+03
Ethylbenzène	100-41-4	mg/kg	0,114	mg/m3	1,91E+01
Xylène total	1330-20-7	mg/kg	2,387	mg/m3	3,34E+02
Mésitylène	108-67-8	mg/kg	0,227	mg/m3	cf. Ar>C8-C10
Pseudocumène	95- 63-6	mg/kg	0,114	mg/m3	cf. Ar>C8-C10
HAP					
Naphtalène	91-20-3	mg/kg	0,5	mg/m3	1,27E+00
Equivalent Benzo(a)pyrène pour calcul effet cancérigène	50-32-8	mg/kg	0,5	mg/m3	1,66E-06
COHV					
Trichloroéthylène	79-01-6	mg/kg	2,5	mg/m3	1,19E+03
Tétrachloroéthylène	127-18-4	mg/kg	0,221	mg/m3	1,72E+02
Phénol	108-95-2	mg/kg	0,6	mg/m3	2,90E+01
Cyanures totaux	74-90-8 (HCN)	mg/kg	0,22	mg/m3	9,44E+00
Dioxines	-	ng/kg	8,62	mg/m3	1,78E-10

Tableau 12 : Objectifs de dépollution sols – Gaz du sol

8. INCERTITUDES

8.1. Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages

L'évaluation quantifiée des risques sanitaires a été menée en considérant les caractéristiques du projet d'aménagement connues à la date du présent rapport, à savoir la création d'un parking extérieur, avec présence d'usagers adultes et enfants.

Pour toute autre affectation des terrains et de la zone impactée, il est nécessaire de reprendre les calculs de risques sanitaires. Si d'autres scénarii devaient être envisagés, de nouveaux calculs sont nécessaires.

8.2. Substances et concentrations retenues

Les facteurs clefs qui influencent le risque sont donc les concentrations et profondeurs retenues, issues des résultats analytiques obtenues dans le cadre d'investigations antérieures.

Pour rappel, les investigations, dont l'objectif est la caractérisation de l'état des milieux à partir d'une reconnaissance du sous-sol, ont été orientées sur la base d'une étude historique des activités à risques potentiels, des données existantes et des résultats analytiques obtenus lors d'études antérieures.

Les prélèvements réalisés sont donc des prélèvements ponctuels réalisés à un instant et en un point donné. Ils présentent donc une incertitude quant à leur représentativité. Les investigations ont été réalisées selon une approche proportionnée aux enjeux, au projet, délais et coûts de réalisation. Le nombre d'analyse réalisé est limité par les coûts correspondants.

L'approche proportionnée mise en œuvre ne permet pas toutefois de lever la totalité des incertitudes. La présence de poches de pollutions avec des concentrations plus importantes ne peut être exclue.

La réduction des incertitudes relative à ces écarts nécessiterait la réalisation d'investigations complémentaires à intégrer à la réalisation de la mise en conformité et sécurisation du site par rapport à son usage.

Concernant les analyses en laboratoire, celles-ci ont été réalisées selon des méthodes normalisées par un laboratoire accrédité. Les incertitudes de la présente étude sont proportionnelles aux variations des concentrations et incertitudes analytiques.

Compte tenu de l'hétérogénéité des polluants répertoriés, une approche majorante a été retenue pour l'évaluation des risques sanitaires. Ainsi, la concentration maximale dans les gaz du sol, obtenue par modélisation depuis les concentrations sol ou par mesure directe dans les gaz du sol, de chaque élément a été retenue dans le cadre de l'évaluation des risques.

L'évaluation des risques sanitaires réalisée à partir des concentrations gaz du sol mesurées directement dans le milieu gaz du sol met en évidence la présence d'un risque sanitaire acceptable. Il est à noter qu'une unique campagne de mesure des gaz du sol ne peut être considérée comme représentative du potentiel de relargage des polluants, notamment du fait de la variabilité et incertitudes relatives aux conditions climatiques (Pression atmosphériques, T°C, etc.). La réalisation de plusieurs campagnes de mesures permettrait de réduire ces incertitudes.

Les substances retenues dans l'évaluation des risques sanitaires sont les suivantes :

- Hydrocarbures (HCT C10-C16),
 - Composés aromatiques volatils (CAV) : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Mésitylène et Pseudocumène
 - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) en mélange et notamment du Naphtalène,
 - Composés Organo Halogénés Volatils (COHV) : Trichloroéthylène (TCE) et Tétrachloroéthylène (PCE),
 - Mercure (Hg),
 - Cyanures totaux,
 - Dioxines,
 - Phénol.
-

En matière d'analyses des risques sanitaires, une approche produit a été privilégiée à une approche mélange, hormis pour les HAP. L'utilisation des facteurs d'équivalence toxique (FET) a été retenue pour l'analyse du mélange de HAP, conformément aux prescriptions de l'INERIS dans son rapport du 18 décembre 2003. Le tableau suivant reprend le détail des calculs des Equivalents Benzo(a)pyrène.

FET sol								
Famille	CAS	Traceur	Concentration retenue (mg/l)	VTR avec seuil renseignée	FET	Equivalent B(a)P (mg/kg)	Représentativité du potentiel toxique	Concentration équivalente en B(a)P (mg/l)
HAP	85-01-8	phénanthrène	78		0,001	0,078	0,21%	37,60392
	86-73-7	fluorène	11		0,001	0,011	0,03%	
	129-00-0	pyrène	66		0,001	0,066	0,18%	
	91-20-3	naphtalène	0,5		0,001	0,0005	0,00%	
	83-32-9	acénaphène	0,42		0,001	0,00042	0,00%	
	120-12-7	anthracène	24		0,010	0,24	0,64%	
	206-44-0	fluoranthène	87		0,001	0,087	0,23%	
	50-32-8	benzo(a)pyrène	27		1,000	27	71,80%	
	53-70-3	dibenzo(ah)anthracène	<LQ		1,000	-	-	
	205-99-2	benzo(b)fluoranthène	34		0,100	3,4	9,04%	
	56-55-3	benzo(a)anthracène	31		0,100	3,1	8,24%	
	193-39-5	indéno(1,2,3-cd)pyrène	19		0,100	1,9	5,05%	
	207-08-9	benzo(k)fluoranthène	13		0,100	1,3	3,46%	
	191-24-2	benzo(ghi)peryène	17		0,010	0,17	0,45%	
	208-96-8	acénaphthylène	11		0,001	0,011	0,03%	
	218-01-9	chrysène	24		0,010	0,24	0,64%	

8.3. Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence

Le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence a été réalisé conformément aux dispositions de la circulaire n°2006- 234 du 30 mai 2006. Ce choix est à priori sécuritaire mais ne tient pas compte des qualités scientifiques des différentes valeurs retenues.

Les relations dose-réponse utilisées dans la présente étude sont celles disponibles en l'état actuel des connaissances.

En particulier, les éléments suivants ont été pris en compte :

- Aucune VTR n'est disponible dans les bases de données pour les Hydrocarbures totaux C10-C40. Seule existe des VTR en inhalation pour les TPH en répartition de fractions. Bien que les TPH n'est pas été non détectés dans les gaz du sol, les fractions potentiellement volatiles (C10-C16) détectés dans les sols en hydrocarbures totaux seront retenues pour évaluation des risques sanitaires, en tant que TPH Aromatique et Aliphatique (>nC10-C12 et >nC12-C16).
- Aucune VTR n'est disponible dans les bases de données pour les CAV détectés (Mésitylène et Pseudocumène). Ces molécules sont des Hydrocarbures Aromatiques (C9H12). Les concentrations identifiées peuvent alors être rapprochées des données d'hydrocarbures pour la fraction C8-C10. La somme du Mésitylène et Pseudocumène répertoriée en S9-1 (0,341 mg/kg) a été retenue et considérée comme TPH Aromatique >nC8-C10.
- Les VTR retenues pour les Hydrocarbures totaux (C10-C16), Mésitylène et Pseudocumène dans les sols sont celles appliquées aux TPH, issues des rapports TPHCWG. Pour les HAPs, les Facteurs d'Equivalent Toxique (FET) ont été retenus. Pour les Cyanures totaux, les VTR du Cyanure d'hydrogène a été retenu.

Dans une approche sécuritaire, toutes les substances ont été cumulées en fonction de leur caractère toxique (sans distinction des organes cibles) ou cancérigène.

8.4. Incertitudes liées aux modèles utilisés

Les modèles JOHNSON ET ETTINGER et RBCA sont reconnus internationalement.

Les principales hypothèses appliquées au modèle sont les suivantes :

- une source infinie de polluant. Le modèle ne prend pas en compte les phénomènes de transformation chimique des polluants (biodégradation, hydrolyse, oxydoréduction),
- un polluant réparti de manière homogène tout le long du profil et à l'équilibre entre les différentes phases,
- la température, la vitesse des vents et différentiel de pression sont constants dans le temps.

Ces hypothèses sont à priori majorantes.

8.5. Évaluation quantitative des incertitudes

Pour affiner l'évaluation des incertitudes, une étude de sensibilité des principaux paramètres intervenant dans le calcul de risque a été réalisée.

Cette étude a été effectuée sur le modèle d'évaluation de transfert des composés volatils utilisant les équations de JOHNSON ET ETTINGER et RBCA et en choisissant comme substance le Trichloroéthylène sur le compartiment gaz du sol pour le scénario « Adultes – Usager ».

Nous avons fait varier les paramètres considérés comme les plus sensibles selon notre expérience, soit :

- ✓ la fraction de carbone organique,
- ✓ la perméabilité du sol aux gaz,
- ✓ les teneurs en air et en eau du sol,
- ✓ la profondeur de la pollution.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'étude de sensibilité réalisée : nous avons augmenté et diminué la valeur initialement retenue de 10 %. Notons que la première ligne de ce tableau précise les résultats obtenus avec les valeurs initialement retenues.

Pour chacun des paramètres étudiés, deux lignes de résultats apparaissent : la première est obtenue en augmentant de 10 % la valeur du paramètre et la seconde en diminuant de 10 %.

Pour faciliter la lecture des résultats, une colonne précise l'écart, en pourcentage, entre le QD calculé avec la nouvelle valeur de paramètre et celui calculé avec la valeur initiale du paramètre.

Les valeurs négatives correspondent aux risques inférieurs à celui calculé initialement.

Etude de sensibilité du modèle de transfert des composés volatils Johnson Ettinger

Paramètre			Valeur initiale retenue	Valeur testée	QD	Ecart avec paramètres initiaux %
Paramètres initiaux			-	-	9,82	-
$\theta_{a,sol}$	Teneur en air du non saturé	-	0,387	0,425 0,348	9,71 9,93	-1% +1%
$\theta_{w,sol}$	Teneur en eau du non saturé	-	0,103	0,113 0,169	9,71 9,86	-6% +6%
f_{oc}	Fraction de carbone organique	-	0,002	0,0022 0,0018	9,12 10,6	-7% +7%
-	Profondeur de la pollution	m	0,2	0,22 0,18	9,82 9,82	= =
v	Vitesse moyenne du vent	m/s	2,5	2,75 2,25	8,93 10,9	-10% +10%

Tableau 13 : Etude de sensibilité

Aux vues de cette étude de sensibilité, il apparaît que les paramètres engendrant la plus importante variation des indices de risque sont les suivants :

- Vitesse moyenne du vent,
- Teneur en eau du non saturé,
- Fraction de carbone organique.

Concernant ces paramètres, les niveaux de risques sanitaires restent non acceptables, même dans le cas le plus favorable.

8.6. Incertitudes relatives aux caractéristiques du sol

Dans la mesure des données disponibles, les caractéristiques inhérentes au site ont été retenues. Les hypothèses retenues peuvent être considérées comme réalistes.

Dans le cadre de la présente Etude de Risque, les sols ont été assimilés par défaut à des **Limons Sableux** sur la base des données du modèle Johnson et Ettinger (**Sol : SL**).

Aucune analyse granulométrique n'a été réalisée sur le site d'étude.

Les hypothèses retenues sont considérées comme réalistes ou sécuritaires.

8.7. Incertitudes sur la définition des objectifs de dépollution

Les seuils de dépollution à atteindre ont été déterminés pour les substances identifiées comme prépondérantes dans l'évaluation des risques sanitaires et présentant un risque sanitaire non acceptable, à savoir pour les sols : le Trichloroéthylène (et le Benzène en traceur secondaire).

Les données directes de calculs permettent de viser **un objectif de dépollution dans les différents milieux (Gaz du sol et Sols)**.

Le calcul des objectifs dans les différents milieux est soumis aux incertitudes liées aux choix des paramètres des modélisations de diffusion.

Ainsi, les incertitudes peuvent être établies par ordre de grandeur :

- Objectif Air Ambiant : Faible incertitude – Données en relation directe avec les VTR et durée d'exposition,
- Objectif Gaz du sol : Incertitude élevée liée à la modélisation de transfert des gaz du sol vers l'air ambiant extérieur (Modèle RBCA),
- Objectif sol : Incertitude élevée liée à la modélisation de transfert des sols vers l'air ambiant extérieur (Modèles Johnson et Ettinger et RBCA).

Il conviendra de privilégier pour la gestion du site en contexte de réhabilitation la réalisation de **mesures d'air ambiant et gaz du sol**, pour s'affranchir de ces incertitudes, valider les hypothèses prises dans les modélisations de diffusion et réévaluer le risque réel encouru par les usagers du site.

9. CONCLUSION

La présente étude d'évaluation des risques sanitaires a été réalisée, à la demande de l'EPORA, sur le site DUCHESNE à ROMANS-SUR-ISERE (26), dans le cadre du projet d'aménagement d'un parking extérieur au droit des parcelles cadastrales n°239 et 241 de la section BH.

Les objectifs de la présente mission sont :

- la sélection des polluants traceurs adaptés au contexte toxicologique et à la détermination du risque,
- la vérification de la compatibilité ou non de l'état des milieux avec un usage envisagé, compte tenu de la présence de polluants dans les sols du site,
- le cas échéant, la détermination d'objectifs sanitaires de dépollution pour l'atteinte de niveaux de risques acceptables.

Les cibles retenues sont celles issues du projet d'aménagement, à savoir les « Adultes et Enfants – Usagers », présents au droit de la zone impactée par des polluants volatils.

Ainsi la voie d'exposition retenue est l'inhalation de composés volatils provenant des sols et gaz du sol et se diffusant dans l'air ambiant extérieur respiré par la cible « Adultes et Enfants – Usagers ».

Les composés traceurs ont été retenus sur la base de :

- leur présence en tant qu'anomalie anthropique dans les sols et les eaux souterraines,
- leur mobilité et notamment leur volatilité,
- leur toxicité, et la disponibilité de « Valeurs Toxicologique de Référence » (VTR) pour la voie d'exposition considérée.

Ainsi, les polluants traceurs retenus font parties des familles suivantes :

- Hydrocarbures (HCT C10-C16),
- Composés aromatiques volatils (CAV) : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Mésitylène et Pseudocumène,
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) en mélange et notamment du Naphtalène,
- Composés Organo Halogénés Volatils (COHV) : Trichloroéthylène (TCE) et Tétrachloroéthylène (PCE),
- Mercure (Hg),
- Cyanures totaux,
- Dioxines,
- Phénol.

L'évaluation des risques sanitaires du site d'étude est fondée sur :

- le projet d'aménagement du site en tant que parking extérieur avec présence d'usagers (adultes et enfants)
- la connaissance de la pollution des sols et des gaz du sol fondée sur les investigations effectués en septembre et décembre 2013 par APAVE,
- les modes et scénarios d'exposition considérés,
- les hypothèses retenues sur les VTR.

Les niveaux de risques sanitaires estimés pour la voie d'exposition inhalation de vapeurs de polluants volatils dans l'air ambiant extérieur sont supérieurs aux valeurs de seuils d'acceptabilité (QD = 1 et ERI = 1E-05) :

- ⇒ pour le scénario « Adultes – Usagers du Parking » : QD : 9,95 et ERI : 4,45E-05,
- ⇒ pour le scénario « Enfants – Usagers du Parking » : QD : 16,9 et ERI : 1,51E-05.

L'évaluation des risques conclue à un risque sanitaire non acceptable en extérieur pour les expositions par inhalation aux polluants traceurs répertoriés dans les sols et gaz du sol.

Les paramètres prépondérants dans l'apparition du risque sanitaire sont :

- Le Trichloréthylène (QD : 16,7 et ERI : 1,17E-05) qui intervient pour 99% du QD et 78% de l'ERI total,
- Le Benzène (QD : 0,0993 et ERI : 9,96E-06) qui intervient pour 1% du QD et 22% de l'ERI total.

En l'état, les pollutions identifiées en TCE et en Benzène sur le site d'étude, ne sont donc pas compatibles avec l'usage futur prévu.

Les seuils de dépollution à atteindre afin d'assurer la compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur ont été estimés (§ 7.2 Objectifs de dépollution).

Nous rappelons que le calcul des objectifs dans les différents milieux est soumis aux incertitudes liées aux choix des paramètres des modélisations de diffusion.

10. PRECONISATIONS

Conformément aux dispositions prévues par les circulaires du 8 février 2007, APAVE préconise :

- ⇒ La mise en compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur par maîtrise des sources de pollution et/ou des voies de transfert. A cette fin, en outil d'aide à la décision, la réalisation d'un Plan de gestion des pollutions, intégrant un bilan coût-avantages des techniques existantes et une étude de faisabilité est préconisée (missions codifiées PG/AMO selon la norme NFX31-620).
 - ⇒ Afin de valider les hypothèses prises dans la présente modélisation du risque et pour réévaluer le risque réel encouru par les usagers du site, il est préconisé de procéder à la réalisation de 4 mesures d'air ambiant et des gaz du sol (mission codifiée A230/240 selon la norme NFX31-620).
 - ⇒ D'assurer la traçabilité et la conservation de la mémoire de l'état des milieux (dossier de servitudes, hypothèques ...).
 - ⇒ Le cas échéant, en cas d'une modification du projet, des usages et de la destination du site, il conviendra de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages envisagés par la réalisation d'une nouvelle évaluation des risques sanitaires (mission codifiée A320 selon la norme NFX 31-620).
-

BIBLIOGRAPHIE

Réglementation

Code de l'Environnement

Circulaire du **8 février 2007** relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués

Circulaire du **8 février 2007** relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.

Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du **30 mai 2006** 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.

Guides et rapports (liste non exhaustive - cf. portail Internet site et sols pollués Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable)

Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable - guide relatif aux « Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » - **8 février 2007**

INERIS - rapport d'étude n° INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01a - pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risque sanitaire - **21/03/06**

INERIS - rapport d'étude DRC-05-57278-DESP/R03a - **15/04/2005** - étude des modèles d'évaluation de l'exposition et des risques liés aux sols pollués - modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur

INERIS - DRC-05-65654/DESP - Formation RC06 « EDR Santé liés aux sites et sols pollués » - Session **2005A** (mars -avril) - divers supports de formations

User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings - EPA Contract Number 68-W-02-33 - revised February 22, **2004** (version 3.1 Johnson and Ettinger (1991) model)

RISC₄ - User's Manual - Lynn R. Spence Spence Engineering Pleasanton, California - Terry Walden BP Oil International Sunbury, UK - **October 2001** - BP

INERIS - Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - MATE - **novembre 2001**

Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes - applications dans un contexte d'Evaluation Détaillée des Risques pour les ressources en eau - document du BRGM 300 - **2001**

Guide « Gestion des sites pollués - Diagnostic approfondi et Evaluations Détaillées des Risques » (Version 0 de **juin 2000**).

Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - document général - version 1 - GT sols pollués - santé publique - **22/04/99**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 5 - Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites : Implementing the Working Group Approach - **June 1999**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 4 - Development of Fraction Specific Reference Doses (RfDs) and Reference Concentrations (RfCs) for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) - **1997**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 3 - Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Considérations - **july 1997**

National Institute of Public Health and the environment Bilthoven, The Netherlands - report n°715810014 - the VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds - MFW Waitz, JI Freijer, P Kreule, FA Swartjes - **may 1996**

ASTM E 1739-95 - Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites.

Heuristic Model for Predicting the Intrusion Rate of Contaminant Vapors into Buildings - Paul C. Johnson and Robert A. Ettinger - Shelle Development, Westhollow Research Center, Houston, Texas 77251 - Environ. Sci. technol. **1991**, vol. 25, n°8, 1445- 1452 - American Chemical Society

Conditions d'utilisation du rapport

Le présent rapport (dans son intégralité) :

- est réalisé pour le donneur d'ordre selon le contrat passé avec l'APAVE SUDEUROPE
- est la propriété exclusive du donneur d'ordre
- est basé sur les limites et incertitudes à la date de sa rédaction des :
 - connaissances techniques, réglementaires, normatives et scientifiques disponibles et applicables...
 - informations transmises à l'APAVE SUDEUROPE
- est limité à une emprise spatiale précise à la date de son élaboration

Le présent rapport est un tout indissociable, une utilisation partielle ou toute interprétation, ou décisions prises à l'issue de son élaboration et/ou en dehors de ses limites de validité ne saurait engager la responsabilité de l'APAVE SUDEUROPE.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Localisation des sondages – Campagnes de septembre et décembre 2012

Annexe 2 Résultats analytiques – Campagnes de septembre et décembre 2012

Annexe 3 Schéma de localisation des ZSP – Parcelles n°239 / 241 section BH

Annexe 4 Caractéristique des polluants

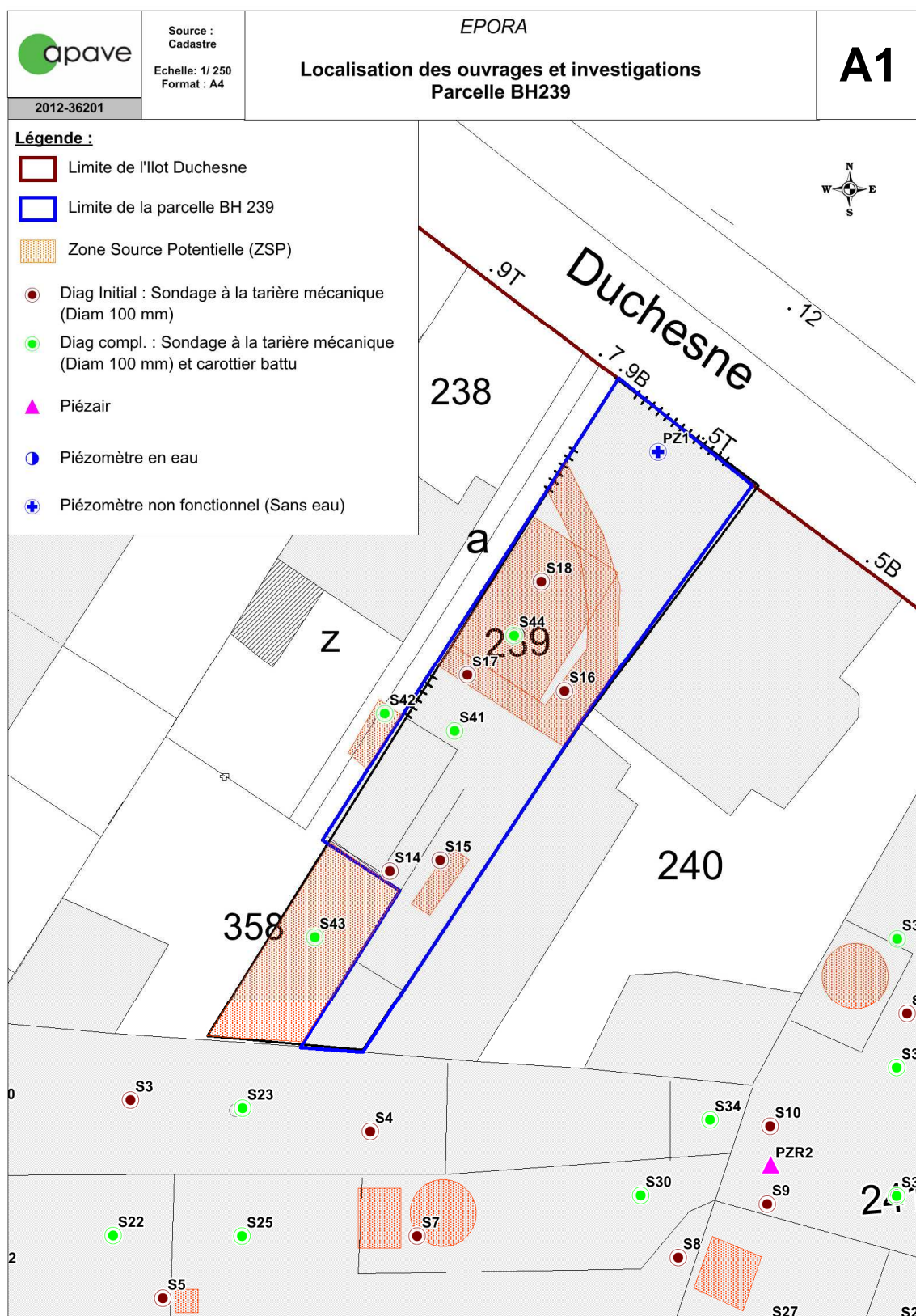
Annexe 5 Propriétés physico-chimiques

Annexe 6 Exemple feuille de calculs RBCA









Annexe 7 Calculs de risques sanitaires

**ANNEXE 1 SCHEMA
DE LOCALISATION
DES SONDAGES**

Les plans de localisation des investigations réalisées en septembre et décembre 2012 sont les suivants.



Légende :

-  Limite de l'Ilot Duchesne
-  Limite de la parcelle BH 241
-  Zone Source Potentielle (ZSP)
-  Diag Initial : Sondage à la tarière mécanique (Diam 100 mm)
-  Diag compl. : Sondage à la tarière mécanique (Diam 100 mm) et carottier battu
-  Piézair
-  Piézomètre en eau
-  Piézomètre non fonctionnel (Sans eau)



240

2.1

Cuve3
Cuve1
Cuve2
PZ3

255

441

442

443

444

445

446

438

435

43

436

437

S33

S32

S31

PZR2

S10

S9

S34

S30

S8

S27

S28

S29

S36

S37

S13

S39

S40

PZ2

5

6

6B

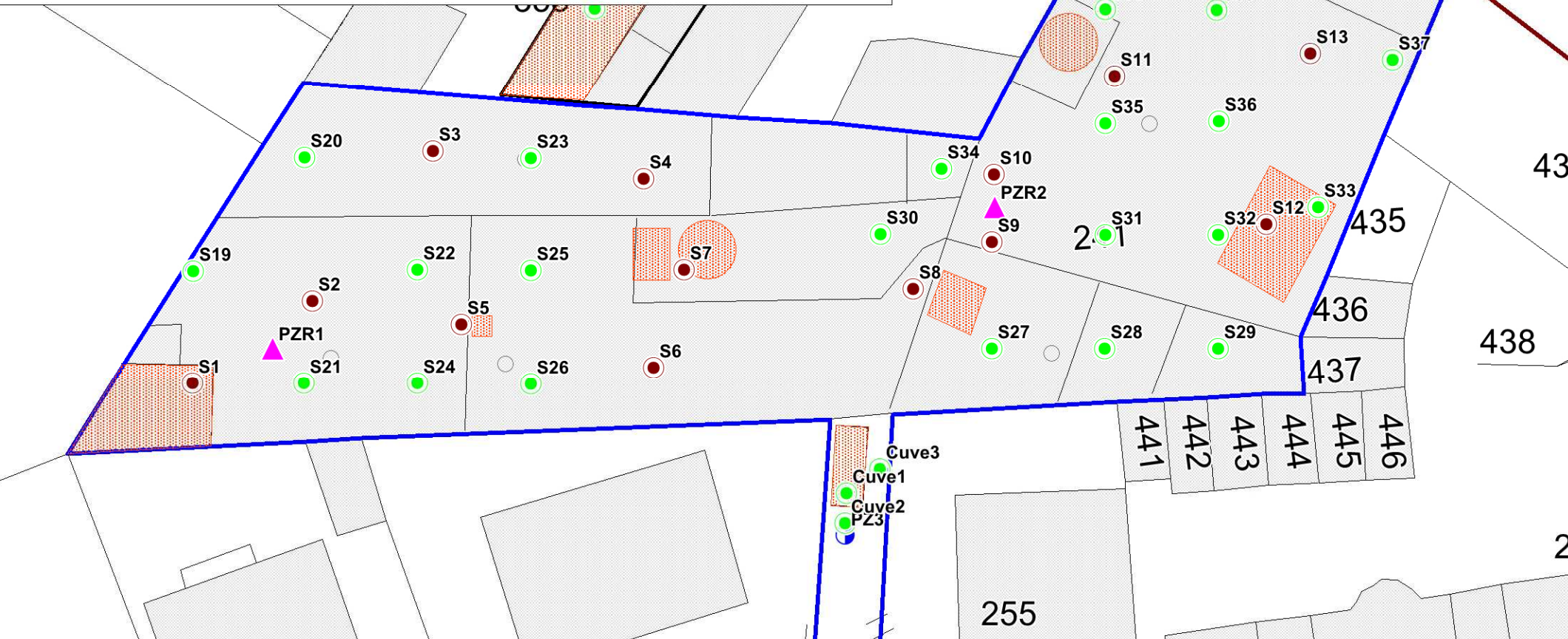
7

8

10

595

115



**ANNEXE 2
RESULTATS
ANALYTIQUES**

Les résultats analytiques obtenus lors des investigations de septembre et décembre 2012 sont les suivants :

⇒ **Parcelle BH 241 : SOL**

					Résultats diagnostic approfondi											
Paramètre	Catégorie ASPITET			Unité	S24-1	S24-2	S25-1	S26-1	S27-1	S28-1	S29-1	S30-1	S31-1	S32-1	S33-1	S34-1
	Valeurs dans les sols ordinaires	Anomalies naturelles modérées	Anomalies naturelles fortes		Litho	R	LSA	R	Rn	Rn	Rn	Rn	LSA	Rn	Rn	LS
				Position	Surf	Prof	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf
Antimoine (Sb)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	<10	<10	45	87	76	50	38	15	<10	<10
Arsenic (As)	1 à 25	30 à 60	60 à 284	mg/kg	9	10	13	26	66	180	100	37	59	48	16	11
Baryum (Ba)	-	-	-	mg/kg	64	53	200	200	160	170	250	420	140	110	53	39
Cadmium (Cd)	0.05 à 0.45	0.7 à 2	2 à 16	mg/kg	<0,5	<0,5	1,6	<0,5	1,6	12	7,3	16	3	0,5	<0,5	<0,5
Chrome (Cr) total	10 à 90	90 à 150	150 à 3180	mg/kg	25	20	46	26	22	83	42	570	48	31	23	16
Cuivre (Cu)	2 à 20	20 à 62	65 à 102	mg/kg	19	12	72	140	210	3100	1400	140	800	220	42	14
Mercure (Hg)	0.02 à 0.10	0.15 à 2.3	-	mg/kg	0,4	0,1	0,6	1,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,2
Molybdène (Mo)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nickel (Ni)	2 à 60	60 à 130	130 à 2076	mg/kg	13	19	16	19	28	100	53	38	32	40	21	19
Plomb (Pb)	9 à 59	60 à 90	100 à 3000	mg/kg	41	19	930	81	430	850	750	800	610	130	50	23
Sélénium (Se)	0.1 à 0.7	0.8 à 2.0	2.0 à 4.5	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinc (Zn)	10 à 100	100 à 250	250 à 3800	mg/kg	45	37	140	110	170	450	310	790	930	75	42	46

					Résultats diagnostic approfondi											
Paramètre	Catégorie ASPITET			Unité	S35-1	S35-2	S36-1	S37-1	S37-3	S38-1	S39-1	S40-1	PZR1-1	PZR2-1	Cuve 1	Cuve 2-1
	Valeurs dans les sols ordinaires	Anomalies naturelles modérées	Anomalies naturelles fortes		Litho	Rn	LS	LSA	LS	LS	LS	LS	Rn	R	R (S)	R
				Position	Surf	Prof	Surf	Surf	Prof	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf
Antimoine (Sb)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	47	<10	<10	<10
Arsenic (As)	1 à 25	30 à 60	60 à 284	mg/kg	48	10	13	11	5	9	7	14	170	9	5	23
Baryum (Ba)	-	-	-	mg/kg	93	67	49	38	21	29	27	34	290	39	32	120
Cadmium (Cd)	0.05 à 0.45	0.7 à 2	2 à 16	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,4	10	<0,5	<0,5	0,6
Chrome (Cr) total	10 à 90	90 à 150	150 à 3180	mg/kg	20	25	19	22	18	18	24	33	230	16	11	39
Cuivre (Cu)	2 à 20	20 à 62	65 à 102	mg/kg	94	27	33	19	9	11	10	520	790	19	11	86
Mercure (Hg)	0.02 à 0.10	0.15 à 2.3	-	mg/kg	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	<0,1	<0,1	0,2
Molybdène (Mo)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	28	<10	<10	<10
Nickel (Ni)	2 à 60	60 à 130	130 à 2076	mg/kg	28	24	20	22	13	20	11	25	370	13	12	40
Plomb (Pb)	9 à 59	60 à 90	100 à 3000	mg/kg	170	42	74	23	<10	13	57	42	920	36	<10	110
Sélénium (Se)	0.1 à 0.7	0.8 à 2.0	2.0 à 4.5	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinc (Zn)	10 à 100	100 à 250	250 à 3800	mg/kg	78	52	38	35	24	28	18	82	2700	40	24	120

N° d'échantillon			S28-1	S42-1	PZR1-1
Zone source			2/3	A	1
Analyse physique	unité	valeur limite (AM du 18/11/11)			
Matière sèche	% mass MB		86,5	80,5	85,2
Dibenzodioxines polychlorés (PCDD)					
2,3,7,8 TCDD	ng/kg MS		<0,3	<0,3	<0,3
1,2,3,7,8 PeCDD	ng/kg MS		2,9	<0,6	<0,6
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg MS		2,5	<0,9	<0,9
1,2,3,6,7,8 HxCDD	ng/kg MS		4,2	<0,9	<0,9
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg MS		3,4	<0,9	<0,9
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	ng/kg MS		21	<4,5	<4,5
Octa CDD	ng/kg MS		28	15	<15
Somme des tetra CDD	ng/kg MS		55	1,5	<3
Somme des penta CDD	ng/kg MS		70	<6	<6
Somme des Hexa CDD	ng/kg MS		79	<9	<9
Somme des hepta CDD	ng/kg MS		41	4,7	<9
Somme des TCDD restants	ng/kg MS		55	1,5	<3
Somme des PeCDD restants	ng/kg MS		67	<6	<6
Somme des HxCDD restants	ng/kg MS		69	<9	<9
Somme des HpCDD restants	ng/kg MS		20	4,7	<9
Dibenzofuranes polychlorés (PCDF)					
2,3,7,8 TCDF	ng/kg MS		3,5	0,89	<0,6
1,2,3,7,8 PeCDF	ng/kg MS		2,8	<0,6	<0,6
2,3,4,7,8 PeCDF	ng/kg MS		5,4	0,76	<0,6
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg MS		6,6	1,2	<0,9
1,2,3,6,7,8 HxCDF	ng/kg MS		5,4	<0,9	<0,9
2,3,4,6,7,8 HxBDF	ng/kg MS		6	<0,9	<0,9
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg MS		<0,9	<0,9	<0,9
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	ng/kg MS		23	<4,5	<4,5
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg MS		<4,5	<4,5	<4,5
Octa CDF	ng/kg MS		<15	<15	<15
Somme des tetra CDF	ng/kg MS		57	20	6,8
Somme des penta CDF	ng/kg MS		45	6,1	<6
Somme des Hexa CDF	ng/kg MS		49	7,8	<9
Somme des Hepta CDF	ng/kg MS		30	<18	<18
Somme des TCDF restants	ng/kg MS		53	19	6,8
Somme des PeCDF restants	ng/kg MS		37	5,4	<6
Somme des HxCDF restants	ng/kg MS		31	6,6	<9
Somme des HpCDF restants	ng/kg MS		7,6	<18	<18
Valeurs calculées					
Somme PCDD (tetra-octa)	ng/kg MS		270	22	-/-
Somme PCDF (tetra-octa)	ng/kg MS		180	34	6,8
Somme PCDD + PCDF (tetra-octa)	ng/kg MS		450	56	6,8
I-TE (OTAN CCMS) excl. LOQ	ng/kg MS		7,9	0,6	-/-
I-TE (OTAN CCMS) incl. LOQ	ng/kg MS		8,3	1,9	1,8
I-TE (OTAN CCMS) incl. ½ LOQ	ng/kg MS		8,1	1,3	0,89
TEQ (OMS 1997) excl. LOQ	ng/kg MS		9,3	0,59	-/-
TEQ (OMS 1997) incl. LOQ	ng/kg MS		9,7	2,2	2,1
TEQ (OMS 1997) incl. ½ LOQ	ng/kg MS		9,5	1,4	1
TE-BGA excl. LOQ	ng/kg MS		7,9	0,63	0,068
TE-BGA incl. LOQ	ng/kg MS		8,3	1,9	1,8
Summe I der Chem.-Verbot.-VO	µg/kg MS		0,012	0,0017	-/-
Summe II der Chem.-Verbot.-VO	µg/kg MS		0,043	0,0028	-/-
Summe III der Chem.-Verbot.-VO	µg/kg MS		0,11	0,018	-/-
TEQ (OMS 2005) excl. LOQ	ng/kg MS	10	8,18	0,437	-/-
TEQ (OMS 2005) incl. LOQ	ng/kg MS	10	8,62	2,03	1,93
TEQ (OMS 2005) incl. ½ LOQ	ng/kg MS	10	8,4	1,24	0,966
Conformité des résultats en dioxines et furanes à la valeur limite de l'AM du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux			Conforme	Conforme	Conforme

⇒ Parcelle n°241 BH : Eaux souterraines

				AMONT du site	AVAL du site
Paramètres	Limite AM du 11/01/07		Unité	PZ2	PZ3
	Annexe 1	Annexe 2			
12 métaux	Arsenic (As)	10	100	µg/l	<3
	Cadmium (Cd)	5	5	µg/l	<1,5
	Cuivre (Cu)	2		mg/l	<0,005
	Nickel (Ni)	20		µg/l	<10
	Plomb (Pb)	10	50	µg/l	<10
	Zinc (Zn)		5	mg/l	<0,05
	Chrome (Cr)	50	50	µg/l	<5
	Baryum (Ba)			µg/l	41
	Sélénium (Se)			µg/l	<10
	Antimoine (Sb)			µg/l	<5
	Molybdène (Mo)			µg/l	<10
	Mercuré (Hg)	1	1	µg/l	<0,1
HCT	Hydrocarbure Totaux		1	mg/l	<0,05
HAP	Naphtalène			µg/l	<0,02
	Acénaphthylène			µg/l	<0,02
	Acénaphthène			µg/l	<0,02
	Fluorène			µg/l	<0,02
	Phénanthrène			µg/l	<0,02
	Anthracène			µg/l	<0,02
	Fluoranthène (*)			µg/l	<0,02
	Pyrène			µg/l	<0,02
	Benzo(a)anthracène			µg/l	<0,02
	Chrysène			µg/l	<0,02
	Benzo(b)fluoranthène (*)			µg/l	<0,02
	Benzo(k)fluoranthène (*)			µg/l	<0,02
	Benzo(a)pyrène (*)	0,01		µg/l	<0,02
	Dibenzo(ah)anthracène			µg/l	<0,02
	Benzo(ghi)peryène (*)			µg/l	<0,02
	Indéno(123-cd)pyrène (*)			µg/l	<0,02
	Somme des HAP			µg/l	/
	Somme des 4 HAP	0,1		µg/l	/
	Somme des 6 HAP (*)		1	µg/l	/
CAV	Benzène	1		µg/l	<0,5
	Toluène			µg/l	<0,5
	Ethylbenzène			µg/l	<0,5
	Xylène (M+P)			µg/l	<0,5
	Xylène (O)			µg/l	<0,5
	Cumène			µg/l	<0,5
	Mésitylène			µg/l	<0,5
	Ethyltoluène (O)			µg/l	<0,5
	Ethyltoluène (M+P)			µg/l	<0,5
	Pseudocumène			µg/l	<0,5
	Somme des CAV			µg/l	/
COHV	1,1-Dichloroéthylène			µg/l	<0,5
	Dichlorométhane			µg/l	<0,5
	Trans 1,2-Dichloroéthylène			µg/l	<0,5
	1,1-Dichloroéthane			µg/l	<0,5
	Cis-1,2-Dichloroéthylène			µg/l	<0,5
	1,1,1-Trichloroéthane			µg/l	<0,5
	Trichlorométhane			µg/l	<0,5
	Trichloroéthylène	10*		µg/l	<0,5
	Tétrachlorométhane			µg/l	<0,5
	Tétrachloroéthylène	10*		µg/l	<0,5
	Chlorure de vinyle			µg/l	<0,5
	Somme des COHV			µg/l	/

Légende :

<xx
xx
30
1 500

Paramètre non analysé

Valeur inférieure au seuil analytique du laboratoire

Valeur supérieure au seuil analytique du laboratoire

Valeur supérieure aux limites définies par l'annexe 1 de l'AM du 11/01/07

Valeur supérieure aux limites définies par l'annexe 2 de l'AM du 11/01/07

⇒ Parcelle n°241 BH : Gaz du sol

Débit de pompage final : 0,5 l / min						
Paramètre	Unité	PZR1	PZR2	Unité	PZR1	PZR2
COHV						
Temps de pompage (minutes)		130	128			
Dichlorométhane	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0.0308	<0.0313
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/support	<0,2	3,8	mg/m3	<0.0031	0,0594
Trichlorométhane	µg/support	<0,2	<0,2	mg/m3	<0.0031	<0.0031
1,1,1-Trichloroéthane	µg/support	<0,1	<0,1	mg/m3	<0.0015	<0.0016
Tétrachlorométhane	µg/support	<0,2	<0,2	mg/m3	<0.0031	<0.0031
1,1-Dichloroéthylène	µg/support	<0,2	<0,2	mg/m3	<0.0031	<0.0031
Trichloroéthylène	µg/support	23	61	mg/m3	0,3538	0,9531
Tétrachloroéthylène	µg/support	0,8	<0,1	mg/m3	0,0123	<0.0016
Chlorure de vinyle	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0.0308	<0.0313
1,1-Dichloroéthane	µg/support	<0,2	<0,2	mg/m3	<0.0031	<0.0031
Somme des COHV	µg/support	24	65		0,3692	1,0156
CAV						
Temps de pompage (minutes)		-	128			
Benzène	µg/support		<0,5	mg/m3		<0.0078
Toluène	µg/support		0,6	mg/m3		0,0094
Ethylbenzène	µg/support		<0,2	mg/m3		<0.0031
m-, p-Xylène	µg/support		0,4	mg/m3		0,0063
o-Xylène	µg/support		<0,2	mg/m3		<0.0031
Somme des CAV	µg/support		1	mg/m3		0,0156
HAP						
Temps de pompage (minutes)		124	128			
Naphthalène	µg/support	0,02	<0,5	mg/m3	0,0003	<0.0078
Acénaphthylène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Acénaphthène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Fluorène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Phénanthrène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Anthracène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Fluoranthène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Pyrène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Benzo(a)anthracène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Chrysène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Benzo(a)pyrène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Benzo(ghi)peryène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/support	<0,01		mg/m3	<0.0002	
Somme des HAP	µg/support	0,02		mg/m3	0,0003	
TPH						
Temps de pompage (minutes)		124	125			
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	µg/support	<5	<5	mg/m3	<0,08	<0,08
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg/support	<2	<2	mg/m3	<0,032	<0,032

					Résultats diagnostic initial	Résultats diagnostic approfondi			
Paramètre	Catégorie ASPITET			Unité	S17-1	S41-1	S42-1	S43-1	S44-1
	Valeurs dans les sols ordinaires	Anomalies naturelles modérées	Anomalies naturelles fortes	Litho	LSA	LA	R	LS	LA
				Position	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf
Antimoine (Sb)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	440	<10	<10
Arsenic (As)	1 à 25	30 à 60	60 à 284	mg/kg	10	9	42	20	11
Baryum (Ba)	-	-	-	mg/kg	64	49	440	76	110
Cadmium (Cd)	0.05 à 0.45	0.7 à 2	2 à 16	mg/kg	<0,5	<0,5	2.9	<0,5	<0,5
Chrome (Cr) total	10 à 90	90 à 150	150 à 3180	mg/kg	20	20	16	25	27
Cuivre (Cu)	2 à 20	20 à 62	65 à 102	mg/kg	18	17	270	35	21
Mercure (Hg)	0.02 à 0.10	0.15 à 2.3	-	mg/kg	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2
Molybdène (Mo)	-	-	-	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Nickel (Ni)	2 à 60	60 à 130	130 à 2076	mg/kg	19	19	22	22	20
Plomb (Pb)	9 à 59	60 à 90	100 à 3000	mg/kg	32	22	35000	290	80
Sélénium (Se)	0.1 à 0.7	0.8 à 2.0	2.0 à 4.5	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5
Zinc (Zn)	10 à 100	100 à 250	250 à 3800	me/kg	53	47	210	80	64


[illegible]






**ANNEXE 3 SCHEMA
DE LOCALISATION
DES ZSP**

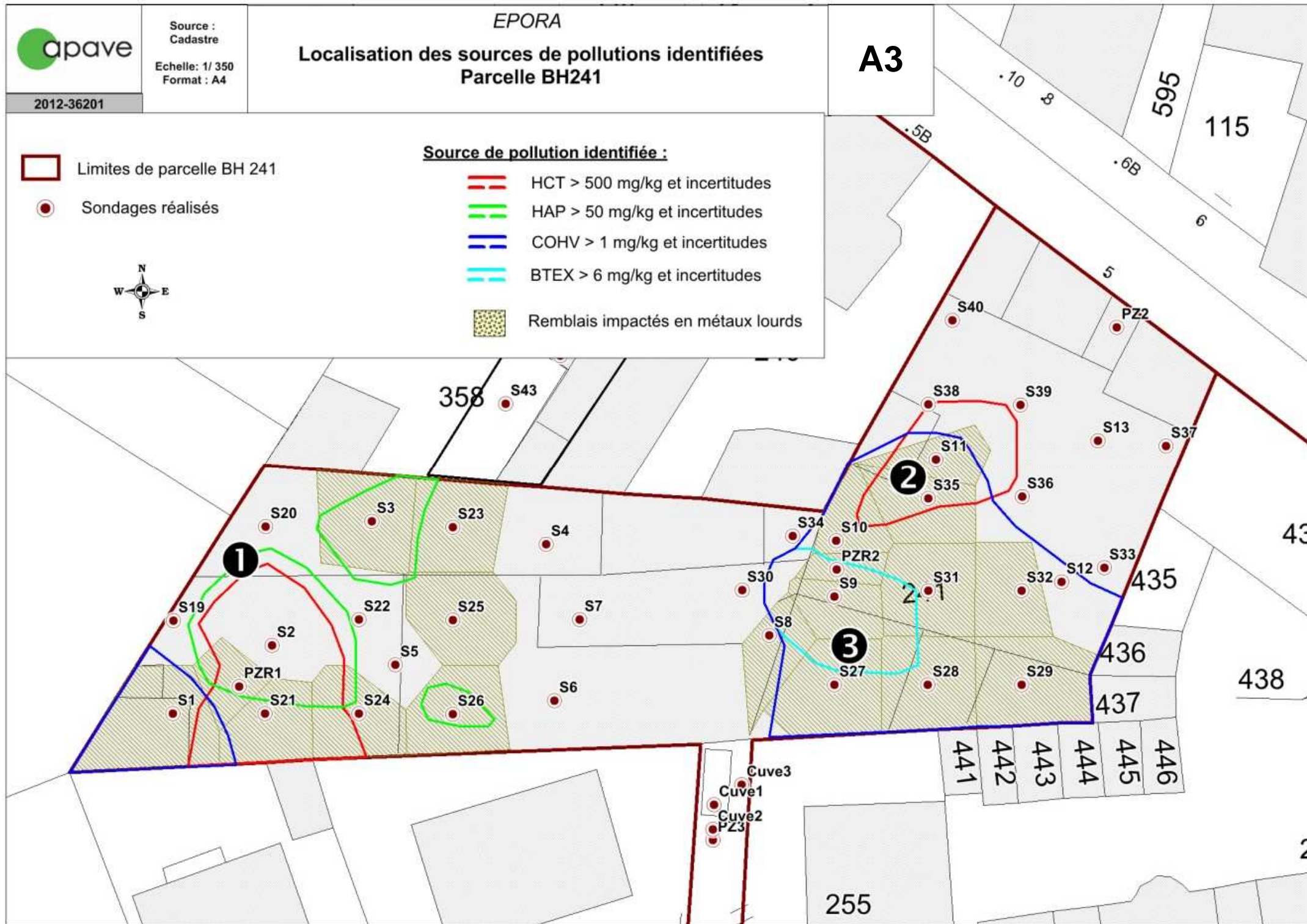
Localisation des sources de pollutions identifiées
Parcelle BH241

A3

2012-36201







 Limites de parcelle BH 241 Sondages réalisésSource de pollution identifiée :

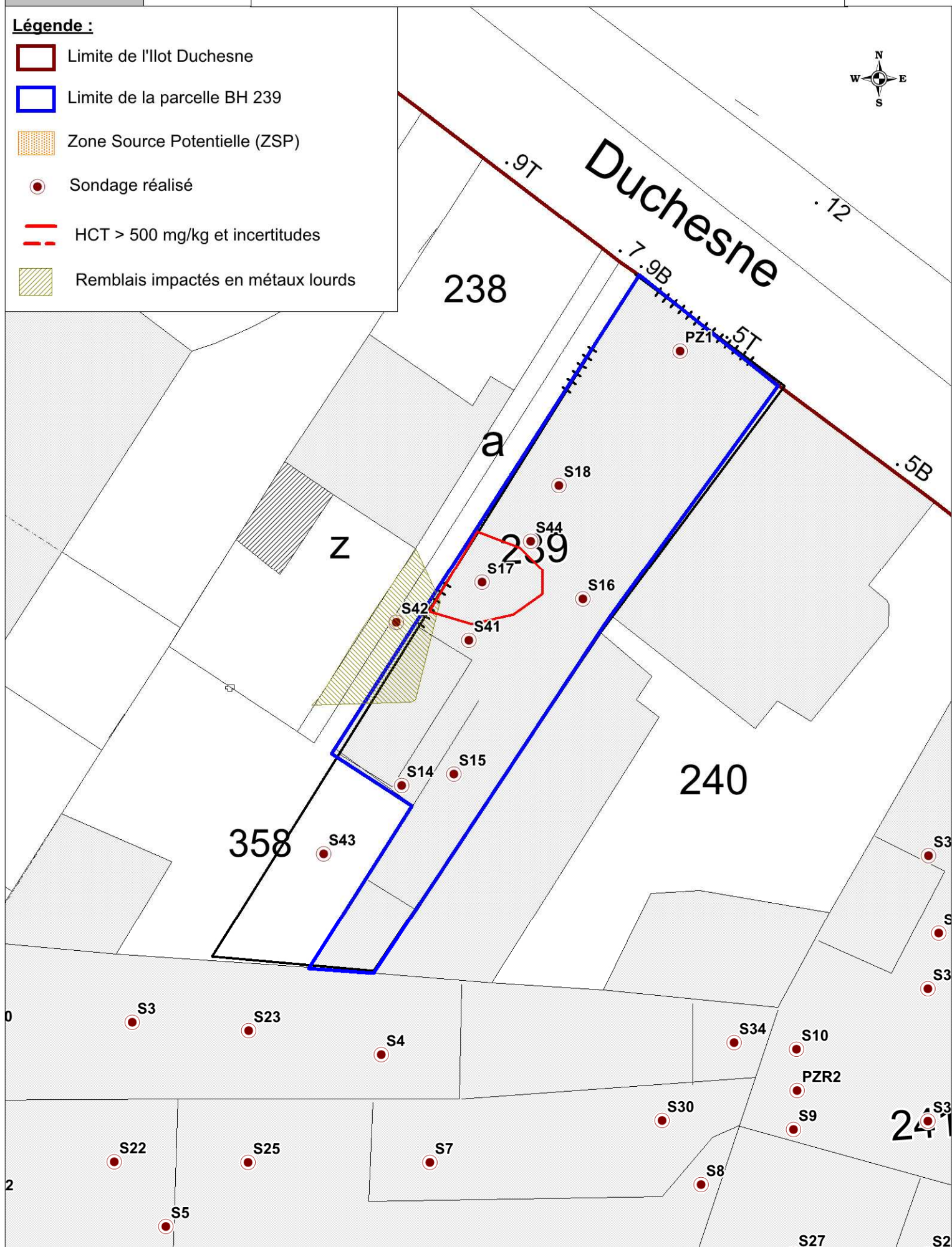
-  HCT > 500 mg/kg et incertitudes
-  HAP > 50 mg/kg et incertitudes
-  COHV > 1 mg/kg et incertitudes
-  BTEX > 6 mg/kg et incertitudes
-  Remblais impactés en métaux lourds



2012-36201

Légende :

-  Limite de l'Ilot Duchesne
-  Limite de la parcelle BH 239
-  Zone Source Potentielle (ZSP)
-  Sondage réalisé
-  HCT > 500 mg/kg et incertitudes
-  Remblais impactés en métaux lourds



<p>ANNEXE 4 CARACTERISTIQUES DES POLLUANTS</p>

Substance	Voie d'exposition	Effets des substances chimiques sur la santé					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Mercure (Hg) N° CAS : 7439-97-6	Inhalation	Mercure élémentaire : effets sur le système nerveux central et le rein Mercure organique : effets respiratoires, gastrointestinaux, musculaires, hépatiques et neurologiques	Non classé cancérogène	Non génotoxique	classé Mercure élémentaire et inorganique : chez les femmes exposées, augmentation des avortements Mercure organique : effets sur le développement neurologique des enfants nés de mères exposées	[1]	Dans l'atmosphère : la plus grande partie du mercure est sous forme élémentaire (forme persistante) Dans les sols, les sédiments et les poissons : diverses formes de mercure peuvent être présentes selon les réactions de méthylation / déméthylation Voir nota 1.	Substance bioaccumulable chez les mollusques et le poisson, bioaccumulable (BCF > 100). Substance considérée comme non bioaccumulable (BCF < 100) chez les végétaux Voir nota 1.	[1]
	Ingestion	Mercure inorganique : effets neurotoxiques Mercure organique : effets sur le cerveau							

Cas du mercure

- Le mercure peut exister sous trois états d'oxydation différents : métallique, mercurieux et mercurique. Ses propriétés et son comportement chimique dépendent fortement de son état d'oxydation, il peut alors se lier avec des composés inorganiques ou organiques. Le mercure élémentaire ne se dépose pas sur les sols, il est transformé en sels de mercure inorganiques avant d'atteindre le sol.
- La principale voie d'exposition est l'ingestion. Le mercure inorganique peut être méthylé dans les sols, l'eau et les milieux biologiques par des bactéries aérobies ou anaérobies. Cette transformation entraîne la formation de méthylmercure. Cette forme organique du mercure est davantage bioaccumulable.
- La voie d'exposition majeure est la voie orale.
- La spéciation de ces différentes espèces a été étudiée par l'USEPA. On considère que le mercure dans l'atmosphère est exclusivement sous forme métallique.
- Le dépôt s'effectue sous forme de mercure inorganique sur les plantes et le sol. Dans le sol, 2 % du mercure inorganique est transformé en méthylmercure, ces deux formes sont alors absorbées indépendamment par les végétaux. Dans les végétaux aériens, 22 % du mercure inorganique est méthylé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Fiche de données toxicologiques du Mercure – INERIS Version 3 – novembre 2006

Cas des composés organiques volatils (COV)

Les références bibliographiques (colonne "source") sont indiquées en fin de ce sous-paragraphe.

Substance	Voie d'exposition	Effets des substances chimiques sur la santé					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Benzène N°CAS : 71-43-2	Inhalation	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hémotoxiques et immunotoxiques. Effets sur le système immunitaire décrits dans le cadre d'expositions professionnelles	Cancérogène de catégorie 1 : La leucémie aiguë myéloïde est l'affection le plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens.	Substance classée mutagène catégorie 2 par l'Union Européenne	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation.	[2]	La substance peut être considérée comme facilement dégradable Substance non persistante dans l'eau (demi-vie de 15 jours)	Non bio-accumulable chez le poisson (BCF < 100) Absence de données concernant la bio-accumulation chez les végétaux	[2]

Substance	Voie d'exposition	Effets des substances chimiques sur la santé					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Ethylbenzène N°CAS : 100-41-4	Inhalation	Chez l'homme : 4 études réalisées chez des salariés ont montré des résultats contradictoires concernant les effets systémiques induits par une exposition chronique par voie pulmonaire à l'éthylbenzène Chez l'animal : les organes cibles sont le foie et le rein	L'éthylbenzène a été examiné mais n'a pas été classé par l'Union Européenne : Chez l'homme, aucune association n'a été trouvée entre l'apparition de cancer et l'exposition par voie pulmonaire à l'éthylbenzène.	Non classé génotoxique par l'Union Européenne	Aucune étude concernant l'effet de l'éthylbenzène sur la reproduction et le développement n'est disponible chez l'homme, quelle que soit la voie d'exposition.	[3]	L'éthylbenzène est uniquement sous forme vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère La volatilisation de l'éthylbenzène dans les sols est un processus significatif	Non bio-accumulable chez le poisson Absence de données concernant la bio-accumulation chez les végétaux	[3]
Tétrachloro-éthène (ou tétrachloro-éthylène) N°CAS : 127-18-4	Inhalation	Effets sur le système nerveux central (effets neurologiques et comportementaux)	Le tétrachloro-éthylène est classé cancérogène probable et possible pour l'homme par l'US EPA Il existe peu de données concernant chez l'homme l'effet cancérogène du naphtalène Chez l'animal : tumeurs au niveau des cellules des tubulures rénaux (rat)	Non classé génotoxique par l'Union Européenne	Non classé par l'Union Européenne	[4]	Persistante pouvant varier entre une demi-vie de deux mois et une dégradation complète en une heure.	Non bio-accumulable chez le poisson (BCF < 100) Absence de données concernant la bio-accumulation chez les végétaux	[4]
Toluène N°CAS : 108-88-3	Inhalation	A concentrations élevées, des effets neurologiques sévères comportant des dysfonctionnements cérébraux, pyramidaux et cognitifs tels que tremblements, ataxie, troubles de la mémoire ainsi qu'une atrophie du cervelet sont décrits.	Ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	Non classé génotoxique par l'Union Européenne	Classé en catégorie 3 par l'UE : substance préoccupante pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement	[5]	Facilement bio-dégradable	Organismes aquatiques : faible potentiel de bio-accumulation Organismes terrestres et végétaux : absence de données	[5]

Substance	Voie d'exposition	Effets des substances chimiques sur la santé					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Trichloro-éthylène (ou trichloroéthène) N°CAS : 79-01-6	Inhalation	Effets sur le système nerveux central Effets possibles sur le foie et le rein	Chez l'homme : classement intermédiaire entre cancérogène probable et possible pour l'homme (US EPA) Les différentes études épidémiologiques n'ont pu établir clairement un lien entre exposition par inhalation au trichloréthylène et cancer Chez l'animal : tumeurs au niveau des testicules (rat)	Le trichloroéthylène a été classé par l'Union Européenne en catégorie 3 "substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets mutagènes"	L'effet du trichloréthylène inhalé sur la fertilité chez l'homme n'a pas été étudié	[6]	Substance peu biodégradable en milieu aérobie	Substance non bioaccumulable chez les organismes aquatiques et chez les végétaux (BCF < 100)	[6]
Xylènes totaux N°CAS : 1330-20-7	Inhalation	Effets sur le système nerveux central Altération de certaines fonctions pulmonaires	Non classé cancérogène par l'Union européenne.	Les études réalisées chez l'homme et chez les animaux ainsi que les études in vitro ont montré que le xylène n'aurait pas d'effet génotoxique.	Cas d'avortements spontanés chez des femmes exposées ou des épouses d'ouvriers exposés sans qu'il puisse être établi de lien direct du fait de l'exposition simultanée à d'autres agents chimiques	[7]	La plus grande partie (99,68 %) des xylènes libérés dans l'environnement se retrouvent dans l'atmosphère DV de : 2,6 h pour le o xylène 1,5 h pour le m xylène 2,4 h pour le p xylène Non persistant dans l'eau et dans les sols	Aucun résultat disponible dans la littérature quant au facteur des bio concentrations dans les végétaux	[7]

ND : non disponible

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [2] Fiche de données toxicologiques du Benzène – INERIS Version 3 – mars 2006
 - [3] Fiche de données toxicologiques de l'Ethylbenzène – INERIS – mai 2005
 - [4] Fiche de données toxicologiques du Tetrachloroéthylène – INERIS – nov. 2006
 - [5] Fiche de données toxicologiques du Toluène – INERIS – novembre 2005
 - [6] Fiche de données toxicologiques du Trichloréthylène – INERIS – mars 2005
 - [7] Fiche de données toxicologiques du Xylène – INERIS Version 2.1 – juin 2006
-

Cas des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les références bibliographiques (colonne "source") sont indiquées en fin de ce sous-paragraphe.

Substance	Voie d'exposition	Effets des substances chimiques sur la santé					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Benzo[a]pyrène N°CAS : 50-32-8	Inhalation	Chez l'homme (exposition cutanée) : effets locaux cutanés	Substance classée "probablement cancérogène pour l'homme"	Substance classée par l'Union Européenne en catégorie 2 "substance devant être assimilée à des substances mutagènes pour l'homme"	Absence d'étude spécifique chez l'homme Substance embryotoxique chez la souris	[8]	Réagit dans l'air en présence d'ozone et de dioxyde d'azote (durées de vie de et de 19 j respectivement) Substance persistante dans les sols	Bio-accumulable chez les organismes aquatiques (BCF > 100) Le Benzo[a]pyrène présent dans l'environnement air/sol peut être prélevé par les plantes (via leurs racines et leurs feuilles).	[8]
	Ingestion	Chez l'animal (exposition par ingestion) : effets sur l'estomac, le foie, les reins, la moelle osseuse							
	Ingestion								
Naphtalène N°CAS : 91-20-3	Inhalation	Effets sur le système sanguin (anémies hémolytiques)	Le naphtalène est classé substance cancérogène pour l'homme par l'US EPA. Il existe peu de données concernant chez l'homme l'effet cancérogène du naphtalène. Chez l'animal : tumeurs au niveau de l'épithélium nasal (rat)	Non classé génotoxique par l'Union Européenne	Très peu de données concernant les effets éventuels du naphtalène sur la reproduction et le développement chez l'homme sont disponibles. Il a été montré qu'après ingestion de naphtalène par la mère pendant la grossesse, les fœtus développaient une anémie hémolytique néonatale.	[9]	Substance rapidement dégradée dans des conditions aérobies Substance persistante dans l'eau de surface (demi-vie de 150 j)	Bio-accumulable chez les organismes aquatiques (BCF > 100) Absence de données concernant la bio-accumulation chez les végétaux	[9]
	Ingestion	Effets sur le système sanguin (anémies hémolytiques)							
	Ingestion	Action systémique rénale du pyrène chez l'animal							

ND : non disponible

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[8] Fiche de données toxicologiques du Benzo[a]pyrène – INERIS – 26/07/2006

[9] Fiche de données toxicologiques du Naphtalène – INERIS – 21/11/2005

Cas des Dioxines

POLLUANT	VOIE D'EXPOSITION	EFFETS DES SUBSTANCES SUR LA SANTE HUMAINE					COMPOTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT		
		EFFETS SYSTEMIQUES POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE	EFFETS CANCERIGENES	EFFETS GENOTOXIQUES ET MUTAGENES	EFFETS SUR LA REPRODUCTION ET LE DEVELOPPEMENT	SOURCE	BIO-DEGRADATION	BIO-ACCUMULATION	SOURCE
DIOXINES	Inhalation	La toxicité de la 2,3,7,8-TCDD chez l'homme n'est actuellement avérée que pour les effets dermatologiques et l'augmentation transitoire des enzymes hépatiques mais on a de plus en plus d'indications en faveur d'une association entre l'exposition aux dioxines et les maladies cardiovasculaires	Faible excès de risque (de l'ordre de 40 %) pour tous cancers confondus à très fortes doses en milieu industriel (risques les plus élevés chez les travailleurs les plus exposés) ; pas de type de cancer prédominant	La 2,3,7,8-TCDD n'est pas mutagène et n'induit pas directement de lésions sur l'ADN, contrairement à la capacité commune des agents génotoxiques	Les différentes études épidémiologiques dont on dispose tendent à conclure à une diminution de la fertilité. Chez l'homme, les dioxines et autres dérivés ont des effets inducteurs de malformations au stade tardif de l'embryogenèse	[10]	Demi-vie de la 2,3,7,8-TCDD dans le sol : de 10 min (photodégradation à la surface d'un sol) à 10 à 12 ans (sol contaminé autour d'une base aérienne militaire en Californie, essentiellement par photolyse)	Les résultats de plusieurs études suggèrent que la biodisponibilité des dioxines pour les plantes est une fonction de la nature et de la quantité de matière organique dans le sol. Celle-ci aurait tendance à fixer les dioxines dans le sol.	[10]
	Ingestion								

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[10] Fiche de données toxicologiques des dioxines - INERIS - Avril 2006

**ANNEXE 5
PROPRIETES
PHYSICO-CHIMIQUES**

Chemical Properties Lookup Table											
CAS No.	Chemical	Organic carbon partition coefficient, K_{oc} (cm ³ /g)	Diffusivity in air, D_a (cm ² /s)	Diffusivity in water, D_w (cm ² /s)	Pure component water solubility, S (mg/L)	Henry's law constant H' (unitless)	Henry's law constant at reference temperature, H (atm·m ³ /mol)	Henry's law constant reference temperature, T_R (°C)	Normal boiling point, T_B (°K)	Critical temperature, T_C (°K)	Enthalpy of vaporization at the normal boiling point, $\Delta H_{v,b}$ (cal/mol)
71432	Benzene	5,89E+01	8,80E-02	9,80E-06	1,79E+03	2,27E-01	5,54E-03	2,50E+01	3,53E+02	5,62E+02	7,34E+03
74908	Hydrogen cyanide	3,80E+00	1,93E-01	2,10E-05	1,00E+06	5,44E-03	1,33E-04	2,50E+01	2,99E+02	4,57E+02	6,68E+03
79016	Trichloroethylene	1,66E+02	7,90E-02	9,10E-06	1,47E+03	4,21E-01	1,03E-02	2,50E+01	3,60E+02	5,44E+02	7,51E+03
91203	Naphthalene	1,25E+03	5,40E-02	7,20E-06	3,18E+01	1,97E-02	4,81E-04	2,50E+01	4,91E+02	7,48E+02	1,04E+04
100414	Ethylbenzene	3,63E+02	7,50E-02	7,80E-06	1,69E+02	3,22E-01	7,86E-03	2,50E+01	4,09E+02	6,17E+02	8,50E+03
108383	m-Xylene	4,07E+02	7,00E-02	7,80E-06	1,61E+02	3,00E-01	7,32E-03	2,50E+01	4,12E+02	6,17E+02	8,52E+03
108883	Toluene	1,82E+02	8,70E-02	8,60E-06	5,26E+02	2,72E-01	6,62E-03	2,50E+01	3,84E+02	5,92E+02	7,93E+03
127184	Tetrachloroethylene	1,55E+02	7,20E-02	8,20E-06	2,00E+02	7,53E-01	1,84E-02	2,50E+01	3,94E+02	6,20E+02	8,29E+03
132649	Dibenzofuran	5,15E+03	2,38E-02	6,00E-06	3,10E+00	5,15E-04	1,26E-05	2,50E+01	5,60E+02	8,24E+02	6,64E+04
7439976	Mercury (elemental)	5,20E+01	3,07E-02	6,30E-06	5,67E-02	2,95E-01	7,21E-03	2,50E+01	6,30E+02	1,75E+03	1,41E+04
12al	HCa >C10 - C12	2,51E+05	1,00E-01	1,00E-05	3,40E-02	1,20E+02	2,93E+00	2,50E+01	4,73E+02	6,53E+02	1,19E+04
16al	HCa >C12 - C16	5,01E+06	1,00E-01	1,00E-05	7,60E-04	5,20E+02	1,27E+01	2,50E+01	5,33E+02	7,22E+02	1,94E+04
50328	Benzo(a)pyrene	5,07E+06	4,50E-02	6,90E-06	3,00E-03	1,62E-05	3,95E-07	2,50E+01	7,68E+02	1,15E+03	2,81E+04
10ar	HCa <C10	1,58E+03	1,00E-01	1,00E-05	6,50E+01	4,80E-01	1,17E-02	2,50E+01	4,23E+02	6,18E+02	1,23E+04
12ar	HCa >C10 - C12	2,51E+03	1,00E-01	1,00E-05	2,50E+01	1,40E-01	3,42E-03	2,50E+01	4,73E+02	6,53E+02	1,19E+04
16ar	HCa >C12 - C16	5,01E+03	1,00E-01	1,00E-05	5,80E+00	5,30E-02	1,30E-03	2,50E+01	5,33E+02	7,22E+02	1,94E+04

**ANNEXE 6 EXEMPLE
FEUILLE CALCUL
RBCA**

Equations du RBCA - sols

Paramètre	Unité	Aliphatic C10-C12	Aliphatic C12-C16	Aromatic C8-C10	Aromatic C10-C12	Aromatic C12-C16	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Naphtalène	Benzo(a)Pyrene	Mercur	TCE	PCE	HCN	Phénol	Dioxines
Cair sol substance	mg/m3	7.78E+02	3.58E+01	1.36E+01	9.04E+01	2.78E+01	3.32E+03	1.84E+03	1.91E+01	3.34E+02	1.27E+00	1.66E-06	2.27E+00	2.44E+04	1.72E+02	9.44E+00	2.90E+01	1.78E-10
vit v	m/s	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
h_mel_adulte	m	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
h_mel_enfant	m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ls	m	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Deff_sol_dalle	m²/s	2.97E-07	2.97E-07	2.97E-07	2.97E-07	2.98E-07	2.62E-07	2.59E-07	2.23E-07	2.50E-07	1.61E-07	2.60E-07	9.13E-08	2.3499E-07	2.14E-07	5.76E-07	2.44E-07	4.17E-08
Long_zp	m	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
h_sol	m	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
h_dalle	m	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Deff_sol	m²/s	5.23E-07	5.23E-07	5.23E-07	5.23E-07	5.23E-07	4.60E-07	4.55E-07	3.92E-07	4.39E-07	2.82E-07	4.57E-07	1.60E-07	4.13E-07	3.76E-07	1.01E-06	4.29E-07	7.32E-08
Deff_dalle	m²/s	2.08E-07	2.08E-07	2.08E-07	2.08E-07	2.08E-07	1.83E-07	1.81E-07	1.56E-07	1.75E-07	1.12E-07	1.82E-07	6.38E-08	1.64E-07	1.50E-07	4.03E-07	1.71E-07	2.91E-08
Deff_sol_dalle	m²/s	2.97E-07	2.97E-07	2.97E-07	2.97E-07	2.98E-07	2.62E-07	2.59E-07	2.23E-07	2.50E-07	1.61E-07	2.60E-07	9.13E-08	2.35E-07	2.14E-07	5.76E-07	2.44E-07	4.17E-08
Dair substance	m²/s	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	8.80E-06	8.70E-06	7.50E-06	8.40E-06	5.40E-06	4.50E-06	3.07E-06	7.90E-06	7.20E-06	1.93E-05	8.20E-06	1.27E-06
Deau substance	m²/s	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	9.80E-10	8.60E-10	7.80E-10	1.00E-09	7.20E-10	6.90E-10	6.30E-10	9.10E-10	8.20E-10	2.10E-09	8.80E-10	6.81E-10
θa,s	-	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
θe,s	-	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
θa,dalle	-	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
θe,dalle	-	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
H	-	1.20E+02	5.20E+02	4.80E+01	1.40E+01	5.30E+02	2.27E+01	2.72E+01	3.22E+01	2.11E+01	1.97E+02	1.62E+05	2.95E+01	4.21E+01	7.53E+01	5.44E+03	4.02E+02	5.15E+04
FAadulte	-	1.22E-05	1.22E-05	1.22E-05	1.22E-05	1.22E-05	1.08E-05	1.07E-05	9.19E-06	1.03E-05	6.62E-06	1.07E-05	3.78E-06	9.68E-06	8.82E-06	2.37E-05	1.00E-05	1.72E-06
FAenfant	-	2.08E-05	2.08E-05	2.08E-05	2.08E-05	2.08E-05	1.83E-05	1.81E-05	1.56E-05	1.75E-05	1.13E-05	1.82E-05	6.39E-06	1.64E-05	1.50E-05	4.03E-05	1.71E-05	2.92E-06
Cair ambiantadulte	mg/m3	9.52E-03	4.38E-04	1.67E-04	1.11E-03	3.41E-04	3.57E-02	1.96E-02	1.76E-04	3.44E-03	8.43E-06	1.78E-11	8.54E-06	2.36E-01	1.51E-03	2.24E-04	2.91E-04	3.05E-16
Cair ambiantenfant	mg/m3	1.62E-02	7.44E-04	2.84E-04	1.88E-03	5.79E-04	6.08E-02	3.34E-02	2.99E-04	5.85E-03	1.43E-05	3.02E-11	1.45E-05	4.01E-01	2.58E-03	3.81E-04	4.95E-04	5.19E-16

Equations du RBCA

$$C_{air\ ambiant} = [FA \cdot C_{air\ sol}]$$

$$Cair_{sol_substance} = \frac{3.32E+03}{(mg/m^3)} \text{ Benzène}$$

$$FA = \frac{1}{1 + \frac{vit_v \times h_mel \times Ls}{Deff_sol_dalle \times long_zp}}$$

vit_v = vitesse du vent (m/s) ;

h_mel = hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m), plus importante chez l'adulte que chez l'enfant ;

Ls = profondeur de la source : épaisseur d'enrobé/dalle béton + épaisseur de sol (m) ;

Deff_sol_dalle = coefficient de diffusion effectif équivalent pour toute la hauteur sol-dalle (m²/s) (calcul présenté ci-dessous) ;

Long_zp = longueur de la zone d'émission (m) : longueur de la zone polluée.

$$Cair_{ambiantadulte} = 3.57E-02 \text{ valeur calculée}$$

$$Cair_{ambiantenfant} = 6.08E-02 \text{ valeur calculée}$$

$$\begin{aligned} vit_v &= 2.5 \text{ Moyenne France} \\ h_mel_adulte &= 1.7 \text{ valeur par défaut considérée pour l'application des modèles de Thibodeaux et du RBCA} \\ h_mel_enfant &= 1 \text{ valeur par défaut considérée pour l'application des modèles de Thibodeaux et du RBCA} \\ Ls &= 0.4 \text{ valeur calculée} \\ Deff_sol_dalle &= 2.62E-07 \text{ valeur calculée} \\ Long_zp &= 70 \text{ valeur à rentrer} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FA_{adulte} &= 1.08E-05 \text{ valeur calculée} \\ FA_{enfant} &= 1.83E-05 \text{ valeur calculée} \end{aligned}$$

$$D_{sol-dalle}^{eff} = \frac{h_{sol} + h_{dalle}}{\frac{h_{sol}}{D_{sol}^{eff}} + \frac{h_{dalle}}{D_{dalle}^{eff}}}$$

hsol = épaisseur de la couche de sol (m) ;

hdalle = épaisseur de la dalle béton (m) ;

Deff_sol = coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s) (calcul présenté ci-après) ;

Deff_dalle = coefficient de diffusion effectif équivalent de la dalle (m²/s) (calcul présenté ci-après) ;

$$Deff_sol = D_{air} \times \frac{\theta_{a,s}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,s}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2}$$

$$Deff_dalle = D_{air} \times \frac{\theta_{a,dalle}^{3.33}}{(\theta_{a,dalle} + \theta_{e,dalle})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,dalle}^{3.33}}{(\theta_{a,dalle} + \theta_{e,dalle})^2}$$

$$\begin{aligned} h_{sol} &= 0.2 \text{ valeur à rentrer} \\ h_{dalle} &= 0.2 \text{ valeur à rentrer} \\ Deff_sol &= 4.60E-07 \text{ valeur calculée} \\ Deff_dalle &= 1.83E-07 \text{ valeur calculée} \end{aligned}$$

Dair = diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s) ;

Deau = diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s) ;

θa,s = teneur en air de la couche de sol (sans dimension) ;

θe,s = teneur en eau de la couche de sol (sans dimension) ;

θa,dalle = teneur en air de la couche de béton (sans dimension) ;

θe,dalle = teneur en eau de la couche de béton (sans dimension) ;

H = constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)

$$\begin{aligned} Dair_substance &= 8.80E-06 \text{ valeur à rentrer en fonction de la substance (Réf. INERIS - US EPA - OMS)} \\ Deau_substance &= 9.80E-10 \text{ valeur à rentrer en fonction de la substance (Réf. INERIS - US EPA - OMS)} \\ \theta_{a,s} &= 20.00\% \text{ valeur à rentrer en fonction du type de sol (Johnson & Ettinger)} \\ \theta_{e,s} &= 10.00\% \text{ valeur à rentrer en fonction des résultats analytiques en laboratoire} \\ \theta_{a,dalle} &= 10\% \text{ valeur moyenne considérée pour un béton classique (donnée CEBTP)} \\ \theta_{e,dalle} &= 5\% \text{ valeur moyenne considérée pour un béton classique (donnée CEBTP)} \\ H &= 2.27E-01 \text{ valeur à rentrer en fonction de la substance (Réf. INERIS - US EPA - OMS)} \end{aligned}$$

<p>ANNEXE 7 CALCULS DE RISQUES SANITAIRES</p>
--

		Inhalation de vapeurs d'éléments chimiques			
				Usagers du site Parking Extérieur	
				Adulte	Enfant
		N°CAS	8,33E-02	8,33E-02	
C expo (mg/m3) ou (mg/kg)	Métaux lourds				
	Mercur (Hg)	7439-97-6	8,54E-06	1,45E-05	
	Hydrocarbures				
	ALPHA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	9,52E-03	1,62E-02	
	ALPHA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	4,39E-04	7,44E-04	
	AROMA TIQUE > C8-C10	TPHCWG	1,67E-04	2,84E-04	
	AROMA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,11E-03	1,88E-03	
	AROMA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,41E-04	5,79E-04	
	BTEX				
	Benzène	71-43-2	3,57E-02	6,08E-02	
	Toluène	108-88-3	1,96E-02	3,34E-02	
	Ethylbenzène	100-41-4	1,76E-04	2,99E-04	
	Xylène	1330-20-7	3,44E-03	5,85E-03	
	COHV				
	Trichloroéthylène	79-01-6	2,36E-01	4,01E-01	
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,51E-03	2,58E-03	
	HAP				
	Naphtalène	91-20-3	8,43E-06	1,43E-05	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,78E-11	3,02E-11	
	Phénol	108-95-2	2,91E-04	4,95E-04	
	Cyanures	74-90-8 HCN	2,24E-04	3,81E-04	
	DIOXINES				
	Dioxines TEQ	-	3,05E-16	5,19E-16	
	DJE calculée (mg/m3/) ou (mg/kg/)	Métaux lourds			
		Mercur (Hg)	7439-97-6	7,12E-07	1,21E-06
		Hydrocarbures			
		ALPHA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	7,94E-04	1,35E-03
		ALPHA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,65E-05	6,20E-05
		AROMA TIQUE > C8-C10	TPHCWG	1,39E-05	2,36E-05
		AROMA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	9,23E-05	1,57E-04
		AROMA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	2,84E-05	4,83E-05
		BTEX			
		Benzène	71-43-2	2,98E-03	5,06E-03
Toluène		108-88-3	1,64E-03	2,78E-03	
Ethylbenzène		100-41-4	1,46E-05	2,49E-05	
Xylène		1330-20-7	2,87E-04	4,87E-04	
COHV					
Trichloroéthylène		79-01-6	1,96E-02	3,34E-02	
Tétrachloroéthylène		127-18-4	1,26E-04	2,15E-04	
HAP					
Naphtalène		91-20-3	7,02E-07	1,19E-06	
Benzo(a)pyrène		50-32-8	1,48E-12	2,52E-12	
Phénol		108-95-2	2,43E-05	4,13E-05	
Cyanures		74-90-8 HCN	1,87E-05	3,17E-05	
DIOXINES					
Dioxines TEQ		-	2,54E-17	4,32E-17	
VTR (mg/m3/) ou (mg/kg/)		Métaux lourds			
		Mercur (Hg)		3,00E-04	3,00E-04
		Hydrocarbures			
		ALPHA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,00E+00	1,00E+00
		ALPHA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,00E+00	1,00E+00
		AROMA TIQUE > C8-C10	TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
		AROMA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
		AROMA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
		BTEX			
		Benzène	71-43-2	3,00E-02	3,00E-02
	Toluène	108-88-3	5,00E+00	5,00E+00	
	Ethylbenzène	100-41-4	1,00E+00	1,00E+00	
	Xylène	1330-20-7	1,00E-01	1,00E-01	
	COHV				
	Trichloroéthylène	79-01-6	2,00E-03	2,00E-03	
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	4,00E-02	4,00E-02	
	HAP				
	Naphtalène	91-20-3	3,00E-03	3,00E-03	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8			
	Phénol	108-95-2	2,00E-02	2,00E-02	
	Cyanures	74-90-8 HCN	8,00E-04	8,00E-04	
	DIOXINES				
	Dioxines TEQ	-	4,00E-08	4,00E-08	
	Quotient de Danger (QD) Molécules non cancérogènes	Métaux lourds	N°CAS		
		Mercur (Hg)	7439-97-6	2,37E-03	4,03E-03
		Hydrocarbures			
		ALPHA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	7,94E-04	1,35E-03
		ALPHA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,65E-05	6,20E-05
		AROMA TIQUE > C8-C10	TPHCWG	6,95E-05	1,18E-04
		AROMA TIQUE > C10-C12	TPHCWG	4,62E-04	7,85E-04
		AROMA TIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,42E-04	2,41E-04
		BTEX			
		Benzène	71-43-2	9,93E-02	1,69E-01
Toluène		108-88-3	3,27E-04	5,56E-04	
Ethylbenzène		100-41-4	1,46E-05	2,49E-05	
Xylène		1330-20-7	2,87E-03	4,87E-03	
COHV					
Trichloroéthylène		79-01-6	9,82E+00	1,67E+01	
Tétrachloroéthylène		127-18-4	3,16E-03	5,37E-03	
HAP					
Naphtalène		91-20-3	2,34E-04	3,98E-04	
Benzo(a)pyrène		50-32-8			
Phénol		108-95-2	1,21E-03	2,06E-03	
Cyanures		74-90-8 HCN	2,33E-02	3,97E-02	
DIOXINES					
Dioxines TEQ		-	6,36E-10	1,08E-09	
Somme totale (cible / voie d'exposition)			9,95E+00	1,69E+01	

		Inhalation de vapeurs d'éléments chimiques	
		Usagers du site	
		Parking Extérieur	
		Adulte	Enfant
		3,57E-02	7,14E-03
C expo (mg/m3) ou (mg/kg)	N° CAS		
	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)	7439-97-6	8,54E-06
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	9,52E-03
	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	4,38E-04
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	1,67E-04
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,11E-03
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,41E-04
DJE calculée (mg/kg) ou (mg/m3j)	BTEX		
	Benzène	71-43-2	3,57E-02
	Toluène	108-88-3	1,96E-02
	Ethylbenzène	100-41-4	1,76E-04
ERU ((mg/kgj)-1 ou (mg/m³j)-1)	Xylène	1330-20-7	3,44E-03
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	2,36E-01
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,51E-03
Excès de risque individuel (ERI)	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	8,43E-06
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,78E-11
	Phénol	108-95-2	2,91E-04
Molécules cancérigènes	Cyanures	74-90-8 HCN	2,24E-04
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	3,05E-16
	Dioxines TEQ	-	5,19E-16
Métaux lourds			
	Mercur (Hg)		3,05E-07
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	3,40E-04
DJE calculée (mg/kg) ou (mg/m3j)	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,56E-05
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	5,96E-06
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	3,96E-05
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,22E-05
ERU ((mg/kgj)-1 ou (mg/m³j)-1)	BTEX		
	Benzène	71-43-2	1,28E-03
	Toluène	108-88-3	7,01E-04
	Ethylbenzène	100-41-4	6,27E-06
Excès de risque individuel (ERI)	Xylène	1330-20-7	1,23E-04
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	8,42E-03
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	5,41E-05
Molécules cancérigènes	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	3,01E-07
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,35E-13
	Phénol	108-95-2	1,04E-05
Métaux lourds	Cyanures	74-90-8 HCN	8,00E-06
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	1,09E-17
	Dioxines TEQ	-	3,71E-18
Excès de risque individuel (ERI)	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)		
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
DJE calculée (mg/kg) ou (mg/m3j)	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
ERU ((mg/kgj)-1 ou (mg/m³j)-1)	BTEX		
	Benzène	71-43-2	7,80E-03
	Toluène	108-88-3	
	Ethylbenzène	100-41-4	2,50E-03
Excès de risque individuel (ERI)	Xylène	1330-20-7	
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	4,10E-03
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,60E-04
Molécules cancérigènes	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	3,40E-02
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,10E+00
	Phénol	108-95-2	
Métaux lourds	Cyanures	74-90-8 HCN	
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	3,80E+04
	Dioxines TEQ	-	3,80E+04
Excès de risque individuel (ERI)	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)	7439-97-6	
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
DJE calculée (mg/kg) ou (mg/m3j)	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
ERU ((mg/kgj)-1 ou (mg/m³j)-1)	BTEX		
	Benzène	71-43-2	9,96E-06
	Toluène	108-88-3	
	Ethylbenzène	100-41-4	1,57E-08
Excès de risque individuel (ERI)	Xylène	1330-20-7	
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	3,45E-05
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,41E-08
Molécules cancérigènes	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	1,02E-08
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,98E-13
	Phénol	108-95-2	
Métaux lourds	Cyanures	74-90-8 HCN	
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	4,14E-13
	Dioxines TEQ	-	1,41E-13
Excès de risque individuel (ERI)	Somme par voie d'exposition et cible		4,45E-05
			1,51E-05

Objectifs dépollution		Inhalation de vapeurs d'éléments chimiques	
		Usagers du site Parking Extérieur	
		Adulte	Enfant
	N° CAS	3,57E-02	7,14E-03
C expo (mg/m3) ou (mg/kg)	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)	7439-97-6	8,54E-06
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,62E-02
	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	4,38E-04
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	1,67E-04
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	1,11E-03
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	3,41E-04
	BTEX		
	Benzène	71-43-2	1,54E-02
	Toluène	108-88-3	1,96E-02
	Ethylbenzène	100-41-4	1,76E-04
	Xylène	1330-20-7	3,44E-03
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,15E-02
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,51E-03
	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	8,43E-06
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,78E-11
	Phénol	108-95-2	2,91E-04
	Cyanures	74-90-8 HCN	2,24E-04
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	3,05E-16
DJE calculée (mg/kg) ou (mg/m3))	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)		3,05E-07
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	3,40E-04
	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,56E-05
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	5,96E-06
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	3,96E-05
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	1,22E-05
	BTEX		
	Benzène	71-43-2	5,50E-04
	Toluène	108-88-3	7,01E-04
	Ethylbenzène	100-41-4	6,27E-06
	Xylène	1330-20-7	1,23E-04
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	4,12E-04
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	5,41E-05
	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	3,01E-07
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,35E-13
	Phénol	108-95-2	1,04E-05
	Cyanures	74-90-8 HCN	8,00E-06
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	1,09E-17
ERU ((mg/kg)/)-1 ou (mg/m³/j)⁻¹)	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)		
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	✓
	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	✓
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	✓
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	✓
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	✓
	BTEX		
	Benzène	71-43-2	7,80E-03
	Toluène	108-88-3	✓
	Ethylbenzène	100-41-4	2,50E-03
	Xylène	1330-20-7	✓
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	4,10E-03
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,60E-04
	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	3,40E-02
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,10E+00
	Phénol	108-95-2	✓
	Cyanures	74-90-8 HCN	✓
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	3,80E+04
Excès de risque individuel (ERI) Molécules cancérogènes	Métaux lourds		
	Mercur (Hg)	7439-97-6	
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
	ALIPHATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C8-C10	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C10-C12	TPHCWG	
	AROMATIQUE > C12-C16	TPHCWG	
	BTEX		
	Benzène	71-43-2	4,29E-06
	Toluène	108-88-3	1,46E-06
	Ethylbenzène	100-41-4	1,57E-08
	Xylène	1330-20-7	
	COHV		
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,69E-06
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,41E-08
	HAP		
	Naphtalène	91-20-3	1,02E-08
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,98E-13
	Phénol	108-95-2	
	Cyanures	74-90-8 HCN	
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ	-	4,14E-13
	Somme par voie d'exposition et cible	6,02E-06	2,05E-06

Objectifs dépollution		Inhalation de vapeurs d'éléments chimiques	
		Usagers du site Parking Extérieur	
		Adulte	Enfant
	N° CAS	8,33E-02	8,33E-02
Effet avec seuil	Métaux lourds		
	Mercur (Hg) 7439-97-6	8,54E-06	1,45E-05
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12 TPHCWG	9,52E-03	1,62E-02
	ALIPHATIQUE > C12-C16 TPHCWG	4,38E-04	7,44E-04
	AROMATIQUE > C8-C10 TPHCWG	1,67E-04	2,84E-04
	AROMATIQUE > C10-C12 TPHCWG	1,11E-03	1,88E-03
	AROMATIQUE > C12-C16 TPHCWG	3,41E-04	5,79E-04
	BTEX		
	Benzène 71-43-2	1,54E-02	2,62E-02
	Toluène 108-88-3	1,96E-02	3,34E-02
	Ethylbenzène 100-41-4	1,76E-04	2,99E-04
	Xylène 1330-20-7	3,44E-03	5,85E-03
	COHV		
	Trichloroéthylène 79-01-6	1,15E-02	1,96E-02
	Tétrachloroéthylène 127-18-4	1,51E-03	2,58E-03
	HAP		
	Naphtalène 91-20-3	8,43E-06	1,43E-05
	Benzo(a)pyrène 50-32-8	1,78E-11	3,02E-11
	Phénol 108-95-2	2,91E-04	4,95E-04
	Cyanures 74-90-8 HCN	2,24E-04	3,81E-04
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ -	3,05E-16	5,19E-16
	Métaux lourds		
	Mercur (Hg) 7439-97-6	7,12E-07	1,21E-06
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12 TPHCWG	7,94E-04	1,35E-03
	ALIPHATIQUE > C12-C16 TPHCWG	3,65E-05	6,20E-05
	AROMATIQUE > C8-C10 TPHCWG	1,39E-05	2,36E-05
	AROMATIQUE > C10-C12 TPHCWG	9,23E-05	1,57E-04
	AROMATIQUE > C12-C16 TPHCWG	2,84E-05	4,83E-05
	BTEX		
	Benzène 71-43-2	1,28E-03	2,18E-03
	Toluène 108-88-3	1,64E-03	2,78E-03
	Ethylbenzène 100-41-4	1,46E-05	2,49E-05
	Xylène 1330-20-7	2,87E-04	4,87E-04
	COHV		
	Trichloroéthylène 79-01-6	9,61E-04	1,63E-03
	Tétrachloroéthylène 127-18-4	1,26E-04	2,15E-04
	HAP		
	Naphtalène 91-20-3	7,02E-07	1,19E-06
	Benzo(a)pyrène 50-32-8	1,48E-12	2,52E-12
	Phénol 108-95-2	2,43E-05	4,13E-05
	Cyanures 74-90-8 HCN	1,87E-05	3,17E-05
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ -	2,54E-17	4,32E-17
	Métaux lourds		
	Mercur (Hg) -	3,00E-04	3,00E-04
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12 TPHCWG	1,00E+00	1,00E+00
	ALIPHATIQUE > C12-C16 TPHCWG	1,00E+00	1,00E+00
	AROMATIQUE > C8-C10 TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
	AROMATIQUE > C10-C12 TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
	AROMATIQUE > C12-C16 TPHCWG	2,00E-01	2,00E-01
	BTEX		
	Benzène 71-43-2	3,00E-02	3,00E-02
	Toluène 108-88-3	5,00E+00	5,00E+00
	Ethylbenzène 100-41-4	1,00E+00	1,00E+00
	Xylène 1330-20-7	1,00E-01	1,00E-01
	COHV		
	Trichloroéthylène 79-01-6	2,00E-03	2,00E-03
	Tétrachloroéthylène 127-18-4	4,00E-02	4,00E-02
	HAP		
	Naphtalène 91-20-3	3,00E-03	3,00E-03
	Benzo(a)pyrène 50-32-8		
	Phénol 108-95-2	2,00E-02	2,00E-02
	Cyanures 74-90-8 HCN	8,00E-04	8,00E-04
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ -	4,00E-08	4,00E-08
Quotient de Danger (QD) <i>Molécules non cancérigènes</i>	Métaux lourds	N° CAS	
	Mercur (Hg) 7439-97-6	2,37E-03	4,03E-03
	Hydrocarbures		
	ALIPHATIQUE > C10-C12 TPHCWG	7,94E-04	1,35E-03
	ALIPHATIQUE > C12-C16 TPHCWG	3,65E-05	6,20E-05
	AROMATIQUE > C8-C10 TPHCWG	6,95E-05	1,18E-04
	AROMATIQUE > C10-C12 TPHCWG	4,62E-04	7,85E-04
	AROMATIQUE > C12-C16 TPHCWG	1,42E-04	2,41E-04
	BTEX		
	Benzène 71-43-2	4,28E-02	7,28E-02
	Toluène 108-88-3	3,27E-04	5,56E-04
	Ethylbenzène 100-41-4	1,46E-05	2,49E-05
	Xylène 1330-20-7	2,87E-03	4,87E-03
	COHV		
	Trichloroéthylène 79-01-6	4,80E-01	8,17E-01
	Tétrachloroéthylène 127-18-4	3,16E-03	5,37E-03
	HAP		
	Naphtalène 91-20-3	2,34E-04	3,98E-04
	Benzo(a)pyrène 50-32-8		
	Phénol 108-95-2	1,21E-03	2,06E-03
	Cyanures 74-90-8 HCN	2,33E-02	3,97E-02
	DIOXINES		
	Dioxines TEQ -	6,36E-10	1,08E-09
	Somme totale (cible / voie d'exposition)	5,58E-01	9,49E-01